

Aus dem Fachbereich Medizin
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Direktor Herrn Prof. Dr. med. Ingo Marzi
und
der Chirurgischen Klinik II
der Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
des Ev. Diakoniekrankenhauses Schwäbisch Hall
Direktor Herrn Prof. Dr. med. H.R. Siebert

„Die distale Radiusfraktur: Ergebnisse der operativen
Versorgung komplexer Verletzungsmuster mit winkelstabilen
2,4 mm Formplatten. Eine prospektive Anwendungsstudie bei
bestimmten Verletzungsmustern.“

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereiches Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von
Carsten Tuttlies
aus Rheinhausen

Frankfurt am Main 2008

Dekan: Prof. Dr. J. Pfeilschifter

Referent: Prof. Dr. med. H.R. Siebert

Korreferent: Prof. Dr. med. Ingo Marzi

Tag der mündlichen Prüfung: 17.April 2008

Inhaltsverzeichnis

I Einleitung

1.1	Einführung	5
1.2	Problemfelder distaler Radiusfrakturen	7
1.2.1	Hochrasanztraumen	7
1.2.2	Begleitverletzungen	7
1.2.3	Osteoporose	8
1.3	Wandel der Behandlung	9
1.3.1	Neue Behandlungskonzepte	9
1.3.2	Erweiterung der Indikation	9
1.3.3	Trendwende beim Zugang	9
1.3.4	Einsatz der Arthroskopie	10
1.4	Über das Problem vergleichender Studien	11
1.4.1	Randomisierung	11
1.4.2	Langzeitstudien	12
1.4.3	Frakturklassifikation	12
1.4.4	Komplikationen	13
1.5	Fragestellungen der Studie	14

II Material und Methode

2.1	Patientenkollektiv und Gruppeneinteilung	15
2.1.1	Patientendaten	15
2.1.2	Gruppenbildung	19
2.1.3	Die arthroskopisch unterstützten distalen Radiusfrakturen	22
2.1.4	Begleitverletzungen	23
2.1.4.1	Begleitverletzungen aller Patienten	23
2.1.4.2	Begleitverletzungen in Gruppe A und B	24
2.1.5	Zusatzverletzungen	26
2.2	Beschreibung des Studiendesigns, der Scores und Untersuchungsparameter	27
2.2.1	Das Studiendesign	27
2.2.2	Beschreibung der Scores	28
2.2.2.1	Der Score nach Gartland und Werley	28
2.2.2.2	Der Score nach Lidström	29
2.2.3	Beschreibung der Untersuchungsparameter	29
2.2.3.1	Die objektive Outcome-Parameter	29
2.2.3.1.1	Bewegungsausmaß	29
2.2.3.1.2	Griffstärke	29
2.2.3.1.3	Faustschluss	30
2.2.3.2	Die subjektive Outcome-Parameter	30
2.2.3.2.1	Die deutsche Version 2.0 des DASH-Fragebogen	30
2.2.3.2.2	Die visuelle Analogskala	30
2.2.3.2.3	Die subjektive Bewertung	31
2.2.3.2.4	Schmerzmitteleinnahme	31
2.2.4	Beschreibung der radiologischen Parameter	31
2.2.4.1	Die radiologischen Meßgrößen	31

2.2.4.2	Die radiologische Bestimmung der Arthrose	32
2.2.4.3	Die radiologische Bestimmung der Osteopenie und Osteoporose	32
2.3	Beschreibung der Behandlungsabläufe	33
2.3.1	Behandlungsziel	33
2.3.2	Behandlungskonzept	33
2.3.3	Indikation zur Arthroskopie	34
2.3.4	Indikation zur 2,4 mm winkelstabilen Formplatte	36
2.4	Die winkelstabile 2,4 mm Formplatte	37
2.4.1	Anwendung und Wahl des Zuganges	37
2.4.2	Plattendesign	39
2.4.3	Indikation zur Defektauffüllung und Wahl des Materials	40
2.4.4	Additive Verfahren	40
2.4.5	Vorteile der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte	41
2.5	Die postoperative Behandlung	42

III Ergebnisse

3.1	Darstellung der Ergebnisse in den Scores	43
3.2	Ergebnisse in der Gruppe A	44
3.2.1	Die subjektiven Ergebnisse	45
3.2.2	Die objektiven Ergebnisse	45
3.2.3	Die radiologischen Ergebnisse	45
3.2.4	Komplikationen der Gruppe A	46
3.3	Ergebnisse der Gruppe B	46
3.3.1	Die subjektiven Ergebnisse	47
3.3.2	Die objektiven Ergebnisse	47
3.3.3	Die radiologischen Ergebnisse	47
3.3.4	Komplikationen der Gruppe B	48
3.4	Analyse der Einflussgrößen bei den Komplikationen	49
3.5	Darstellung der schlechten Ergebnisse	53
3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	57
3.6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Gruppe A und B	57
3.6.2	Zusammenfassung der ausgeschlossenen Typ A3-Frakturen	58
3.6.3	Zusammenfassung der Komplikationen	58
3.6.4	Zusammenfassung der wichtigsten Befunde	59
3.6.5	Zusammenfassung der Risikofaktoren	60

IV Diskussion

4.1	Kritische Anmerkung zum Studiendesign	61
4.1.1	Einflussfaktoren der Methodik	61
4.1.1.1	Art der Gruppenbildung	61
4.1.1.2	Loss of Follow up	62
4.1.1.3	Modus der Nachuntersuchung	62
4.1.2	Statistik	63
4.1.3	Evidenz	63
4.2	Ergebnisdiskussion	64

4.2.1	Beantwortung der Fragen aus Kapitel 1.5	64
4.2.2	Funktion folgt der Form	64
4.2.3	Einfluss typischer Begleitverletzungen auf die Untersuchungsergebnisse	65
4.2.4	Empfehlungen zur Behandlung von Begleitverletzungen	67
4.2.5	Einfluss der Komplikationen auf die Untersuchungsergebnisse	67
4.2.6	Einfluss der postoperativen Behandlung auf die Untersuchungsergebnisse	68
4.2.7	Einfluss additiver Verfahren auf die Untersuchungsergebnisse	68
4.2.8	Diskussion der Studienergebnisse im Vergleich zur Literatur von 1998 bis 2006	69
4.3	Zusammenfassung der Diskussion	78
V	Zusammenfassung der Studie	
5.1	Zusammenfassung	80
5.2	Summary	82
VI	Empfehlung für die Praxis	
6.1	Empfehlung für die Praxis	83
VII	Literaturverzeichnis	
7.1	Literaturquellen	84
7.2	Schema der Evidenzgraduierung	93
VIII	Anhang	
IX	Danksagung	
X	Lebenslauf	
XI	Erklärung	

I Einleitung

1.1 Einführung

Die distale Radiusfraktur ist je nach Statistik mit einem Anteil von 10-25 Prozent aller Frakturen der häufigste Knochenbruch des Menschen (38, 42, 70, 96, 137) und hat im jugendlichen Alter von fünf bis fünfzehn Jahren und ab dem fünfzigsten Lebensjahr mit einem überproportionalen Anteil von Frauen (121) zwei Altersgipfel vorzuweisen. Die Inzidenz liegt laut einer Veröffentlichung aus England im Jahr 2000 für Männer bei 9/10000 und für Frauen bei 37/10000 (38) und wird bei der anhaltenden demographischen Entwicklung in den westlichen Ländern weiter ansteigen. In einer vergleichenden Untersuchung aus den Jahren 1953 bis 1957 und 1980 bis 1981 derselben Population in Schweden, Malmö, zeigte sich eine Verdopplung der altersspezifischen Inzidenz bei älteren Frauen und Männern (5) und hier besonders für Frauen ab dem fünfzigsten Lebensjahr.

Betrachtet man die demografische Entwicklung in den Industrieländern und die steigende Inzidenz an osteoporotisch assoziierten Frakturen wird deutlich, dass die Gesundheitssysteme zunehmend finanziell belastet werden (42, 139). So stehen nicht nur die Aspekte der primären Behandlung im Vordergrund, sondern auch Folgekosten, die sich durch Minderung einer Erwerbsfähigkeit oder der Behandlung posttraumatischer Folgeerkrankungen entwickeln. Die Forderung nach einer Verlängerung der Lebensarbeitszeit führt gleichfalls zu Konsequenzen in der Qualität der medizinischen Versorgung wie auch der Wunsch einer älter werdenden Gesellschaft auf dem Erhalt einer möglichst hohen Lebensqualität und Mobilität.

Die Behandlung der distalen Radiusfraktur hat in den letzten Jahren einen Wandel von einer konservativ dominierten Therapie über verschiedene operative minimalinvasive Behandlungsmethoden hin zur Plattenosteosynthese erfahren. Dieser Fortschritt wurde durch neue Erkenntnisse in der Biomechanik und Pathophysiologie möglich mit Entwicklung des 3-Säulen-Modells (106) des Handgelenkes und der Weiterentwicklung in der Diagnostik mit der Kernspintomografie und Arthroskopie des Handgelenkes.

Zahlreiche aktuelle Veröffentlichungen (64, 76, 87, 88, 123, 130, 143, 144, 146, 154) konnten für bestimmte Verletzungsmuster und Behandlungsstrategien einen höheren Prozentsatz an befriedigenden Resultaten beweisen und einen Zusammenhang zwischen einer Wiederherstellung der Anatomie und Wiedergewinnung einer schmerzfreien kompletten Handgelenksfunktion belegen (134). Jedoch können weder die aktuelle Literatur noch der Cochrane Review (38, 39, 40) eine verbindliche Therapieempfehlung für die Versorgung der distalen Radiusfraktur aufweisen oder Entscheidungshilfen bei unterschiedlichen Behandlungsformen geben (74).

Viele Frakturen des distalen Radius sind durch einfache und einzeitig operative Verfahren mit guten klinischen Resultaten zu versorgen (64). Bei komplexen Verletzungsmustern nach Hochrasanztraumen und osteoporotische Knochenqualität ist hingegen die operative Stabilisierung häufig mit dem Problem des sekundären Korrekturverlustes behaftet (64). Zusätzliche behandlungsbedürftige Begleitverletzungen erfordern zumeist eine differenzierte Betrachtungsweise (84, 109, 149). Daraus ergeben sich folgende Überlegungen bei der Versorgung der distalen Radiusfraktur. Zum einen die Frage adäquater Behandlungen komplexer Verletzungsmuster wie sie häufig nach Hochrasanztraumen und osteoporotischen Frakturen auftreten, zum anderen die Frage nach einer adäquaten Versorgung relevanter Begleitverletzungen. Beide Fragen sind unter dem Aspekt der DRG Vergütung auch

ökonomisch zu beantworten. Dafür sind Daten aus verlässlichen Langzeitstudien, die eine Bemessung der Kosteneffektivität der jeweiligen Behandlungsform ermöglichen, notwendig.

Das Ziel dieser Studie ist zu prüfen, ob mit Verwendung der vorgestellten winkelstabilen 2,4 mm Formplatte und Anwendung unseres Behandlungsalgorithmus eine Verbesserung der operativen Therapie bei der dislozierten intraartikulären und osteoporotisch assoziierten distalen Radiusfraktur zu erwarten ist. Dazu werden die prospektiven, nicht randomisierten Daten mit den Ergebnissen aus der aktuellen Literatur verglichen. Um eine Beurteilung der Evidenz zitierter Studien dem Leser zu ermöglichen, sind diese dem Zitat hochgestellt und im Literaturverzeichnis zusätzlich vermerkt.

1.2 Problemfelder distaler Radiusfrakturen

Trotz Entwicklung differenzierter Behandlungsverfahren fordert die Komplexität der distalen Radiusfraktur die Notwendigkeit zur Diskussion über das Management konkreter Problemfelder. Es fehlen evaluierte Daten zu Nachuntersuchungen von Langzeitergebnissen mit Wertung verschiedener Studiendesigns, Therapieformen und Populationen. Insgesamt mangelt es an Langzeitergebnissen verschiedener Behandlungsformen von Hochrasanztraumen des distalen Radius mit ligamentären und ossären Begleitverletzungen und der Versorgung osteoporotisch assoziierter Frakturen.

1.2.1 Hochrasanztraumen

Viele Autoren empfehlen für den Behandlungsalgorithmus der distalen Radiusfraktur eine Unterscheidung zwischen einem niedrig- und hochenergetischen Trauma (109^{EIII}, 114^{EIII}, 119^{EIII}, 134^{EIV}, 145^{EIII}). Gerade bei hochenergetischen Traumen ist besonders auf ligamentäre, ossäre und karpale Begleitverletzungen im distalen Radioulnargelenkes zu achten. Hochenergetische Frakturen des distalen Radius mit intraartikulärer Beteiligung sind anfällig für ein schlechtes Ergebnis (135^{EIV}). Obwohl in der Behandlung der distalen Radiusfraktur viele Fortschritte erreicht wurden, verbleibt hier noch ein weites Feld für Verbesserungen. So favorisieren einige Autoren (18^{EIb}, 109^{EIII}, 114^{EIII}, 118^{EIII}, 145^{EIII}) bei der Versorgung komplexer Frakturen ein zweizeitiges Stufenkonzept mit Kombination aus Plattenosteosynthese, einer assistierenden Arthroskopie und einem Fixateur extern oder einer Kombination aus volarer und dorsaler Plattenlage (112^{EIII}).

1.2.2 Begleitverletzungen

Poigenfürst folgerte, dass therapeutische Probleme der distalen Radiusfraktur in der Komplikation begleitender Bandverletzungen liegen würden (98^{EIV}). In welchem Ausmaß die Begleitverletzungen und insbesondere die begleitende Ulnafraktur eine Auswirkung auf das Ergebnis der distalen Radiusfraktur haben, ist Gegenstand der Untersuchung von May et al. (77^{EIII}). Sie kommen in ihrer Arbeit betreffend der Inzidenz und Auswirkung begleitender Ulnafrakturen bei der distalen Radiusfraktur zu dem Ergebnis, dass die Charakteristika der distalen Ulnafraktur wie Ausmaß, Lokalisation und Grad der Dislokation mehr Beachtung finden sollten.

Die häufigste Begleitverletzung (43^{EIII}, 106^{EIII}) ist mit 50 bis 80 Prozent je nach Literatur der Abriss des Processus styloideus ulnae. Er entspricht dem knöchernem Ausriss des ulnocarpalen Bandkomplexes bzw. des triangulären fibrocartilaginären Komplexes (6). Ein radialer Abriss des TFCC oder eine ulnokarpale Bandverletzung bedingt langfristig eine Instabilität des distalen Radioulnargelenkes mit Funktionseinschränkungen durch Schmerzpersistenz in der Umwendbewegung und Kraftminderung (15^{EIV}, 51^{EIV}, 75^{EIII}). Seltener sind intrakarpale Bandverletzungen zwischen Scaphoid und Lunatum sowie zwischen Lunatum und Triquetrum. Sie erwirken bei entsprechendem Ausmaß häufig eine karpale Instabilität (2^{EIV}). Letztendlich muss eine gute Rekonstruktion der Fraktur nicht nur die knöcherne Anatomie wiederherstellen, sondern auch die biomechanischen Verhältnisse des Handgelenkes widerspiegeln (2, 68^{EIIIb}, 84^{EIIIb}, 116^{EIII}, 145^{EIII}). Komplikationen aufgrund nicht behandelter Begleitverletzungen sind eine entscheidende Einflussgröße beim schlechten Ergebnis nach distalen Radiusfrakturen.

1.2.3 Osteoporose

Das erhöhte Frakturrisiko bei der osteoporotisch assoziierten distalen Radiusfraktur resultiert aus der Kombination verschiedener prädisponierender Faktoren. So führen altersbedingte degenerative Veränderungen mit Seh- und Gangstörungen, eine erhöhte Sturzanfälligkeit mit verminderter Koordinationsfähigkeit und eine meist atrophischen Muskulatur zu einem Sturz, der ungebremst auf den fragilen Knochen einwirkt. Ab einer kritischen Grenze der Knochendichte kommt es dann zu niederenergetischen Traumen des distalen Radius. Gerade beim alten Menschen ist aber jede Fraktur mit funktioneller Einschränkung durch Bewegungsreduktion und Schmerzhaftigkeit mit nachfolgender Kraftminderung hinsichtlich des Erhaltes seiner Eigenständigkeit von Bedeutung. Auch ziehen eine Osteoporose und eine häufig eingeschränkte Compliance bei der Versorgung spezifische Probleme nach sich. Im Vergleich zu jüngeren Patienten besteht ein deutlich erhöhtes Risiko an Repositionsverlusten mit Abweichung des „palmar tilt“ sowie eines Ulnavorschubes mit dem Resultat einer Einschränkung der Handgelenksbeweglichkeit und der Unterarmdrehung, aus der ein Verlust der Eigenständigkeit resultiert (10^{EIIb}, 110^{EIV}, 114^{EIII}, 149^{EIIa}).

Neueren Studien aus Schottland zufolge ist das Auftreten osteoporotisch induzierter Frakturen des distalen Radius bei den betroffenen Frauen mit Beginn des vierzigsten Lebensjahres deutlich früher, als bisher aufgrund des postmenopausalen Phänomens vermutet wurde (137^{EIIa}). Daher empfiehlt das WHO Collaborating Centre for Metabolic Bone Disease zur Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von Interventionen (55) ein frühzeitiges Screening mit Beginn der Menopause. Nach einer in Schweden veröffentlichten Arbeit (73^{EIIa}) kann die distale Radiusfraktur als frühes Zeichen einer generalisierten Osteoporose gelten. Entsprechend weisen aktuelle Studien auf die Bedeutung der Knochendichtmessung dieser Risikogruppe hin (42, 53) und sollten gemäß den Leitlinien der DVO behandelt werden.

1.3 Wandel der Behandlung

1.3.1 Die Formplatte als neues Behandlungskonzept

Zwar kann die konservative Therapie der distalen Radiusfraktur trotz einer hohen Rate an fehlerverheilten Frakturen mit posttraumatischem Ulnavorschub und Abkipfung der Radiuskonsole bisweilen gute klinische Ergebnisse vorweisen, doch sind auch bis zu 30 Prozent unbefriedende Ergebnisse zu verzeichnen (96^{EIIa}, 147^{EIIa}), die nachfolgend eine Korrekturosteotomie erfordern (52^{EIII}, 100^{EIII}).

Um dieses Problem zu umgehen, etablierten sich zunächst minimalinvasive Methoden (92^{EIV}) wie die Kirschner-Draht-Osteosynthese (71^{EIII}, 97^{EIII}) und der Fixateur extern (50^{EIV}, 65^{EIII}, 107^{EIII}, 152^{EIV}), die vorzugsweise bei instabilen Frakturen eingesetzt werden. Nachteil dieser Verfahren ist, daß eine Diagnostik auf Begleitverletzungen durch das Fehlen einer dynamischen Bildwandleruntersuchung erschwert wird und postoperativ eine Frühmobilisation und Rehabilitation kaum möglich ist. Häufig kommt es dadurch im späteren Verlauf aufgrund metaphysärer dorsaler Substanzdefekte oder osteoporotisch assoziierter Frakturen zu einer sekundären Dislokation mit Ausheilung in Fehlstellung (64^{EIII}). Alternativ hat sich daher bei den instabilen Frakturen eine offene Versorgung (95^{EIIIb}, 106^{EIII}, 112^{EIV}) mit verschiedenen Plattensystemen etabliert.

Mit Einführung winkelstabiler Implantate wurden die Indikationen bei den komplexen, instabilen Frakturen neu erörtert. Die ideale operative Versorgung der distalen Radiusfraktur sollte nach anatomischer Einrichtung durch kleine Zugänge eine Fixierung der Fragmente mit minimaler Weichteilirritation beinhalten und gleichzeitig eine sichere und frühere aktive Rehabilitation des Handgelenkes erlauben.

1.3.2 Die Erweiterung der Indikation

Das Prinzip der Winkelstabilität führt zu einer höheren Stabilität im Vergleich zu den konventionellen palmaren oder dorsalen Platten (68^{EIIIb}). Durch die Verriegelung der Schraubenköpfe im Gewinde der Platte ist ein direkter Periostkontakt der Platte nicht erforderlich und die Lastübertragung erfolgt über einen stabilen Rahmen, der zwischen der Verbindung der Kopfverriegelungsschraube und der Corticalis entsteht (36^{EIIIb}). Damit wird auch ein Einsatz von monokortikalen Schrauben möglich, die einer axial einwirkenden Kraft widerstehen und hypothetisch eine stabilere Überbrückung von Trümmerfrakturen mit besserem Halt im osteoporotischen Knochen erreichen.

Die Entwicklung winkelstabiler Plattensysteme eröffnete so neue Möglichkeiten mit einer Erweiterung der bisherigen Indikationen (142^{EIV}). Nicht nur Flexionsfrakturen, sondern auch die häufigeren Extensionsfrakturen besonders mit dorsaler Trümmerzone, die intraartikulären und osteoporotisch assoziierten Frakturen des distalen Radius konnten zunehmend ohne Spongiosaplastik (64^{EIII}, 88^{EIIa}, 149^{EIIa}, 154^{EIII}) versorgt werden.

1.3.3 Die Trendwende beim Zugang

Bei den konventionellen palmaren oder dorsalen Plattenosteosynthesen ist eine nicht ausreichende Retention der volaren Inklination bestimmend für ein schlechtes Resultat

(143^{EIII}), besonders ohne zusätzlich stabilisierendes Knocheninterponat. Lange Zeit war die Indikation zur palmaren Plattenosteosynthese bei den konventionellen Platten auf die selteneren Flexionsfrakturen beschränkt, während bei den häufigeren Extensionsfrakturen mit dorsaler Trümmerzone die dorsale Plattenosteosynthese mit Unterstützung durch Knochenersatzmaterialien durchgeführt wurde. Dabei kam es zu einer relativ hohen Morbidität, insbesondere der Strecksehnen. Mit der Einführung winkelstabiler Plattensysteme zeigt sich dahingegen ein Trend zu palmar (19^{EIII}, 67^{EIII}, 64^{EIII}, 87^{EIII}, 88^{EIIa}, 89^{EIII}, 149^{EIIa}).

1.3.4 Der Einsatz der Arthroskopie

Die Arthroskopie hat sich als begleitendes Verfahren zur frühzeitigen Diagnostik und Behandlung bei der distalen Radiusfraktur etabliert. Schädel-Höpfner (125^{EIII}) sieht die Indikation zur begleitenden Arthroskopie bei Anzeichen einer karpaler Instabilität, entsprechend radiologischer Befunde oder in der Notwendigkeit der arthroskopisch assistierten Stabilisierung distaler Radiusfrakturen. Während Lindau (70^{EIII}) keine Korrelation zwischen einem spezifischen Frakturtyp und einer ligamentären Verletzung feststellte, fanden McQueen et al. (79^{EIb}) eine signifikante Relation zwischen einer ligamentären Verletzung und einem schlechten Ergebnis.

Der Stellenwert der Arthroskopie bei der akuten Versorgung distaler intraartikulärer Frakturen liegt in der exakten Erfassung von intraartikulären, intrakarpalen ligamentären Läsionen, von TFCC Läsionen und von freien Gelenkkörpern, die in der selben Sitzung diagnostiziert und behandelt werden können (34^{EIII}, 103^{EIII}, 118^{EIII}). Auch Gelenkstufen lassen sich gut minimalinvasiv und arthroskopisch kontrolliert reponieren (23^{EIIa}). Insgesamt ist mit entsprechender Technik und unter Berücksichtigung anatomischer Strukturen eine geringe Traumatisierung der Weichteile verbunden mit einer niedrigen Komplikationsrate zu erwarten (14^{EIII}, 35^{EIII}).

1.4 Das Problem vergleichender Studien

Viele Studien in der Literatur sind retrospektive Analysen mit unterschiedlichen Fraktur-Klassifikationen und nicht vergleichbaren Outcome-Parametern, speziell bei Trümmerfrakturen mit Gelenkinkongruenz (87). Hinzu kommen uneinheitliche Anwendungen verschiedener Behandlungsstrategien, Studiendesigns und Definitionen bezüglich der Komplikationen und Begleitverletzungen. Bisher existieren keine langfristigen Studien, die miteinander verglichen werden könnten.

Um Informationen zur Wertigkeit von Behandlungsergebnissen bei ungleichem Studiendesign und Population zu erhalten, müssen systematische Übersichtsartikel Antworten auf klinisch relevante Fragen geben. Die Erfassung der Wirksamkeit therapeutischer Verfahren erfolgt dabei durch randomisierte klinische Studien. Damit unerwünschte Ereignisse oder behandlungsabhängige Risiken nur mit geringer Wahrscheinlichkeit auftreten, werden die Daten in der Regel über prospektive Studien erfasst. Nur eine prospektive Datenerfassung mit validen Instrumenten in den jeweiligen homogenen Patientengruppen ermöglicht langfristig eine Identifikation der Parameter, die für ein optimales Ergebnis, verbunden mit einer niedrigen Komplikationsrate, verantwortlich sind.

1.4.1 Das Problem der Randomisierung

Unter Randomisierung versteht man eine Zuteilung von Patienten zu Interventions- oder Kontrollgruppen gemäß dem Zufallsprinzip. Damit wird eine Gleichverteilung unbekannter Störgrößen auf beide Studiengruppen angestrebt und Patientengruppen geschaffen, die ein hohes Maß an Affinität beinhalten und gleichzeitig unterschiedliche Therapien ermöglichen. Entsprechend sollen Ergebnisunterschiede daher nur durch Unterschiede in den Therapien und nicht durch Vorstellungen des Untersuchers beeinflusst sein. Kritisch ist anzumerken, dass zwar homogene Vergleichsgruppen geschaffen werden, gleichzeitig aber eine Selektion von Patienten erfolgt und diejenigen, die von der definierten Norm abweichen, aus der Studie ausgeschlossen werden. Problemfälle werden somit vom Studiendesigner definiert und die Exaktheit, die mit einer Randomisierung geschaffen werden sollte, kann einem Wahrheitsanspruch nicht mehr genügen (127).

Ob bei einer Randomisierung eine gleiche Qualität in der Versorgung des Patienten gewährleistet ist, wird in der aktuellen Literatur kontrovers diskutiert (66,127). So spricht das Argument der Ethik bei der Versorgung operativ versus konservativ nicht immer zugunsten einer fehlenden Randomisierung (7, 127, 104). Sind hingegen jenseits eines Zufalls relevante Unterschiede in der Behandlung zu erwarten, ist eine Randomisierung abhängig von dem Ausmaß des Ergebnisses vergleichender Interventionen nicht immer vertretbar (140) oder nicht notwendig (7). Bezogen auf die Behandlung komplexer distaler Radiusfrakturen zeigt gerade die neuere Literatur vermehrt gute Ergebnisse nach operativer Versorgung, auch wenn dies im Cochrane Report 2006 (40) nicht bestätigt werden konnte. Dies verdeutlicht, daß das Modell einer randomisierten klinischen Studie teils prinzipielle, praktische aber auch ethische Grenzen (7, 104, 122) hat.

Kritisch ist anzumerken, dass eine differenzierte Beurteilung der Behandlungsmöglichkeiten im Cochrane Review nicht unter dem Aspekt verschiedener Verletzungsmuster und Frakturtypen durchgeführt wurde (63).

1.4.2 Die Probleme der Langzeitstudien

In der Literatur existieren bisher nur wenige Arbeiten, die sich mit den langfristigen Folgen versorgter distaler Radiusfrakturen beschäftigt haben. Trotz relevanter Aussagen in den einzelnen Untersuchungen liegt das Problem beim Vergleich der Studien untereinander. Ungleiche Behandlungsstrategien, Studiendesigns und Verletzungsdefinitionen, nicht definierte Begleitverletzungen, fehlende Beschreibung der Dislokationsausmaße und inhomogene Patientengruppen lassen schließlich direkte Vergleiche der Daten nicht zu.

Kopylov (60^{EIII}) untersuchte die Langzeitergebnisse von 76 jungen, nicht-osteoporotischen Patienten durchschnittlich 27 bis 36 Jahren nach einem Hochrasanztrauma. Zum Unfallzeitpunkt betrug das Durchschnittsalter 31 Jahre und bei der Nachuntersuchung 63 Jahre. Trotz vermehrter degenerativer Veränderungen an der betroffenen Seite spürten 81 Prozent der Patienten keinen Unterschied zwischen der betroffenen zur nichtbetroffenen Extremität. Catalano (13^{EIII}) hingegen fand in seiner retrospektiven Untersuchung bei jungen Patienten mit dislozierter intraartikulärer distaler Radiusfraktur eine starke Korrelation zwischen der Entwicklung einer Arthrose des radiokarpalen Gelenkes und residualer intraartikulärer Stufen ($p < 0,01$). Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum lag bei 7,1 Jahren. Diese Ergebnisse wurden von Knirk und Jupiter (57^{EIII}) bestätigt. Gleichwohl zeigte sich der funktionelle Status zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung unbeeinflusst und alle Patienten mit schlechten radiologischen Ergebnissen konnten gute bis exzellente funktionelle Ergebnisse vorweisen.

Trotz der Relevanz der vorliegenden Ergebnisse erlaubt die retrospektive Betrachtung der Langzeitstudien eine Interpretation der Ergebnisse und damit eine Manipulation. Langfristige Studien müssen prospektiv angelegt werden, um die Subjektivität bei der Bewertung der Therapieerfolge zu minimieren. Eine prospektive Studie kann dann der Überprüfung einer Hypothese dienen und die Wirksamkeit einer Behandlungsmethode unter vorheriger Festlegung, welche Hypothese geprüft werden soll, untersuchen.

1.4.3 Das Problem der Frakturklassifikation

Ein System zur Einteilung distaler Radiusfrakturen sollte einfach, reproduzierbar mit hoher intra- und interobserver Reliabilität, vollständig beschreibend und voraussagend sein. Damit kann eine Voraussetzung für eine optimierte Indikationsstellung und Auswahl eines Behandlungsverfahrens geschaffen werden. Ein Hauptmangel aller bisherigen Klassifikationen bleibt bisher die ungenügende Beschreibung vom Ausmaß und Grad der Dislokation einzelner Fragmente zueinander und eine relative unbefriedigende Reliabilität.

In einer Untersuchung von Andersen (87) bei verschiedenen Klassifikationen wie der Mayo, Frykman, Melone und AO Klassifikation zeigte sich eine mäßige bis unbefriedigende Übereinstimmung in der Anwendung mit schlechtestem Abschneiden von der AO Klassifikation. Illarramendi et al. (47) raten sogar davon ab, die Frykman und AO Klassifikation zu verwenden.

Die Wertigkeit einer Klassifikation wird durch ihre prognostische Aussagekraft aber auch in der Reproduzierbarkeit der Klassifikation selbst beurteilt, einmal durch verschiedene Beurteiler (interobserver reproducibility), aber auch durch einen Beobachter zu verschiedenen Zeiten (intraobserver reproducibility). Mit den sogenannten κ -Werten (44) ist eine Aussage über den Level der Übereinstimmung möglich. Ist der κ -Wert +1, so liegt eine komplette

Übereinstimmung vor, beim κ -Wert 0 sind die beobachtete und die erwartete Übereinstimmung gleich und bei einem κ -Wert von -1 liegt keine Übereinstimmung vor (Tabelle 1).

Tabelle 1

κ -Wert		
Klassifikation	Agreement	
	interobserver	intraobserver
Frykman	0,34 – 0,43	0,40 – 0,60
AO	0,19 – 0,37	0,23 – 0,57
Melone	0,19 – 0,34	0,32 – 0,63

κ – Werte entnommen von Hempfling (44)

Reduziert man bei der AO Klassifikation die 27 Subtypen auf die drei Haupttypen, so kann unter Berücksichtigung der Computertomographie ein κ -Wert von 0,78 erreicht werden und eine signifikante Untersucherübereinstimmung ist möglich (62, 121). Kreder et al. (62) kommen zu der Ansicht, dass für erfahrene Observer die AO Klassifikation eine hohe Beständigkeit hat und folgern, dass die Einteilung nach den AO Kriterien einfach und reproduzierbar ist. Dahlen hingegen empfiehlt (16) aufgrund der erheblichen Diskrepanz in der Frakturbeurteilung zwischen konventioneller und CT-Diagnostik für zukünftige Studien über die distale Radiusfraktur, die Bewertung die Frakturklassifikation zusätzlich anhand einer Schnittbilduntersuchung durchzuführen.

Der Aspekt begleitender Läsionen der distalen Ulna kann durch eine Einteilung nach der modifizierten Q- Klassifikation (76) beschrieben werden.

1.4.4 Das Problem der Komplikationsdefinition

Je nach Literatur wird für die distale Radiusfraktur bei den Komplikationen eine Bandbreite von 6 bis 80 Prozent angegeben (20, 65, 67, 78, 79, 123). Diese Varianz scheint zum einen an einer unzureichenden Genauigkeit bei der Befunderhebung zu liegen zum anderen an einer nicht eindeutigen Unterscheidung von Begleitverletzungen, Komplikationen und Zusatzverletzungen. Hinzu tritt eine Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Einflusses vorher bestandener Symptomkomplexe und Vorerkrankungen.

Daraus stellt sich für das Design einer Studie zusätzlich die Forderung nach verbindlichen Definitionen bezüglich des Behandlungszieles, der Beschreibung von Komplikationen, Begleit- und Zusatzverletzungen und der Untersuchungsparameter.

1.5 Fragestellung der Studie

Um verlässliche Aussagen zu einer Behandlungsform der distalen Radiusfraktur zu erhalten, müssen homogene Gruppen gebildet werden. Das erfordert eine Einteilung der Patienten nach den Kriterien der Frakturklassifikation (nach Melone und AO), Art der Gewalteinwirkung, Vorliegen einer Osteoporose und von Begleitverletzungen. Damit wird ein Vergleich unterschiedlicher Therapieformen möglich und es können verlässliche Aussagen zu einzelnen Behandlungsverfahren erhoben werden.

In der vorliegenden Anwendungsstudie wurden zwei relativ homogene Gruppen gebildet und gemäß dem vorgestellten Behandlungskonzept therapiert. Die Nachuntersuchungszeit von durchschnittlich 20,2 Monaten führte zwar nur zu mittelfristigen Ergebnissen, ermöglichte aber eine erste Überprüfung der Arbeitshypothesen, ob die Versorgung instabiler distaler Radiusfrakturen mit unserem Behandlungskonzept die bisher in der aktuellen Literatur beschriebenen Erwartungen erfüllen könnten.

Zur kritischen Analyse der Hypothesen war es notwendig, die Ergebnisse der vorliegenden Studie unter der Bezugnahme folgender Fragen zu untersuchen:

1. Wie bewährte sich die winkelstabile 2,4 mm Formplatte bei der dislozierten intraartikulären Fraktur hinsichtlich der Ergebnisse, Morbidität und Komplikationen?
2. Wie bewährte sich die winkelstabile 2,4 mm Formplatte bei der osteoporotisch assoziierten Fraktur hinsichtlich der Ergebnisse, Morbidität und Komplikationen?

Zum Vergleich wurden die erhobenen Befunde mit den Daten aus der aktuellen Literatur verglichen. Nur so können die Ergebnisse zu einer klinischen Entscheidungsfindung beitragen, bis valide Daten aus Langzeituntersuchungen vorliegen.

Schließlich soll die Hypothese „Funktion folgt der Form“ anhand der vorliegenden Daten für die Gruppe A und B überprüft werden.

II Material und Methode

2.1 Patientenkollektiv und Gruppeneinteilung

2.1.1 Patientendaten

Die Behandlung von Patienten mit komplexen, dislozierten intraartikulären und osteoporotisch assoziierten distalen Radiusfrakturen an der Chirurgischen Klinik II, Unfall-, Hand-, und Wiederherstellungs-Chirurgie des Diakonie Krankenhauses Schwäbisch Hall (Leiter: Herr Prof. Dr. med. H.R. Siebert) erfolgte nach Evaluierung von Einschluss- und Ausschlusskriterien im Zeitraum von August 2000 bis August 2003. In dieser Zeit wurden von 173 distalen Radiusfrakturen 81 Patienten und 81 Frakturen mit einer 2,4 mm winkelstabilen Formplatte versorgt und in dieser Studie erfaßt (Tabelle 2).

Einschluss- und Ausschlusskriterien der prospektiven Studie

1. Männer und Frauen im Alter von 21 bis 95 Jahren einschließlich mit vollendetem Knochenwachstum
2. Distale Radius/ Ulna-Frakturen, Klassifikation der AO 23, die mittels Platte behandelt wurden (ausgeschlossen werden 23.A1 Frakturen)
3. Patient wurde innerhalb von 10 Tagen nach Fraktur im Krankenhaus behandelt (primäre und sekundäre Versorgung, z.B. nach nicht erfolgreicher operativer Behandlungsstrategie)
4. Generalisierte oder lokal die Knochenphysiologie negativ beeinflussende Erkrankungen:
 - a. Lokale Erkrankungen – Tumor, Morbus Paget
 - b. System. Knochenerkrankungen z.B. Parathyreoidismus
 - c. Motorische Erkrankungen z.B. zentral motorische Krankheiten, Myastenia gravis
 - d. Vaskuläre Insuffizienz der oberen Extremität
5. Polytraumatisierte Patienten (Injury Severity Score – ISS>16)
6. Stattgehabte Osteosynthese nahe des Handgelenkes, bei der ein anderes Implantat verwendet wurde
7. Patient nahm innerhalb des letzten Monats an anderer Implantate- oder Medikamenten-Studie teil
8. Medikamenten- oder Alkoholabhängigkeit in der Vorgeschichte
9. Mangelnde Patientencompliance

Das Durchschnittsalter aller untersuchten Patienten lag bei 62,4 Jahren, bei den männlichen bei 51,5 (19 bis 93 Jahre) und bei den weiblichen Patienten bei 66 Jahren (19 bis 94 Jahre). Die geschlechtsspezifische Verteilung beschreibt 62 Frauen und 19 Männer.

Als Unfallursache gaben zehn der männlichen Verletzten (50 Prozent) einen Sturz aus größerer Höhe (Leiter, Mauer, Gerüst, Baum), einer einen Verkehrsunfall und drei Patienten Stürze beim Sport an. In 25 Prozent (N=5) der Fälle war ein Sturz auf die ausgestreckte Hand Ursache für die Verletzung. Bei den weiblichen Patienten gaben 37 (59,7 Prozent) einen Sturz auf die ausgestreckte Hand an. Weiter nannten sechs Patientinnen einen Sportunfall, fünf einen häuslichen Sturz, fünf einen Sturz bei Glatteis als Ursache für ihre Verletzung. Vier Unfälle waren verkehrsbedingt, hinzu kamen zwei Treppenstürze und ein Sturz aus einer größeren Höhe. In 2 Fällen war eine kardiale Symptomatik Auslöser für die Entstehung einer

distalen Radiusfraktur (Tabelle 4). Eine Patientin erhielt eine Korrekturosteotomie nach Sinterung einer Typ A2 Fraktur 28 Tage nach dem Unfalldatum.

Tabelle 2

Patientenkollektiv		
Anzahl	Patienten/Frakturen	81
Geschlecht	weiblich / männlich	62/19
Durchschnittsalter	(in Jahren)	62,4 (19 -94)
Nachuntersuchung	(in Monaten)	20,2 (12 – 35)
Betroffene Seite	dominant / non dominant	33/48
Zusatzverletzungen	(ohne Ulnabeteiligung)	19
Unfallursache	hoch / niedererenergetisch	15 / 66
Zeit bis z. defin. OP	(in Tagen)	4,4 (sofort - 28)
Versorgung	Ein-/zweizeitig	38/43
stat. Aufenthalt	(in Tagen)	10,2 (1- 31)
AO Klassifikation	A2	1
	A3	21
	C1	7
	C2	33
	C3	19
Begleitverletzung	Ulnafraktur	50
	TFCC	18
	SL-,LT- Band-Verletzungen	17
	Skaphoidfrakturen	6
Knochendichte	Osteoporose	39
Frakturtyp	geschlossen / offen	81/0
N. medianus	Retinakulumspaltung	32
Zusätzl. Verfahren	Arthroskopie	29
	Knochenersatzmaterialien	44
	K-Draht / Zugschraube	6/4
Immobilisation	Fix. ext. / UA-Gippschiene	2/79

In 31 Fällen war die Frakturhand rechts lokalisiert, in 50 Fällen links. Dabei zeigte sich vierunddreißigmal die dominante und siebennundvierzigmal die ipsilaterale Seite betroffen. Alle Frakturen waren geschlossen. Eine begleitende Verletzung der Ulna bestand in 50 Fällen (61,7 Prozent). Bei 27 Verletzten lag eine Begleitverletzung im Handwurzelbereich vor, davon erlitten achtzehn Patienten eine TFCC Läsion, sechzehn eine ligamentäre Verletzung mit einem Anteil von fünfzehn SL-Band Läsionen und einer LT- Band Läsion. Eine Fraktur oder Luxation des Skaphoids kam in sechs Fällen vor und in einem Fall handelte es sich um einen knöchernen Kapselausriß. Zusätzliche Verletzungen mit Lokalisation außerhalb der oberen Extremität wiesen neunzehn Verletzte auf. Von einer früheren Fraktur des distalen Radius auf der verletzten Seite berichteten drei Patienten. Die Verletzung war in allen Fällen zuvor konservativ behandelt worden und lag bei zwei Patienten mehr als fünfzehn Jahre und bei einem Patienten vier Jahre zurück.

Insgesamt 39 Patienten wiesen eine fortgeschrittene Osteoporose auf. Das Durchschnittsalter in diesem Kollektiv betrug 74,7 Jahre. Die geschlechtsspezifische Aufteilung der osteoporotisch bedingten Frakturen lag bei drei männlichen und 36 weiblichen Patienten.

Bei klinischer Symptomatik wurde bei 32 Verletzten eine Retinakulumspaltung zur Entlastung des N. medianus durchgeführt. Die Anzahl der unfallbedingten Läsionen für den N. ulnaris belief sich auf zwei Fälle.

Entsprechend der AO Klassifikation handelte es sich in den Hauptgruppen um 22 Typ A-Frakturen und 59 Typ C-Frakturen. Beim Ranking der Subgruppen war der Anteil der C2 Frakturen mit 33 Fällen am häufigsten vertreten, dann folgten mit 21 Verletzungen die A3 Frakturen, mit 19 Fällen die C3 Frakturen, mit sieben Fällen die C1 Frakturen und eine A2 Fraktur. Die intraartikulären Frakturen wurden zusätzlich nach der Melone-Klassifikation eingeteilt (Tabelle 3). Bei den A-Frakturen ergab sich die Indikation für die winkelstabile 2,4 mm Formplatte aufgrund des komplexen Verletzungsmusters, der Dislokation, einer fortgeschrittenen Osteoporose oder der Notwendigkeit einer zeitigen Mobilisation bei relevanten Zusatzverletzungen.

Bei 49 Patienten wurde ein volarer Zugang gewählt, bei 21 ein dorsaler Zugang und bei elf Patienten ein beidseitiger Zugang. Aufgrund eines knöchernen Defektes bekamen 44 Patienten ein Knocheninterponat (65,8 Prozent) dabei erfolgte der Einsatz von Keramik bei sieben Frakturen, der von PMMA bei 19 und der von Spongiosa bei 18 distalen Radiusfrakturen (Tabelle 6). Ein additives Verfahren mit vier Schrauben- und sechs Kirschner-Draht-Osteosynthesen wurde bei zehn Patienten (12,3 Prozent) durchgeführt.

Eine begleitende Arthroskopie des Handgelenkes ergab sich bei der Fragestellung relevanter Begleitverletzungen bei 29 Patienten. Dabei wurden folgende Befunde erhoben: 18 TFCC Verletzungen, 16 SL-Band Läsionen, eine LT-Band Läsion, zehn freie Gelenkkörper, fünf Scaphoid-Frakturen und eine Luxation.

Wegen organisatorischer Gründe oder bei erheblicher Weichteilschwellung wurde bei 34 Patienten eine Primärversorgung mit dem Fixateur externe durchgeführt. 28 Patienten erhielten primär eine 2,4 mm winkelstabile Formplatte, acht eine Kombination aus Fixateur extern und 2,4 mm winkelstabiler Formplatte, neun Patienten einen gespaltenen Unterarmgips und zwei Patienten zunächst eine 2,7 mm Platte. Die endgültige Versorgung mit der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte erfolgte durchschnittlich nach 4,4 Tagen (0 bis 28 Tage). Die stationäre Behandlung dauerte im Mittel 10,2 Tage (1 bis 31 Tage). Dabei war bei 19 Patienten die Zeitdauer des stationären Aufenthaltes durch zum Teil erhebliche Zusatzverletzungen wie Beckenringfraktur, mediale Schenkelhalsfraktur oder Wirbelsäulenfrakturen bedingt. Nachdem eine konservative Behandlung zweier Patienten versagte, wurde eine Frühkorrektur notwendig. Aufgrund der Weichteilschwellung konnten bei 19 Operationen die Wunde nicht primär geschlossen werden, sondern wurden temporär mit Sypuderm® gedeckt. Eine Mesh Graft Transplantation oder Sekundärnaht war in 19 Fällen erforderlich.

Für die Weiterbehandlung bekamen alle Patienten für drei Tage eine Unterarmkunststoffschiene, die ab dem 4. Tag nur noch nachts bis zum Ende der ersten postoperativen Woche getragen wurde. Alle Patienten erhielten eine frühfunktionelle physiotherapeutische Behandlung. Die Anzahl krankengymnastischer Termine nach Abschluss des stationären Aufenthaltes belief sich im Mittel auf 21 (6 minimal und 64 maximal). Patienten mit therapiebedürftigen Begleitverletzungen wurden entsprechend dem Verletzungsmuster immobilisiert. Der Nachuntersuchungszeitraum lag im Durchschnitt bei 20,2 Monaten.

Von den betagten Patienten verstarben zwei zwischen Operationszeitpunkt und Nachuntersuchungstermin, drei waren bei fortgeschrittener Demenz nicht mehr in der Lage, an der Nachuntersuchung teilzunehmen. Sechs Patienten waren als Tourist verunglückt und lehnten eine Wiedervorstellung ab. Ein Patient war unbekannt verzogen. Insgesamt konnten zwölf Patienten (14,8 Prozent) nicht nachuntersucht werden.

Tabelle 3 zeigt die Verteilung der intraartikulären Frakturen nach der AO- und Melone-Klassifikation.

Tabelle 3

Klassifikation	I	II a	II b	III	IV	V
C1	1	5	1	-	-	-
C2	2	14	12	3	-	3
C3	1	1	9	2	-	7

Tabelle 4 beschreibt die Unterteilung nach der Unfallart in nieder- und hochenergetische distale Radiusfrakturen.

Tabelle 4

Unfallart	Anzahl	
hochenergetisch	15	
niederenergetisch	67	
Stolpersturz		41
häuslich. Unfall		5
Sport/Freizeit		11
Glatteis		5
Treppensturz		2
Synkope		2

Tabelle 5 demonstriert die Häufigkeit der Knochenersatzstoffe in Bezug zur AO-Frakturklassifikation.

Tabelle 5

Frakturtyp nach AO	Spongiosa	PMMA	Keramik	Summe
A3	2	6	2	10
C1	2	2	0	4
C2	9	4	2	15
C3	5	7	3	15
Summe	18	19	7	

2.1.2 Gruppenbildung

Die Gruppenbildung resultierte aus der Fragestellung dieser Studie. Gruppe A bezeichnet die dislozierten intraartikulären Frakturen mit N = 28 und Gruppe B die osteoporotisch assoziierten Frakturen mit N = 33 Patienten. Von den Typ A3-Frakturen nach der AO-Klassifikation wurden acht Frakturen ohne das Merkmal Osteoporose zur Einhaltung der Homogenität wie auch eine sekundär dislozierte Typ A2-Fraktur nach der AO Klassifikation aus den Gruppen herausgenommen.

Tabelle 6 zeigt die Gruppeneinteilung nach Frakturklassifikation und Versorgungszeitpunkt in den Gruppe A und B.

Tabelle 6

Versorgungszeitpunkt		zweizeitig		einzeitig	
Gruppe		A	B	A	B
Frakturklassifikation					
AO	A3		3		6
	C1	2	1	1	2
	C2	15	6	4	5
	C3	3	6	3	4
Melone	I	-	1	-	2
	IIa	6	5	3	4
	IIb	10	4	4	3
	III	1	1	-	1
	IV	-	-	-	-
	V	3	2	1	1

Tabelle 7 zeigt die Verteilung der Plattenlage und Frakturklassifikation nach AO und Melone in Gruppe A und B.

Tabelle 7

Plattenlage		palmar		dorsal		kombiniert	
Gruppe		A	B	A	B	A	B
Frakturklassifikation							
AO	A3		8		1		-
	C1	-	1	2	1	1	-
	C2	7	8	10	3	2	2
	C3	3	7	1	1	2	2
Melone	I	-	2	-	1	-	-
	IIa	2	6	5	1	2	2
	IIb	7	3	5	2	2	2
	III	-	2	1	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-
	V	1	3	2	-	1	-

Bei der einzeitigen Behandlung in der Gruppe A wurden drei Typ Ila-, vier Typ Iib- und eine Typ V-Fraktur nach Melone behandelt. Drei Typ Iib-Frakturen erhielten zeitgleich eine palmare winkelstabile Formplatte und einen Fixateur externe wie auch eine Typ V-Fraktur jedoch bei kombinierter Plattenlage und eine Typ Iib-Fraktur ebenfalls bei kombinierter Plattenosteosynthese. Die Typ Ila-Frakturen wurden zweimal dorsal und einmal palmar stabilisiert.

Bei der zweizeitigen Versorgung in Gruppe A wurden bei den Typ Ila-Frakturen dreimal ein gespaltener Unterarmgips und dreimal ein Fixateur externe durchgeführt. Nachfolgend erhielten drei Patienten eine palmare, zwei eine kombinierte und einer eine dorsale Plattenosteosynthese. Die Typ Iib-Frakturen nach Melone wurden sekundär fünfmal dorsal, viermal palmar und einmal kombiniert versorgt. Die dorsale Formplatte wurde ebenfalls bei einer Typ III- und bei zwei Typ V-Frakturen nach Melone verwendet. Die Typ V-Fraktur konnte palmar stabilisiert werden.

Bei der einzeitigen Versorgung in Gruppe B wurde bei den Typ C3-Frakturen nach der AO-Klassifikation dreimal eine gleichzeitige Versorgung mit einer winkelstabilen Formplatte in Kombination mit einer Anlage eines Fixateur externe durchgeführt. Die Plattenlage war zweimal palmar und einmal kombiniert. Bei der Einteilung nach Melone erfolgte jeweils beim Typ Iib und Typ V die Anlage palmar. Kombiniert wurde sie einmal bei der Typ Iib-Fraktur angewendet. Eine Typ A3-Fraktur nach der AO-Klassifikation konnte palmar in Kombination mit einem Kirschner Draht und einer Schraubenosteosynthese der distalen Ulna versorgt werden.

Bei der zweizeitigen Versorgung in Gruppe B wurde bei zwei Typ A3- und zwei Typ C2-Frakturen nach der AO-Klassifikation primär ein gespaltener Unterarmgips angelegt. In der Gruppe der Klassifizierung nach Melone entsprach dies jeweils einmal Typ I und Typ Ila.

Tabelle 8 zeigt die Gruppen A und B bei einzeitigen Versorgung unterteilt nach den Frakturtypen gemäß der AO-Klassifikation.

Tabelle 8

Behandlungsart								
Darstellung der einzeitigen Versorgung in beiden Gruppen								
Gruppe		A			B			
Frakturtyp	nach AO	C1	C2	C3	A3	C1	C2	C3
Patientenzahl	N	1	4	3	6	2	5	4
Unfallursache	niederenerg.	1	2	2	6	2	5	3
	hochenerg.		2	1				1
Aufenthalt	Ø i. Tagen	8			11			
Versorgung	Formplatte	1	2	1	6	2	5	1
	FP+ Fix. ext.		2	2				3
Plattenlage	palmar		3	2	6	1	4	3
	dorsal	1	1			1		
	kombiniert			1			1	1
KEM	Keramik			1			1	1
	PMMA				2			2
	Spongiosa			1		1		
Arthroskopie		1		2				2

Tabelle 9 mit der Behandlungsart von Gruppe A und B bei der zweizeitigen Versorgung.

Tabelle 9

Behandlungsart								
Darstellung der zweizeitigen Versorgung in beiden Gruppen								
Gruppen		A			B			
Frakturtyp	nach AO	C1	C2	C3	A3	C1	C2	C3
Patientenzahl	N	2	15	3	3	1	6	6
Unfallursache	niederenerg.	2	8	2	2	1	4	6
	hochenerg.		7	1	1		2	
Aufenthalt	Ø i. Tagen	14			14			
Zeit zur def. V.	Ø i. Tagen	6			8			
Versorgung	Fixateur ext.	1	12	3	1	1	2	6
	UA-Gips	1	3		2		4	
Plattenlage	palmar		4	1	2		4	4
	dorsal	1	9	1	1	1	1	1
	kombiniert	1	2	1			1	1
KEM	Keramik			1			1	
	PMMA	1	2		2	1	1	3
	Spongiosa	1	7	1	1		2	2
Arthroskopie		2	10	2			4	1

Anmerkung zu den Tabellen 12 und 13: UA-Gips = gespaltener Unterarmgips, niederererg. = niederenergetisches Trauma, hochenerg. = hochenergetisches Trauma, FP = 2,4 mm winkelstabile Formplatte, Fix. ext. = Fixateur extern, KEM = Knochenersatzmaterialien, PMMA = Refobacin-Palacos®

Tabelle 10 beschreibt den Einsatz der Knochenersatzmaterialien nach der Frakturklassifikation nach AO und Melone in den Gruppen A und B.

Tabelle 10

KEM	Gruppe	Spongiosa		PMMA		Keramik	
		A	B	A	B	A	B
AO	A3		1		4		-
	C1	1	1	1	1	-	-
	C2	7	2	2	1	-	2
	C3	2	2	-	5	2	1
Melone	I	-	-	-	-	-	1
	IIa	3	4	1	1	-	1
	IIb	3	1	2	4	1	-
	III	1	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-
	V	1	-	-	2	3	1

Anmerkung: PMMA = Refobacin-Palacos®

In Gruppe A wurden von neun Typ IIa-Frakturen gemäß der Melone Klassifikation einmal PMMA, einmal Spongiosa bei der dorsalen und zweimal Spongiosa bei der kombinierten Plattenlage zur zusätzlichen Stabilisierung notwendig. Von vierzehn Typ IIb-Frakturen wurde einmal Keramik, zweimal Spongiosa für die dorsale, zweimal PMMA und einmal Spongiosa bei der palmaren Osteosynthese erforderlich. Die einzige Typ III-Fraktur nach Melone erhielt stabilisierend Spongiosa zur dorsalen osteosynthetischen Versorgung. Alle Frakturen vom Typ V nach Melone wurden ebenfalls zusätzlich mit KEM stabilisiert. Davon entfielen zwei Indikationen für Spongiosa bei dorsaler, einmal Spongiosa bei kombinierter und einmal Keramik bei palmarer Plattenlage.

In der Gruppe B erfolgte die Stabilisierung mit KEM bei Typ A3-Frakturen nach der AO-Klassifikation mit neunmal Spongiosa bei dorsaler Plattenlage und viermal PMMA bei palmarer Plattenlage. Innerhalb der Typ C1-Frakturen wurde einmal Spongiosa bei einer palmaren und einmal PMMA bei einer dorsalen osteosynthetischen Versorgung eingesetzt. Von den elf Typ C2-Frakturen benötigten jeweils zwei Keramik und Spongiosa zur Defektaufüllung bei palmarer Versorgung und einmal PMMA bei kombinierter Plattenlage. Zehn Typ C3-Frakturen wurden einmal mit Keramik, viermal mit PMMA bei palmarer, einmal mit Spongiosa bei der dorsalen und jeweils einmal mit Spongiosa und PMMA bei der kombinierten winkelstabilen Osteosynthese zusätzlich stabilisiert.

2.1.3 Die arthroskopisch unterstützten distalen Radiusfrakturen

Zur Vollständigkeit der systematischen Darstellung zeigt Tabelle 11 die Verteilung der arthroskopisch versorgten Patienten in Gruppe A und B, auf die im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen wird. Die Anzahl aller arthroskopisch versorgten distalen Radiusfrakturen beträgt 26 Patienten. Drei von ihnen konnten nicht nachuntersucht werden.

Tabelle 11

Gruppe		A (N=17)	B (N=7)
stat. Aufenthalt	Tagen	13	12
Unfallursache	Niedrig-/ Hochenergetisch	10 / 7	7 / 0
Versorgungszeitpunkt	Ein- / zweizeitig	3 / 14	2 / 5
Plattenlage	palmar/dorsal/kombiniert	2 / 11 / 4	3 / 1 / 3
AO Klassifikation	C1	3	-
	C2	10	4
	C3	4	3
Melone Klassifikation	I	-	1
	IIa	5	2
	IIb	8	3
	III	1	-
	IV	-	-
	V	3	1
Begleitverletzungen	Ulnafraktur	9	3
	TFCC	10	6
	SL/LT	7/1	5/0
	Skaphoidfraktur	1	3
Knochenersatz	Spongiosa/Keramik/PMMA	9 / 1 / 1	1 / 2 / 2

2.1.4 Begleitverletzungen

Als Begleitverletzung ist eine Verletzung an der Frakturhand definiert, die unmittelbar im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen steht und lokale anatomische Strukturen betrifft.

2.1.4.1 Begleitverletzungen aller Patienten

Tabelle 12 zeigt die lokale Begleitverletzungen bei den erfassten Patientendaten (N = 81) mit Vergleich zu den Daten aus der Literatur (24^{EIII}, 43, 44^{EIV}, 65^{EIII}, 70^{EIII}, 77^{EIII}, 94, 145^{EIII}).

Tabelle 12

Art der lokalen Begleitverletzung (N=81)	Anzahl	Prozent	Literatur
Abriss Processus styloideus ulnae	35	43,2 %	50-80 %
Dislozierte basisnahe Ulnafraktur	15	18,5 %	6-10 %
Luxation DRUG	4	5,7 %	3 -37 %
TFCC Läsionen	18	22,2 %	25-78 %
SL- Band Läsionen	16	19,7 %	7-75 %
LT- Band Läsionen	1	1,2 %	0-22 %
freie Gelenkkörper	10	12,3 %	3-32 %
Skaphoidfraktur / Luxation	5/1	7,4 %	0,5-1,6 %
Fraktur anderer Handwurzelknochen	0	0 %	1-2,6 %
Nervus medianus Kompressionssyndrom	32	39,5 %	13-23 %
Nervus ulnaris Verletzung	2	2,4 %	kein Wert

Tabelle 13 beschreibt die Häufigkeit und Unterteilung der Ulnafrakturen nach der modifizierten Q- Klassifizierung aller 81 Patienten und die Unterteilung in der jeweiligen Gruppe A (N = 28) und der Gruppe B (N = 33 Patienten).

Tabelle 13

Ulnabeteiligung	Q-Klassifikation	Anzahl	Gruppe	
			A	B
Keine Fraktur der Ulna		31	10	11
Radioulnare Dislokation (# Proz. styl. uln.)	Q1	35	15	13
Einfache Ulnahalsfraktur	Q2	1	-	1
Mehrfragmentfraktur Ulnahals	Q3	-	-	-
Fraktur Ulnakopf	Q4	6	3	3
Fraktur von Ulnakopf u. -hals	Q5	8	-	5
Fraktur Ulnaschaft	Q6	-	-	-

Abrissfrakturen des Processus styloideus ulnae wurden in vier Fällen wegen erheblicher Dislokation durch eine Kirschner Draht Osteosynthese stabilisiert. Bei einem Patienten mit Zeichen der Instabilität erfolgte die Osteosynthese des Processus erst acht Tage nach primärer Plattenosteosynthese. Eine Ulnaläsion Typ Q5 nach der modifizierten Q-Klassifikation (84)

wurde mittels Schraubenosteosynthese versorgt (Tabelle 14). Konservativ wurden vierundzwanzig Typ Q1, sechs Q4 und fünf Q5 Frakturen behandelt. Tabelle 14 stellt die Ulnafrakturen und die operative Versorgung in beiden Gruppen dar.

Tabelle 14

Ulnabeteiligung	Q-Klassifikation	Anzahl	OP Verfahren
Fraktur Proz. styl. ulnae	Q1	4	K-Drahtosteosynthese
Einfache Ulnahalsfraktur	Q2	1	K-Drahtosteosynthese
Mehrfragmentfraktur Ulnahals	Q3	-	
Fraktur Ulnakopf	Q4	0	K-Drahtosteosynthese
Fraktur von Ulnakopf u. -hals	Q5	1	Schrauben/Plattenosteosynthese
Fraktur Ulnaschaft	Q6	-	

Anmerkung: K-Drahtosteosynthese = Kirschner Drahtosteosynthese

2.1.4.2 Begleitverletzungen in Gruppe A und B

Insgesamt traten in Gruppe A (N =28) acht SL- und eine LT- Bandverletzung, zehn TFCC Läsionen, davon zwei degenerative Läsionen, achtzehn Frakturen des Prozessus styloideus ulnae mit fünfzehn Q1 und drei Q4 Läsionen, zwei Frakturen des Skaphoids, sieben Kompressionssyndromen des N. medianus mit zwei Läsionen des N. ulnaris, fünf freie Gelenkkörper und drei Verletzungen der Phalangen / Metakarpale auf.

In der Gruppe B (N = 33) hingegen kamen sechs SL- Bandverletzungen, sieben TFCC Läsionen mit drei degenerativen Läsionen, zweiundzwanzig Frakturen des Prozessus styloideus ulnae mit dreizehn Q1, eine Q2, drei Q4 und fünf Q5 Läsionen, drei Frakturen des Skaphoids und einer Luxation, vier freien Gelenkkörpern und fünfzehn Kompressionssyndrome des N. medianus vor (siehe Abb. 2).

Verteilung der Begleitverletzungen

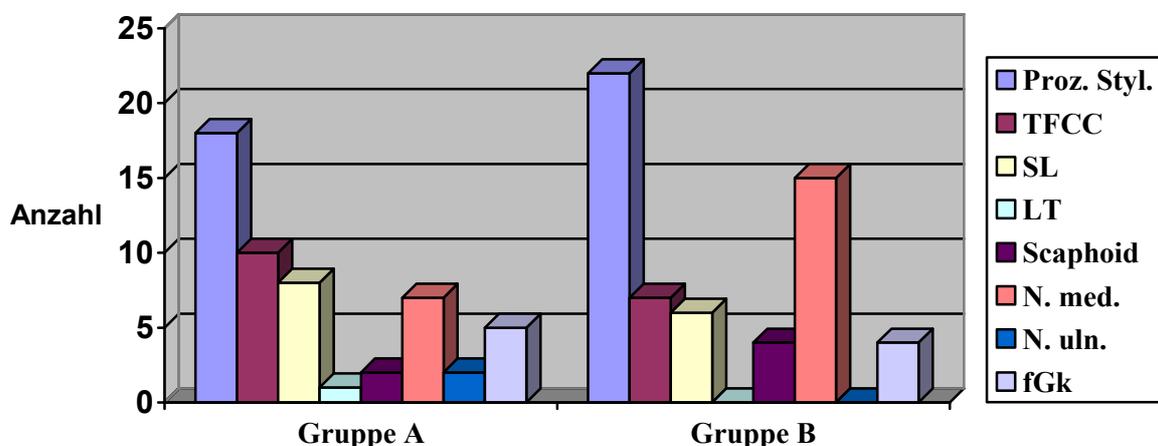


Abbildung 2

Die Versorgung der Skaphoidfrakturen und -luxation erfolgte mittels transossärer Fixation und postoperativer Immobilisation im Oberarmgips. Bei den begleitenden Verletzungen der Phalangen handelte es sich zweimal um Luxationen im PIP und DIP Gelenk der Langfinger der verletzten Seite, die in der Notfallambulanz in Narkose reponiert wurden. Die Behandlung der drei Metakarpalfrakturen erfolgte osteosynthetisch. Bei den Verletzungen des N. ulnaris handelte es sich um eine Abrissverletzung nach einem Hochrasanztrauma, die mit mikrochirurgischer Nervennaht versorgt wurde und um ein Kompartmentsyndrom aufgrund einer Verkippung eines Frakturfragmentes.

In Gruppe A zeigten vier Patienten sowohl eine TFCC- als auch eine SL-Band Läsion. In Gruppe B waren es sechs Patienten. Von den insgesamt zehn arthroskopisch diagnostizierten Läsionen in Gruppe A konnten zwei als degenerative Veränderungen des TFCC Komplexes beschrieben werden. Von den sieben Läsionen in Gruppe B waren drei als degenerativ beschrieben. Die Inzidenz von degenerativen Läsionen nicht nur von TFCC- sondern auch von SL- Band – und LT-Band Läsionen im höheren Alter (45) findet ihren Niederschlag in den Behandlungsoptionen. Als therapeutische Konsequenz ergab sich nur für die frischen ligamentären Verletzungen höherer Grade eine Notwendigkeit der operativen Versorgung. Von insgesamt acht SL-Bandläsionen in Gruppe A wurde nur ein Patient einer operativen Therapie unterzogen und in Gruppe B wurde bei insgesamt sechs Läsionen des SL-Bandes ebenfalls nur eine operative Fixierung durchgeführt. Die einzige LT-Bandläsion in Gruppe A mit einer Verletzung Grad 2° nach Geissler (31) konnte konservativ behandelt werden (siehe Tabelle 17).

In den Tabellen 15 und 16 werden die Daten der SL-Bandläsionen und TFCC-Läsionen der Gruppen A und B zusammengefaßt. Die Tabellen 17 und 18 beschreiben die Unterteilung der ligamentären Verletzungen nach Geissler (31) und der TFCC-Läsionen nach Palmer (93) sowie die durchgeführte Behandlung gemäß den Empfehlungen der aktuellen Literatur (6, 45, 128, 129, 153).

Tabelle 15 veranschaulicht die Verteilung der ligamentären Verletzungen nach Geissler (31) und die Häufigkeit der durchgeführten Therapie.

Tabelle 15

SI-Bandläsionen			
Behandlungsoption	Grad	Anzahl	Therapie
Konservativ mit Immobilisation	1	6	6
Konservativ mit Immobilisation	2	6	6
Temporäre K-Drahtfixierung	3	2	2
Fixation offene / arthroskopische (Mitek Anker®)	4	0	-

Tabelle 18 zeigt die Unterteilung der TFCC-Läsionen nach Palmer (93) mit den arthroskopischen Behandlungsempfehlungen nach Ostermann (45), hier in einer von uns modifizierten Empfehlung entsprechend der Klassifikation in traumatische (Klasse 1) und degenerative (Klasse 2) Läsionen.

Lediglich eine Typ 1B Läsion des TFCC-Komplexes wurde mit einem Mitek Fadenanker® und mit Kirschner Drähten transfixiert. Die übrigen Läsionen der Klasse 1 und 2 wurden arthroskopisch debridiert.

Tabelle 16

Unterteilung der TFCC Läsionen			
Behandlungsempfehlung	Klasse	Grad	N
Debridement	1	1A	5
Naht (Mitek Anker®) arthroskopisch		1B	1
Debridement		1C	-
Debridement		1D	5
Debridement	2	2A	0
Debridement		2B	4
Debridement		2C	0
Debridement		2D	1
Debridement		2E	0

2.1.5 Zusatzverletzungen

Als Zusatzverletzungen werden die Verletzungen gezählt, die mit dem Unfallgeschehen im Zusammenhang zu sehen aber nicht an der Frakturhand lokalisiert sind.

Eine differenzierte Darstellung zu den Gruppen A und B wird bei fehlender statistischer Relevanz nicht durchgeführt. Gleiches gilt für die Unterscheidung der Zusatzverletzung nach ihrem Einfluß auf die Mobilität der Patienten und hinsichtlich der Gesamtdauer des Krankenhausaufenthaltes. Mehrfachverletzungen traten bei insgesamt vier Patienten auf.

Die mittlere Krankenhausverweildauer betrug 17,9 Tage mit minimal 12 und maximal 30 Tagen Aufenthalt. Das entspricht einer Verlängerung des Krankenhausaufenthaltes von 7,7 Tagen im Durchschnitt.

Tabelle 17 stellt die Zusatzverletzungen (N = 19) mit und ohne Einfluß auf die Mobilität dar.

Tabelle 17

Art der Zusatzverletzung		Anzahl
mit Einfluß auf die Mobilität (N=12)	Schenkelhalsfraktur	2
	Wirbelkörperfraktur	6
	Sprunggelenksfraktur	1
	Bandverletzung OSG	1
	Beckenringfrakturen	2
ohne Einfluß auf die Mobilität (N=7)	SHT 1°	1
	Gesichtsverletzungen	2
	Subkap. Humerusfrakturen	2
	Weichteilverletzung	2
	Rippenfrakturen	2

2.2 Beschreibung des Studiendesigns, der Scores und Untersuchungsparameter

2.2.1 Das Studiendesign

Als Studiendesign bezeichnet man den methodologischen Aufbau einer Studie. Dabei wird eine definierte Patientengruppe (Kohorte) über einen bestimmten Zeitraum beobachtet. Das Ziel dieser prospektiven Studie ist die Untersuchung, wie viele Patienten mit dem vorliegenden Behandlungskonzept und der Anwendung der vorgestellten 2,4 mm winkelstabilen Formplatte bei osteoporotisch assoziierten und dislozierten intraartikulären distalen Radiusfrakturen gemäß definierter Kriterien gute bis sehr gute Ergebnisse vorweisen.

In die vorliegende Studie wurden die Patienten nach Auswertung von definierten Einschluss- und Ausschlusskriterien, Evaluierung prognostischer Faktoren und Beschreibung des Unfallherganges mit Erfassung weiterer Frakturspezifikationen und der Operationsschritte aufgenommen. Polytraumatisierte Patienten und Patienten mit konsumierenden oder osteologischen Erkrankungen wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Prinzipiell können zur Erfassung einer chirurgischen Behandlung oder eines Therapiekonzeptes drei verschiedene Verfahren angewandt werden (30):

- Mit Beurteilung klinischer Messparameter durch den Untersucher
- Anhand standardisierter Aktivitäten durch den Patienten und deren Bewertung
- Durch Beantwortung standardisierter Fragebögen durch den Patienten

In dieser Studie wurden entsprechend dieser Empfehlung verschiedene Outcome-Parameter und der DASH-Fragebogen (30) erhoben. Da die Bewertung verschiedener Scoring-Systeme in ihrer Anwendung in der Literatur kontrovers diskutiert werden (147^{Ellä}) und um einen Vergleich mit Ergebnissen in der aktueller Literatur zu ermöglichen, werden mehrere Scores dargestellt.

Die Ermittlung der radiologischen, objektiven und subjektiven Messdaten erfolgte durch einen Observer, um mögliche Observationsfehler zu minimieren. Die klinische Untersuchung beinhaltete eine standardisierte Prüfung der verletzten und unverletzten Seite. Die Messung des Bewegungsumfanges in den Handgelenken basierte auf der Neutral-Null-Methode. Ergänzend wurde die Griffstärke in Kilogramm mit einem geeichten Jamar-Handdynamometer gemessen. Die Möglichkeit des Faustschlusses und der Fingerstreckung sowie einer mögliche Irritationen im Versorgungsgebiet des N. medianus und ulnaris wurde für beide Hände dokumentiert.

Die radiologische Untersuchung umfasste konventionelle Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen zum Unfallzeitpunkt, 6 Wochen post operativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Die Beschreibung der exakten Einstelltechnik einschließlich der geforderten technischen Voraussetzungen und Qualitätskriterien sind der Literatur (27, 80) zu entnehmen. In den Röntgenbildern wurde zusätzlich eine Meßplatte in Zentimetern dargestellt. Beim Vorliegen einer Ulna-Plus- oder –Minusvarianz erfolgte ein Röntgen im Seitenvergleich, um Fehler durch die Häufigkeit der Hulten-Varianten zu vermeiden (45).

Zur Qualitätssicherung (24) empfiehlt sich ein präoperatives Staging mit möglichst exakter Klassifikation der Fraktur. Um dieses Ziel zu erreichen, erfolgte die Einteilung nach der AO- (86) und Melone Klassifikation (81, 82), der modifizierten Q-Klassifikation für die Ulna (87) und einer radiologische Stabilitätsbetrachtung (98). Die Gruppierung der Patienten geschah

anhand der Unfallaufnahmen mit Überprüfung durch den intraoperativ erhobenen Befund. Eine Korrektur ergab sich in zwei Fällen.

Die Merkmale der Osteopenie und Osteoporose wurden durch visuelle Beurteilung der konventionellen Röntgenbilder und des intraoperativ erhobenen Befundes erfasst. Wegen der bedingten Subjektivität und Untersucherabhängigkeit (17) wurde auf eine Quantifizierung der Merkmale verzichtet.

Der Behandlungsalgorithmus zur Versorgung der distalen Radiusfraktur ist in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Schwäbisch Hall anhand eines „clinical pathways“ standardisiert und gewährleistet damit trotz verschiedener Operateure einen gleichen Behandlungsablauf. Für spezielle Fragestellungen wie die Beurteilung einer intra-artikulären Dislokation wurde eine Schnittaufnahme mit dem Computertomogramm im Fixateur externe angefertigt. Intraoperativ fand standardmäßig nach Stabilisierung der Fraktur eine dynamische Untersuchung mit dem Bildwandler zum Ausschluss interligamentärer Verletzungen und Instabilitäten statt. Bei positivem Befund wurde eine Arthroskopie des Handgelenkes und Stabilisierung des DRUG durchgeführt.

Bezüglich des Unfallmechanismus folgte eine Unterteilung der Unfallart in hoch- und niederenergetischen Traumen. Die Häufigkeit des Auftretens in der vorliegenden Studie wird in Tabelle 4 dargestellt.

Als Minimum für die Nachuntersuchung wurde ein Jahr gewählt, um sowohl sekundäre Sinterungen als auch posttraumatische Gelenkveränderungen zu erfassen. Eine sekundäre Sinterung ist durch den Vergleich der Röntgenbilder zur jeweiligen Nachuntersuchung festzustellen. Zur Beurteilung einer Arthrose wurde das Schema von Knirk und Jupiter (57) herangezogen.

2.2.2 Beschreibung der Scores

Um Vergleichsmöglichkeiten mit der gegenwärtigen Literatur zu erhalten, fand eine Erfassung der Daten durch drei Scores statt. So erlauben die Scores nach Lidström (69) einen Vergleich und eine Unterscheidung zwischen funktionellem und radiologischem Ergebnis und der Score nach Gartland and Werley (28), hier in der modifizierten Form nach Sarmiento (124) angewandt, ist in der aktuellen Literatur weit verbreitert und daher zum Vergleich mit Ergebnissen aus der Literatur gut geeignet.

2.2.2.1 Der Score nach Gartland und Werley

Beim Score von Gartland und Werley (28) mit der Auswertung nach dem Punkte-Schema in der Modifikation von Sarmiento (124) werden vier Bewertungskategorien (exzellent, gut, mäßig und schlecht) unterschieden, je nach Anzahl der erhaltenen Punkte. Die objektive Bewertung der Bewegungsumfänge geht hier von folgenden minimalen Bewegungsumfängen bei normaler Handgelenksfunktion aus: Dorsalflexion 45°, Palmarflexion 30°, Radialabduktion 15°, Ulnarabduktion 15°, Pronation und Supination je 50°. Die Bewertung nach Gartland und Werley ist zu 70 % objektiv und zu 30% subjektiv (76).

2.2.2.2 Der Score nach Lidström

Radiologie

Sehr gut	Radius-Gelenkwinkel in der a.p.-Aufnahme 20 bis 30°, in der seitlichen Aufnahme 0 bis 10°, Ellenvorschub bis 3 mm, stufenlose Gelenkfläche
Gut	Gelenkwinkel in der a.p.-Aufnahme 10 bis 19°, seitlich minus 10 bis minus 1°, Ellenvorschub 3 bis 6 mm, stufenlose Gelenkfläche
Mäßig	Gelenkwinkel in der a.p.-Aufnahme 0 bis 9°, seitlich minus 11 bis minus 14°, Ellenvorschub 7 bis 11 mm, geringe Stufenbildung in der Gelenkfläche
Schlecht	Gelenkwinkel in der a.p.-Aufnahme 0°, seitlich minus 15°, Ulnavorschub über 11 mm, Stufenbildung im Gelenk, keine geordneten Gelenkverhältnisse (mehrere Gelenkstufen)

Funktion

Sehr gut	Keine Bewegungseinschränkung, keine subjektiven Beschwerden
Gut	Bewegungseinschränkung der Handbewegung weniger als 15°, minimale subjektive Beschwerden
Mäßig	Funktionseinschränkung mit Beschwerden bei starker Belastung, Einschränkung der Handbewegung mehr als 15°, Beruf- und Freizeitaktivitäten uneingeschränkt, subjektive Beschwerden
Schlecht	Schmerzen bei jeder Bewegung, Arbeits- und Freizeitaktivitäten eingeschränkt

2.2.3 Beschreibung der Untersuchungsparameter

2.2.3.1 Die objektiven Outcome-Parameter

Die in der Literatur als objektive Outcome-Parameter beschriebenen Instrumente sind von der Qualität der Untersuchung, der Compliance des Patienten sowie von statistischen Messfehlern abhängig. Dennoch sind sie in der aktuellen Literatur als allgemeine objektive Parameter akzeptiert. Die Messungen wurden nur von einem Untersucher durchgeführt.

2.2.3.1.1 Bewegungsausmaß

Die Messung der Bewegungsausmaße erfolgte nach der Neutral-Null-Methode. Dabei wurden im Seitenvergleich die Flexion und Extension, Radial- und Ulnardeviation sowie die Pro- und Supination jeweils dreimal gemessen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Mittelwert \pm der Standardabweichung. Als anatomische Referenzpunkte galt bei der Flexion/Extension und Abduktion/Adduktion das MC III Gelenk und die Unterarmachse und bei der Pronation /Supination die Rotation des Handgelenkes aus der neutralen Position.

2.2.3.1.2 Griffstärke

Die Griffstärke wurde mit einem hydraulischen Handdynamometer (Jamar Handdynamometer®, Jackson, USA) gemessen. Die Genauigkeit war mit Eichung des Gerätes gewähr-

leistet. Jede Messung erfolgte an beiden Händen und wurde dreimal wiederholt. Die höchste gemessene Kraft wurde automatisch in Kilogramm festgehalten. Der Ellenbogen befand sich dabei in einem Winkel von 90 Grad. Auch hier erfolgte die Darstellung der Ergebnisse als Mittelwert \pm der Standardabweichung.

2.2.3.1.3 Faustschluss

Der Faustschluss und die Fähigkeit zur kompletten Streckung der Finger gingen ebenfalls in die Bewertung ein. Zwar ist die Funktion der Langfinger als Einzelparameter in die Wertung nach Gartland and Werley, modifiziert nach Sarmiento integriert, ein Ausmaß der Einschränkung wird dort aber nicht beschrieben. Daher wurde das Ausmaß in Winkeln zur Handinnenfläche in dieser Studie zusätzlich dokumentiert.

2.2.3.2 Die subjektive Outcome-Parameter

2.2.3.2.1 Die deutsche Version 2.0 des DASH-Fragebogen (30)

DASH ist ein Synonym für disability of arm, shoulder and hand und erfasst als Instrument die subjektive Wahrnehmung des Patienten bezüglich seiner Gesundheit. Er misst die wesentlichen Komponenten des gesundheitlichen Status der oberen Extremität mit einer hohen Korrelation zwischen der Dimension Funktion und Symptom bei einer hohen Validität (30,34). Der DASH-Score besteht aus 3 Modulen, die entweder getrennt oder gemeinsam verwendet werden können und erlaubt eine Aussage über die Funktion, Symptomatik und spezielle Aktivität wie Sport und Musik. Zur Berechnung des Punktwertes wird zunächst die Minimalpunktzahl von 30 (= niedrigst möglicher Rohwert) von der Gesamtpunktzahl (= Rohwert) subtrahiert und anschließend durch den Score Range von 1,20 (= mögliche Spanne des Rohwertes/100) dividiert. Ein DASH Punktwert von 0 entspricht einem Ergebnis mit optimaler Funktion ohne Behinderung und ein Wert von 100 zeigt eine maximale Behinderung der oberen Extremität an.

2.2.3.2.2 Die visuelle Analogskala

Visuelle Analogskalen sind valide Instrumente zur Erfassung und Dokumentation von Schmerzen, die das subjektive Empfinden der Patienten ablesbar gestalten.

Die klinische Schmerzmessung ist eine subjektive Schmerzbeurteilung durch den Patienten. Abhängig von individuellen Besonderheiten hinsichtlich Schmerzwahrnehmung und Schmerzerfahrung ist sie relativ großen Schwankungen unterworfen. Daher hat sich für die Erfassung der Schmerzintensität die Verwendung der visuellen Analogskala (VAS) bewährt. Sie ist ein semiquantitatives Verfahren für die subjektive Messung einer Empfindungsstärke. Der Patient notiert seine subjektiv empfundene Schmerzintensität als geometrische Größe auf der VAS, die anschließend durch den Untersucher in ein numerisches Korrelat umgewandelt wird. Der Wert 0 gibt dann eine komplette Schmerzfreiheit und der Wert 10 ein maximales Schmerzempfinden an.

2.2.3.2.3 Die subjektive Bewertung

Der Patient hatte am Untersuchungstag die Möglichkeit, in einer Benotung analog der Scores von sehr gut bis schlecht sein Empfinden über seinen Gesundheitszustand bezüglich der verletzten Extremität Ausdruck zu geben.

2.2.3.2.4 Schmerzmitteleinnahme

Zum Zeitpunkt der Ergebniserfassung wurde die Frage nach einer regelmäßigen Schmerzmitteleinnahme aufgrund von Beschwerden seitens des operierten Handgelenkes oder wegen sonstiger degenerativer Erkrankungen des Skeletts gestellt.

2.2.4 Beschreibung der radiologischen Parameter

2.2.4.1 Die radiologischen Meßgrößen

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte nach folgenden Merkmalen (Abb.3):

- Radiusbasiswinkel
- dorsopalmarer Neigungswinkel,
- der Ulnarvarianz
- Kongruenz im DRUG
- des radialen shift
- Gelenk-Diastase
- Gelenkstufe

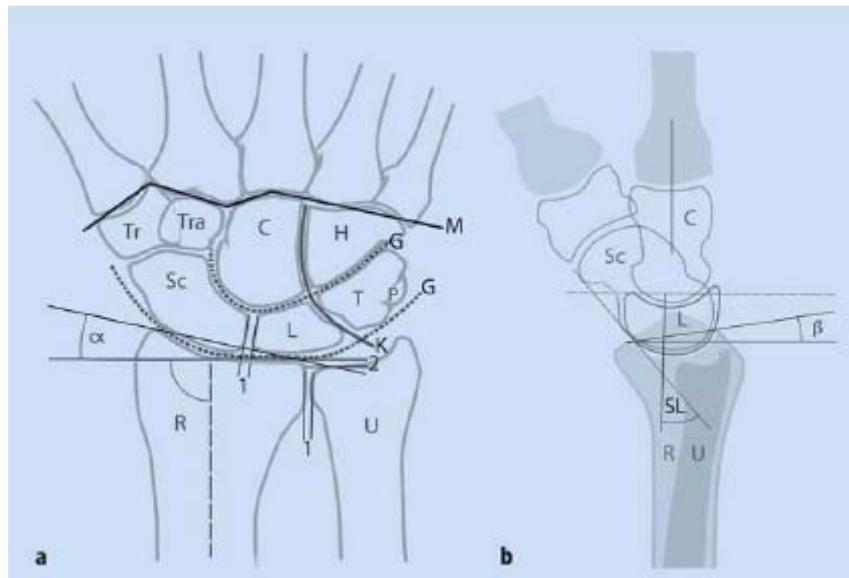


Abb. 3 entnommen aus Frahm (27)

Erläuterung zu Abb.3. Darstellung erfolgt in d.-p. und seitlich in Neutralstellung. D.-p.: R: Radius, U: Ulna, Sc: Skaphoid, L: Lunatum, T: Triquetrum, Tr: Trapezium, Tra: Trapezoideum, C: Capitatum, H: Hamatum, M: M-Linie, Verbindung der Karpometakarpalgelenke, G: Gilula-Bögen, K: „Kreuzfigur“ zwischen Lunatum, Triquetrum, Capitatum und Hamatum, 1: Gelenkspaltbreite physiologisch ca. 2 mm, 2: Differenz von Radius-

und Ulnargelenkfläche physiologisch ca. 2mm, α oder Radiusbasiswinkel: 20 – 25°. Seitlich: SL Winkel 30-60°, CL Winkel 0-30°, RL Winkel ca. 0°, β oder dorsopalmarer Neigungswinkel: 10-15°.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD). Statistisch signifikante Unterschiede in den Ergebnissen wurden gesondert gekennzeichnet.

Bei Verdacht auf eine SL- Bandverletzung oder Vorliegen des sogenannten „Terry-Thomas-sign“ als Zeichen einer skapholunären Dissoziation erfolgte die Spezialaufnahme nach Monheim. Nach Monheim (83) kann die Weite des Skapholunargelenkraumes besser auf einer dorsopalmaren Aufnahme mit ungefähr 20° Grad Anhebung der Hand ulnarseitig beurteilt werden als in der konventionellen dorsopalmaren Aufnahme, besonders im Vergleich zur unverletzten Seite.

2.2.4.2 Die radiologische Bestimmung der Arthrose

Das Merkmal der Arthrose wird im Score nach Gartland und Werley (28) in der Modifikation von Sarmiento (124) erfasst, in ihrem Ausmaß aber nicht genügend differenziert. Daher erfolgt zusätzlich in dieser Studie die Beschreibung der Arthrose gemäß der Einteilung nach Knirk und Jupiter (57):

Grad	Befund
0	keine
1	geringe Gelenkspaltverringering
2	merkliche Gelenkspaltverringering, Osteophyten
3	Aufhebung des Gelenkspaltes, Osteophyten, Zysten

Zum Ausschluß einer vorbestehenden Arthrose wurde die Beurteilung der Phalangen vom Unfallbild herangezogen und das Ergebnis bei der Bewertung der postoperativen Veränderungen berücksichtigt.

2.2.4.3 Die radiologische Bestimmung der Osteopenie und Osteoporose

Die radiologische Zeichen der Osteopenie und Osteoporose sind bei der visuellen Bestimmung der Knochenqualität und des Knochenstatus anhand eines konventionellen Röntgenbildes nur subjektiv und untersucherabhängig und können natürlich nicht zur ihrer adäquaten Bestimmung der Quantifizierung herangezogen werden (17). Eine frühe Osteoporose der Wirbelsäule ist erst ab einem Verlust von 20 bis 40 Prozent des Knochencalciums konventionell radiologisch zu erkennen (32). Veränderungen des kortikalen und trabekulären Knochens sind normalerweise besser bei TH4 bis L4 visuell zu bewerten, aber auch am Radius ist eine Bestimmung möglich (17). Auf eine Quantifizierung der Osteoporose mit der Osteodensometrie wurde aus Kostengründen und aus logistischen Gründen verzichtet.

2.3 Beschreibung der Behandlungsabläufe

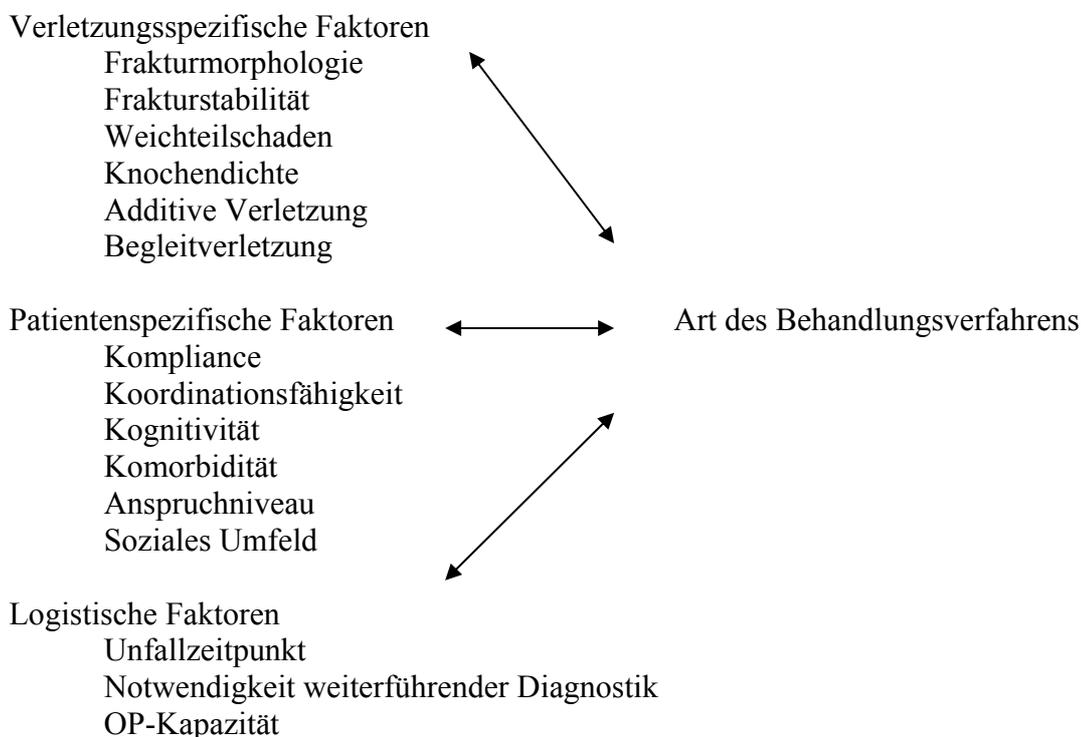
2.3.1 Behandlungsziel

Das Behandlungsziel ist die frühzeitige und schmerzfreie Wiederherstellung der Funktion des Handgelenkes unter Berücksichtigung patientenspezifischer Bedürfnisse und Anforderungen unter Vermeidung von Komplikationen und ökonomischer Verteilung vorhandener Ressourcen.

2.3.2 Behandlungskonzept

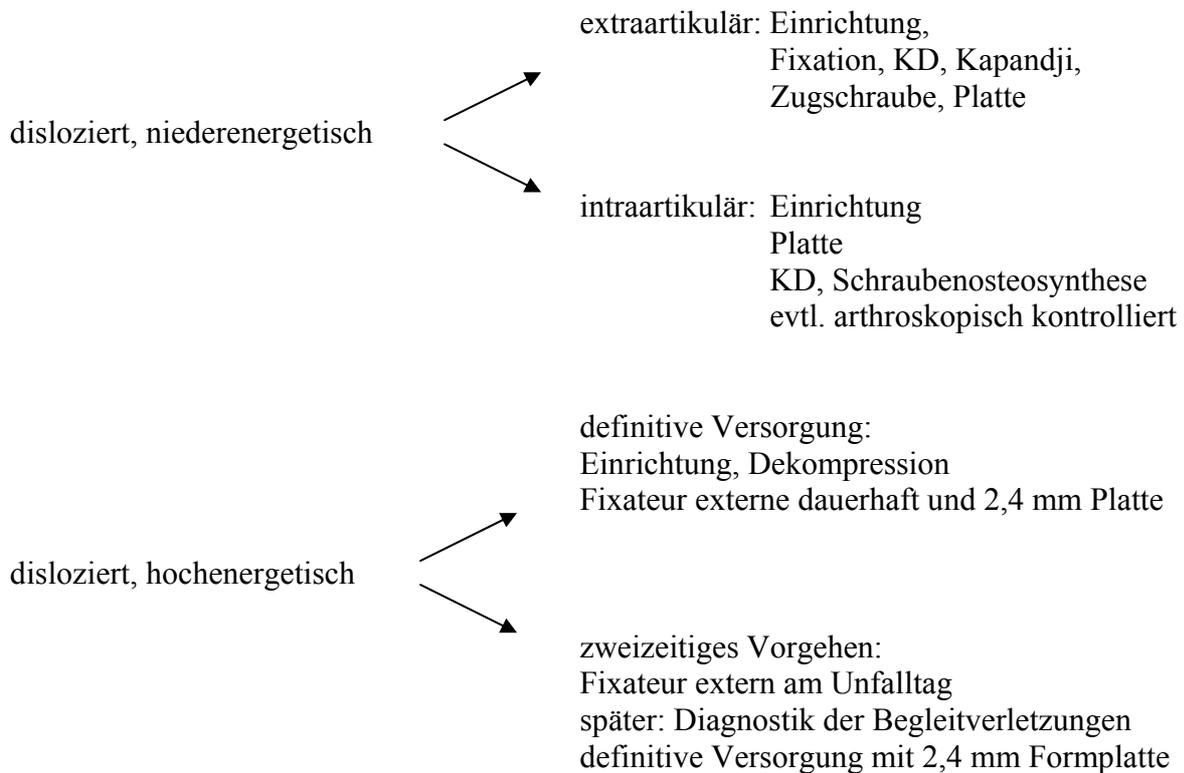
Regelhaft wurden alle Notfallpatienten definitiv versorgt oder mit einem Fixateur extern temporär stabilisiert. Das geeignete Behandlungsverfahren zum primären Versorgungszeitpunkt war abhängig von verletzungs-, patientenspezifischen und logistischen Faktoren (Abb. 4). Berücksichtigung fanden Frakturmorphologie, Stabilität der Fraktur, Ausmaß eines Weichteilschadens, ligamentärer oder ossärer Begleitverletzungen, Knochendichte und additive Verletzungen. Ergänzend beeinflussten patientenspezifische Faktoren wie die Compliance, Koordinationsfähigkeit und kognitiven Fähigkeiten, vorhandene Komorbiditäten, Pflegebedürftigkeit, Anspruchsniveau für berufliche oder sportliche Belastungen und die Logistik die Entscheidung zur primären Versorgung.

Abb. 4 Wahl des Behandlungsverfahrens in Abhängigkeit



Die Behandlungsverfahren für die dislozierten, intraartikulären und osteoporotisch assoziierten Frakturen sind durch die nachfolgenden Algorithmen bestimmt (Abb. 5)

Abb. 5 Algorithmus der Behandlung instabiler Frakturen



Gemäß diesem Algorithmus wurden die instabilen dislozierten Frakturen, intraartikuläre und metaphysäre, der weiteren Versorgung zugeteilt. Bei einer zusätzlichen Begleitverletzung des distalen Radioulnargelenkes erfolgte gemäß Fernandez (26) eine Unterteilung in drei Gruppen:

- Verletzungen, die die Stabilität des Gelenkes nicht beeinträchtigen
- Verletzungen, die potentiell die Stabilität stören
- Verletzungen, die das Gelenk destabilisieren

Verletzungen des distalen Radioulnargelenkes kommen entweder als isolierte Bandverletzungen (Lgg. radioulnare dorsale und palmare) oder isolierte Verletzungen des triangulären fibrocartilaginären Komplexes (TFCC) vor. Isolierte Bandverletzungen zeigen meist einen ulnodorsalen Abriss, der sich arthroskopisch gut refixieren lässt (44, 94). Ein basisnaher Abriss des Processus styloideus ulnae (PSU) führt häufig zu einer Instabilität des distalen Radioulnargelenkes. Je nach Ausmaß der Verletzungen variiert das klinische Bild mit diskreten, nur im Seitenvergleich feststellbaren Lockerungen, Subluxationen oder auch reponierbaren und fixierten Luxationen des Gelenkes.

Die Stabilitätsuntersuchung in dieser Studie wurde intraoperativ durchgeführt. Bei komplexen Verletzungen des Ellenkopfes wurde dieser nach Empfehlungen der aktuellen Literatur möglichst rekonstruiert (43,145). Beim basisnahen Abriss des Processus styloideus ulnae erfolgte eine Reposition und Refixation durch eine Schrauben-, K-Draht-, oder 2,4 bzw. 2,7 mm Plattenosteosynthese. Bei der anschließenden Prüfung der Stabilität des DRUG wurde bei Bedarf eine Transfixation von Ulna und Radius mit zwei K-Drähten der Stärke 1.6 mm,

proximal des DRUG vorgenommen. Ziel der operativen Versorgung war die Stabilität und Kongruenz des distalen Radioulnargelenkes.

2.3.3. Indikationen zur Arthroskopie

Die Indikation zur begleitenden radio-ulnokarpalen und interkarpalen Arthroskopie ist bei radiologischen Anzeichen oder kinematographischen Kriterien einer karpalen Instabilität, Vorliegen von peri- und intraartikulären Fragmenten, Verdacht auf zentrale Impressionen der Radiusgelenkfläche gegeben. Die Kinematographie als nichtinvasive, dynamische Funktionsuntersuchung unter Durchleuchtung des Handgelenkes zeigt Verletzungen der proximalen Karpalreihe, die mit einer Arthroskopie weiter verifiziert werden können (80).

In dieser Studie wurde die Handgelenksarthroskopie gemäß den Empfehlungen der Literatur im ulnoradiokarpalen und im mediokarpalen Gelenkabschnitt durchgeführt. In Blutleere erfolgte die Extension mit 5 kg des Handgelenkes im horizontalen Zug im Mädchenfänger in einer speziellen Halterung. Eine 2,7 mm Optik war zur Dokumentation mit Video und der Möglichkeit der Bildspeicherung angeschlossen. Unter Bildwandlerkontrolle wurden Injektionsnadeln am Portal 3/4 distal vom Lister'schen Tuberkel zwischen den Sehnen des M. extensor pollicis longus und M. extensor digitorum communis, am Portal 4/5 zwischen M. extensor digitorum communis und extensor digiti minimi, eine dritte Injektionsnadel am Portal 6/R und im sogenannten MCR Portal (mediokarpal radial) eingeführt. Mit einem Zwei-Kanülen-Test wurde isotone Kochsalzlösung zur Überprüfung von ligamentären Verletzungen zwischen dem radiokarpalen Gelenk und dem mediokarpalen Gelenk (MCR Portal) eingebracht. Der Test auf Verletzung des SL- oder LT-Bandes ist positiv, wenn Flüssigkeit durch den MCR Zugang entweicht (141). Die 4/5 Pforte und 6/R werden in der Regel als Arbeitskanäle benutzt. Das Mediokarpalgelenk wird über den MCR Port dargestellt. Hier ist der distale Pol des Skaphoids, das Kapitatum ist ulnar und das Trapezium distal und radial und karpale Instabilitäten können sicher beurteilt werden (80).

Zunächst erfolgte das Einführen eines Shavers zum Debridement, Hämatomausräumung und Entfernung von Knorpelflakes in der Regel über das 6R Portal. Unter Sicht konnte die Fraktur begutachtet und entweder durch Instrumente, Joysticks oder durch manuellen Druck manipuliert und mit perkutan eingebrachten Kirschner-Drähten der Stärke 1,2 mm oder 1,4 mm temporär fixiert werden.

Die Einteilung der Verletzungsfolgen des TFCC-Komplexes geschah nach Palmer (93) mit stadiengerechter Behandlung nach Empfehlungen der Literatur (6, 45, 94). Basisnahe ulnarseitige Abrisse (Typ 1 B nach Palmer) konnten arthroskopisch assistiert mittels Inside-Outside Technik oder mit industriell hergestellten Verankerungsgeräten (Mini RC-Anker, Mitek®) refixiert werden. Andere Verletzungen (1A, 1C und 1D nach Palmer) wurden debridiert. Begleitend erfolgte je nach Instabilität eine sechs wöchige Fixierung des DRUG in Neutralstellung. Bei degenerativen Läsionen des TFCC mit Knorpelschäden am Os Lunatum und oder Os Triquetrum empfahl sich lediglich ein sparsames Debridement.

Die Einschätzung einer frischen Verletzung der ligamentären Strukturen (SL-Band und LT-Band) erfolgte arthroskopisch und wurde nach Geissler (31) eingeteilt. Frische skapholunäre Bandverletzungen bedürfen einer stadiengerechten Therapie (128). Dabei können Chondralläsionen des Lunatum als Hinweis auf eine alte Verletzung dienen.

Klinisch relevante Bandverletzungen wurden mit Hilfe von Joysticks reponiert, die percutan in das Scaphoid und Lunatum oder Triquetrum eingebracht, oft eine Fehlstellung durch

Manipulation beseitigen können. Entsprechend der Gradeinteilung bei SL-Dissoziationen (128, 129, 153) erfolgte eine Stabilisierung bei Grad 3° mit zwei oder drei Kirschnerdrähten 1,2 mm des Skaphoids und Lunatum sowie des Kapitatum und Lunatum. Bei einer frischen Verletzung Grad 4° nach Geissler wurden nach Reposition die Bandstümpfe interossär dorsalseitig und außerhalb der Gelenkflächen mit Mitek-Fadenankern refixiert und mit einer modifizierten dorsalen Kapsulodese nach Blatt stabilisiert. Handelte es sich um eine lunotriquetrale Dissoziation, erfolgte eine temporäre LT-Transfixation mit Kirschnerdrähten. Alle temporären Transfixationen erhielten eine Ruhigstellung im Unterarmgips für acht Wochen. Nach dieser Zeit konnten die K-Drähte gezogen und die Hand zur Beübung freigegeben werden.

Abb. 6 Einteilung der Verletzungsfolgen nach Palmer und Geissler

Klassifikation der TFCC-Läsionen (nach Palmer 1990[93]) aus [6]

Klasse I: Traumatisch

- A: Perforation oder Riss radiusnah
- B: Abriss am Processus styloideus ulnae mit oder ohne distaler Ulnafraktur
- C: Abriss am Lunatum, Triquetrum
- D: Abriss am Radius mit oder ohne Sigmoidnotchfraktur

Klasse II: Degenerativ

- A: Höhenminderung des ulnokarpalen Komplexes
- B: Höhenminderung des ulnokarpalen Komplexes + Chondralläsion Lunatum/Ulna
- C: TFCC Perforation + Chondralläsion Lunatum/Ulna
- D: TFCC Perforation + Chondralläsion Lunatum/Ulna + LT Band Perforation
- E: TFCC Perforation + Chondralläsion Lunatum/Ulna + LT Band Perforation + ulnokarpale Arthrose

Läsionen des intrinsischen Bandapparates (nach Geisler 1996 [31])

- Grad 1: Keine Inkongruenz im karpalen Gefüge im Midkarpalraum
- Grad 2: Minimale Lückenbildung zwischen den Karpalia, kleiner als das Tasthäkchen
- Grad 3: Eine 2,7 mm-Optik kann die Lücke nicht passieren, auch nicht im Stress-Test
- Grad 4: Die Lücke ist deutlich erweitert und für die 2,7 mm-Optik passierbar

2.3.4 Indikationen für die 2,4 mm winkelstabilen Formplatte

Die Indikation zur osteosynthetischen Versorgung mit der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte ergab sich aus dem in Abb. 5 beschriebenen Algorithmus zur Behandlung instabiler distaler Radiusfrakturen und nach Berücksichtigung der in Kapitel 2.3.2 aufgeführten Faktoren vor allem bei komplexen intraartikulären Frakturen mit kleinen Fragmenten und bei den instabilen osteoporotisch assoziierten Frakturen. Weiterhin bei den Verletzungen, die eine sichere und übungsstabile Fixation der Fragmente aufgrund der Behandlung relevanter Begleit- und Zusatzverletzungen erforderten.

2.4 Die winkelstabile 2,4 mm Formplatte

Dem dorsalen und palmaren distalen Radius angepasste, sogenannte Formplatten wurden als 2.4 mm winkelstabile Titanplatten von der Firma Mathys Medical Ltd., Synthes® (USA), Stratec Medical unter der Leitung von M. Widmann und in Zusammenarbeit mit einer Gruppe von Chirurgen der AO (J.B. Jupiter, Boston; M. Pleko, Innsbruck; G. Laurie, Florenz; D.A. Rikli, Luzern; H.R. Siebert, Schwäbisch Hall) entwickelt, um vor allem bei komplexen intra-artikulären Frakturen und Osteoporose eine sichere und übungsstabile Fixation der Fragmente zu ermöglichen.

2.4.1. Anwendung und Wahl des Zuganges

Die Wahl des Zuganges richtet sich nach dem Verletzungsmuster, Größe der Fragmente und dem Ausmaß und Richtung der dislozierten distalen gelenktragenden Fragmente.

Durch das Plattendesigns mit distaler Abwinkelung wird die 2,4 mm Formplatte direkt an die distale Radiuslippe subchondral platziert und stützt diese ab. Das erlaubt auch eine sichere Fixation kleinerer artikulärer Fragmente palmar, radial und dorsoulnar. Dabei ist darauf zu achten, daß die proximal erforderliche Schraubenrichtung nicht intraartikulärer gerät und die subchondrale Abstützung zu tragen kommt. Dies gelingt bei dem Plattendesign auch bei einer sehr weit distal gelegenen Frakturebene. Die Platzierung der Schrauben erfolgt subchondral außerhalb der Defektzonen. Mindestens drei Verriegelungsschrauben am T-Schenkel und eine Kortikalisschraube und entsprechend der Knochendichte weitere uno- oder bikortikale Verriegelungsschrauben fixieren die Platte meta- und diaphysär.

Der palmare Zugang erfolgt radial entlang der Flexor carpi radialis Sehne direkt bis auf den M. pronator quadratus. Das ulnare palmare Kantenfragment kann in den meisten Fällen bei diesem Zugang ausreichend dargestellt und unter Sicht der palmare Anteil der ulnaren Gelenkfläche des Radioulnargelenkes revidiert werden. Je nach Frakturlokalisation und -typ ist auch ein dorsaler oder kombinierter Zugang mit Stabilisierung nach dem 3-Säulen-Prinzip (106) notwendig, um eine vollständige Reposition und Fixation kleinerer Fragmente zu erreichen. Vor allem bei einer Versorgung von C2- und C3-Frakturen mit dorsal dislozierten ulnaren Kantenfragmenten („Schlüsselfragment“) ist oft eine dorsale Plattenosteosynthese zur Stabilisierung (128) notwendig. Auch bei der Impressionsfraktur mit radialen und dorsalen Kantenabbrüchen bzw. Trümmerzonen kann die Stabilisierung nach dem 3-Säulen-Prinzip (106) mit Anlage einer radialen und ulnaren winkelstabilen 2,4 mm Formplatte durch einen dorsalen Zugang durchgeführt werden.

Gemäß der biomechanischen Analysen der Lastverteilung am distalen Vorderarm nach Rikli (106) erfolgt die Lastübertragung über das 3-Säulen-Prinzip (Abb. 7). Dabei wird unterschieden in

1. eine radiale Säule, die aus dem Processus styloideus radii und der Gelenkfläche zum Skaphoid besteht,
2. eine intermediären Säule, die aus dem ulnaren Anteil des Radius mit seiner Gelenkfläche zum Lunatum und zur Ulna besteht und
3. der ulnaren Säule, die aus dem Ulnakopf, dem ulnaren Anteil des distalen Radioulnargelenkes mit dem ulnokarpalen Bandkomplexes, dem Diskus triangularis, seiner Bandstrukturen und der Sehne des Extensor carpi ulnaris beschrieben ist.

Bei dislozierten Frakturen des distalen Radius sollten alle drei Säulen reponiert und stabilisiert werden. Die radiale Säule wird mit einer radialen Abstützplatte, die intermediäre Säule mit einer dorsoulnaren Platte abgestützt. Liegt gleichfalls eine ulnare Instabilität wie bei einem basisnahen Abriss des Processus styloideus ulnae vor, wird auch diese stabilisiert (133).

Abb. 7 Das Dreisäulenmodell (106) aus [22]

Ulnare Säule mit Ulnakopf und TFCC;
 Intermediäre Säule mit Fossa lunata und Incisura ulnaris radii (DRUG);
 Radiale Säule mit Fossa scaphoidea und Processus styloideus radii



Entsprechend den jeweiligen Frakturtypen, Richtung und des Ausmaßes der Fragmentdislokation wird über limitierte Zugänge von dorsal (3. und 4. Sehnenfach für das ulnare Schlüsselfragment und 1. bzw. 2. Sehnenfach für das radiale Fragment) subperiostal reponiert, temporär mit Kirschnerdraht gesichert und die angepasste Formplatte zunächst proximal in der Mitte des Gleitloches nach Kontrolle der regelrechten Lage mit Verriegelungs- und Kortikalisschrauben fixiert. Im Fall einer erhöhten Tendenz zur Redislokation kann die Platte radial und ulnar von temporären Kirschnerdrähten oder durch die Platte distal befestigt werden. Formgebung und Dimensionierung der Platten erlauben eine Platzierung ohne Reizung des Sehngleitlagers. Damit wird nachhaltig die postoperative Mortalität bei dorsaler Plattenlage gesenkt (111).

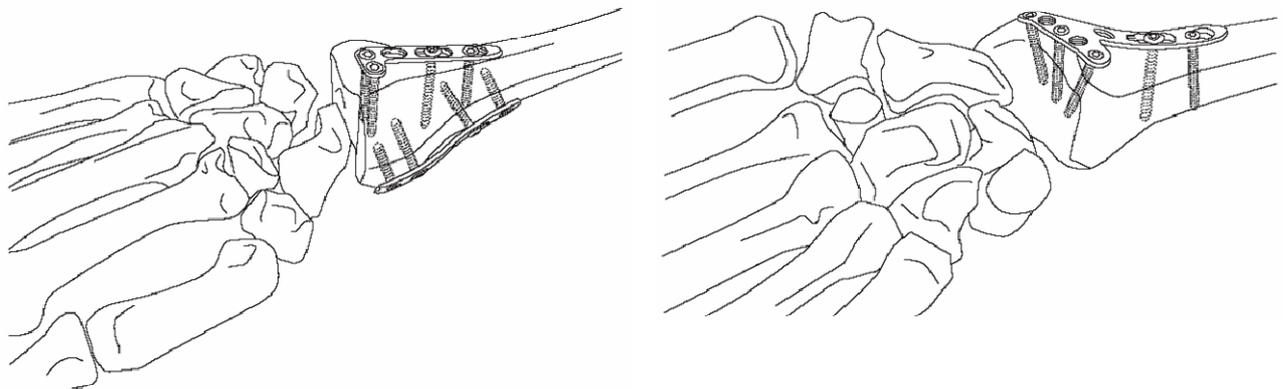


Abb. 8 Anwendungsbeispiele für die Doppelplattenosteosynthese und palmare Plattenlage (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Synthes®)

2.4.2 Plattendesign

Das System enthält entsprechend den verschiedenen Anforderungen volare, dorsale und radiale Platten (Abb. 9 und 10). Die volaren Platten sind anatomisch vorgeformt in zwei Größen jeweils für rechts und links mit 2,4 mm Kopfverriegelungsschrauben distal und Kombinationslöchern für entweder 2,4 mm Kopfverriegelungsschrauben oder 2,4 bzw. 2,7 mm Kortikalisschrauben im Schaftbereich. Die Winkelstabilität erlaubt eine stabile Verblockung nach dem Prinzip des Fixateurs interne. Das System der 2,4 mm Formplatte zeichnet sich durch eine sogenannte unidirektionale Winkelstabilität aus. Dabei wird eine Zielbohrhülse in das Plattenloch aufgeschraubt, so dass eine vorgegebene Richtung zur Plattenebene zwischen 80 -90° erfolgt (64). Die Verriegelungsschrauben werden mit einem Drehmomentschraubenzieher angezogen, wobei ein Überdrehen wie auch ein Überstehen von Plattenanteilen als Folge einer nicht anatomiegerechten Plattenlage zu vermeiden sind.



Abb. 9 Volare Platten für rechts und links (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Synthes®)



Abb. 10 Dorsale und radiale Platten für rechts und links (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Synthes®)

2.4.3 Indikation zur Defektauffüllung und Wahl des Materials

Trümmerbrüche des distalen Radius bei Patienten mit Osteoporose oder nach Hochrasanztraumen zeigen oft einen erheblichen Knochendefekt nach Reposition. Dabei kann es zu einer verzögerten Heilung oder sekundären Dislokation mit Nachsintern der Fraktur kommen. Mit Einführung der winkelstabilen Implantate kann auf eine metaphysäre Defektauffüllung in der Regel verzichtet werden, da kleinere intraartikuläre Fragmente sicher fixiert werden können. In den Fällen, wo mit dem Schraubenhalt im osteoporotischen Knochen oder der dorsalen Trümmerfraktur auch mit den winkelstabilen Systemen keine ausreichende Stabilität zu erreichen ist, ist es weiterhin sinnvoll, metaphysäre Defekte aufzufüllen und subchondrale Gelenkflächen zu unterfüttern. Generell ist in der aktuellen Literatur mit Verwendung winkelstabiler Plattensysteme eine rückläufige Tendenz selbst bei osteoporotischen Frakturen zu verzeichnen (64, 85, 89, 134).

Nach anfänglicher Skepsis gegenüber einer dauerhaften stabilen Fixation der Fragmente auch bei Osteoporose haben wir die Indikationen zur Defektauffüllung aufgrund der Ergebnisse unserer Nachuntersuchung reduzieren können auf:

1. subchondrale Unterfütterung erheblich zertrümmerter Gelenkflächen mit Wiederherstellung der artikulären Gelenkfläche bei Typ C3-Frakturen nach der AO-Klassifikation
2. ausgeprägte Osteoporose mit palmarer und dorsaler metaphysärer Defektzone bei Typ A3-Frakturen nach der AO-Klassifikation

Zur Vermeidung eines weiteren Eingriffes mit zusätzlicher Entnahmemortalität bei der Beckenkammernahme von Spongiosa wurde bei der erst genannten Indikation ChronOS®, Mathys Medical®, Synthes®, (reines Trikalziumphosphat) verwendet. ChronOs® ist dem spongiösen Knochen sehr ähnlich, biokompatibel und osteokonduktiv aber selbst nicht lasttragend (131). Die maximale Druckbelastbarkeit von ChronOs® liegt laut Angaben der Fa. Synthes® bei $7,5 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$. Daher erfolgt die Verbindung immer mit einem lasttragenden Metallimplantat.

Bei der zweitens Indikation wurden bei fortgeschrittenem Lebensalter Refobacin-Palacos®, (Polymethylmethacrylat = PMMA) Biomet, Merck, als kleine Kügelchen geformt in die Spongiosa nach distal und nach proximal mit einem Stößel eingebracht. Refobacin-Palacos® ist als antibiotikahaltiger PMMA-Knochenzement biologisch inert (9). Daher wurde darauf geachtet, daß die Kortikalis im Defektbereich nicht überragt wurde, um eine biologische periostale Heilung zu ermöglichen, die für eine längenstabilen Osteogenese zwischen 8-12 Wochen benötigt (25).

2.4.4 Additive Verfahren

Die Notwendigkeit additiver Verfahren wie das Einbringen von Kirschner-Drähten und Zugschrauben ergab sich aus dem intraoperativen Befund. Die Stärke des verwendeten Kirschner Drahtes betrug in der Regel 1,2-1,4 mm, der Durchmesser der Schraubenstärke für die Zugschrauben lag bei 2,7 mm.

2.4.5 Vorteile der 2,4 mm Formplatte

Wir verwenden die 2,4 mm Formplatten für die dorsalen Stabilisierungen und palmar für die kleinen gelenktragenden Fragmente insbesondere im Hinblick auf anatomische Verhältnisse wie sie bei Kindern oder Frauen vorliegen. Die Vorzüge der kleindimensionierten 2,4 mm Verriegelungsformplatten zeigen sich in den folgenden Aspekten:

- Minimierung des palmaren und dorsalen Zugangs mit geringerer Morbidität
- Sichere Fixation kleiner für die anatomische Formwiederherstellung entscheidender gelenktragender Fragmente auch von dorsal (dorsales Schlüsselfragment nach der Einteilung von Melone [81])
- Gute Weichteildeckung
- Bei dorsalen Trümmerzonen in der Regel kein zusätzliches Knocheninterponat erforderlich
- Frühe funktionelle Weiterbehandlung
- Fakultative Entfernung des Osteosynthesematerials
- Vermeidung sekundärer Korrekturverluste

2.5 Die postoperative Behandlung

Die postoperative Weiterbehandlung hat einen unmittelbaren Einfluss auf das Ergebnis der operativen Behandlung (148). Daher wird in diesem Kapitel unser Schema vorgestellt.

Nach Abschluss der operativen Versorgung wurde der Patient mit einer palmaren Unterarmgipsschiene versorgt und die betroffene Extremität auf einer Lagerungsschiene über Myokardniveau hochgelegt. Weitere Maßnahmen zur Prophylaxe und Therapie einer postoperativen Ödembildung bestand in der Aufforderung und Kontrolle der Fingerbeugung und Streckung in regelmäßigen Abständen sowie der Einleitung physikalischer Maßnahmen mit Kryotherapie. Die Redondrainage konnte in der Regel nach 24 Stunden entfernt werden. Am ersten post operativen Tag erhielt der Patient unter Kontrolle des Stationsarztes eine palmare Unterarmkunststoffschiene, die in der Regel drei Tage verblieb und anschließend bis zum Ende der ersten Woche nur noch nachts angelegt wurde. In Folge bekam der Patient Krankengymnastik für die Schulter, den Ellenbogen und das Handgelenk mit Trainieren der Pronation, Supination und der Beweglichkeit der Finger. Gegebenenfalls schloss sich begleitend eine Ergotherapie an. Besonderen Wert wurde auf aktive Bewegungsübungen zunächst ohne oder nur mit minimalem Widerstand, Geschicklichkeits- und Koordinationsschulung und langsam steigenden Kraftaufbau und Ausdauertraining gelegt. Analgetika erhielt der Patient nach Plan einer Bedarfsmedikation in Absprache mit dem Stationsarzt bei der täglichen Visite. Eine Röntgenkontrolle fand am ersten post operativen Tag und nach sechs Wochen statt. Im Abschluss an die stationäre Entlassung wurde der Patient in die ambulante Sprechstunde des Operateurs einbestellt.

Alle Patienten mit einer relevanten Begleitverletzung erhielten eine Behandlung entsprechend dem Ausmaß ihrer Verletzung. Die temporäre Transfixation bei ligamentären Verletzungen erfolgte mit einer Ruhigstellung im Unterarmgips für acht Wochen. Anschließend wurden die K-Drähte gezogen und die Hand zur Beübung freigegeben. Bei Verletzungen des TFCC-Komplexes erhielt der Patient je nach Instabilität eine sechs wöchige Fixierung des DRUG in Neutralstellung. Bei Behandlung des distalen Radioulnargelenkes mit Transfixation empfahl es sich diese für sechs bis acht Wochen beibehalten. Stabile Frakturen des Kahnbeins wurden in einem Unterarmcast mit Einschluss des Daumens bei Freigabe des Daumenendgelenks für sechs Wochen ruhiggestellt. Dislozierte und instabile Frakturen kamen nicht vor. Sonstige undislozierte Frakturen der Handwurzelknochen mussten zwischen vier bis sechs Wochen und dislozierte Frakturen der Handwurzelknochen nach offener Reposition mit Versorgung durch Minifragmentschrauben zwischen vier und sechs Wochen immobilisiert werden.

Das Entlassungskriterium war neben einer guten aktiven Beweglichkeit die Sicherstellung der häuslichen und hausärztlichen Versorgung. Lediglich zwei Patienten blieben nach der operativen Versorgung bezüglich der oberen Extremität immobilisiert mit einem Fixateur externe für zwei Wochen. Entsprechend der Empfehlung der WHO und DVO sollten alle Patienten mit einer osteoporotisch assoziierten Fraktur unmittelbar postoperativ mit einer Osteoporosebasistherapie (37) behandelt werden. Die Fortführung und Ergänzung der Therapie wurde durch die ambulant weiterbehandelnden Kollegen sichergestellt. Das Nahtmaterial konnte in der Regel ambulant nach zehn Tagen entfernt werden.

III Ergebnisse

3.1 Darstellung der Ergebnisse in den Scores

Von den 81 erfassten Patienten konnten 69 Patienten (85,2 Prozent) radiologisch und klinisch mit unseren Outcome-Parametern nachuntersucht werden. Gemäß der Fragestellung in dieser Studie wurden in Gruppe A 28 Patienten mit dem Merkmal der dislozierten intraartikulären distalen Radiusfraktur und in Gruppe B 33 Patienten mit dem Merkmal der osteoporotisch assoziierten distalen Radiusfraktur dargestellt (Tabelle 18). Sieben Patienten mit Typ A3-Frakturen ohne Osteoporose mussten aus der Gruppe B herausgenommen werden.

In Tabelle 18 werden die Ergebnisse der Scores von Gartland and Werley, Lidström, dem DASH und der subjektiven Bewertung in Gruppe A und B zusammengefaßt.

Tabelle 18

		Gruppe A	Gruppe B
Score		N = 28	N = 33
Gartland & Werley	sehr gut	8	10
	gut	14	16
	mäßig	6	6
	schlecht	-	1
Funktioneller Lidström	sehr gut	6	10
	gut	16	16
	mäßig	5	7
	schlecht	1	-
Radiologischer Lidström	sehr gut	17	14
	gut	8	11
	mäßig	3	6
	schlecht	-	2
DASH-Score	Ø	13,9	20,3
	Median	10	12,5
	Streubreite	55	85,9
Subjektive Bewertung	sehr gut	4	6
	gut	14	20
	mäßig	7	6
	schlecht	3	1

Anmerkung: Ø = arithmetischer Mittelwert = Durchschnitt, Median = Wert, der nach Größensortierung der Zahlen in der Mitte der Zahlenfolge liegt, Streubreite = Streuung = Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert. Ein DASH-Wert von 1 entspricht einem sehr guten und ein Wert von 100 einem schlechten Ergebnis

Der durchschnittliche DASH -Wert in Gruppe A zählt 13,9 und in Gruppe B 20,3 Punkte. Für die Scores nach Gartland and Werley, modifiziert nach Sarmiento ergeben sich für Gruppe A zweiundzwanzig sehr gute bis gute Ergebnisse (78,5 Prozent) und für Gruppe B sechszwanzig sehr gute bis gute Ergebnisse (78,7 Prozent). Beim radiologischen Score nach Lidström sind in Gruppe A fünfundzwanzig sehr gute bis gute (89,2 Prozent) und in Gruppe B fünfundzwanzig sehr gute bis gute Ergebnisse (75,7 Prozent) zu verzeichnen. Bei

der subjektiven Bewertung beschreiben in Gruppe B sechsundzwanzig Patienten (78,2 Prozent) sehr gute bis gute Ergebnisse und in Gruppe A achtzehn (64,2 Prozent) Patienten.

Die Tabelle 19 zeigt den relativ geringeren Einfluß von Verletzungen der distalen Ulna auf die einzelnen Ergebnisse. Ein Grund mag in der Verteilung der Schwere der Verletzungen der Ulna, wie sie in Tabelle 13 und 14 in Kapitel 2.1.4 dargestellt ist, liegen. Auch wurden Einflüsse aus Kombinationen von zwei oder mehr Begleitverletzungen bei dieser Präsentation nicht berücksichtigt. Insgesamt ist eine Interpretation der Daten über die Bedeutung der begleitenden Ulnafraktur für die Patienten nicht zu empfehlen und sollte getrennt in einer entsprechenden Studie untersucht werden. Der Anteil radiologisch nachweisbarer Pseudarthrosen der Ulna zählte in Gruppe A zwölf und in Gruppe B zehn Fälle.

Tabelle 19

Scores mit distaler Ulnafraktur		Gruppe A	Gruppe B
Score		N = 18	N = 22
Gartland & Werley	sehr gut	5	8
	gut	10	11
	mäßig	3	3
	schlecht	-	-
Funktioneller Lidström	sehr gut	3	8
	gut	11	12
	mäßig	3	2
	schlecht	1	-
Radiologische Lidström	sehr gut	12	12
	gut	3	5
	mäßig	3	4
	schlecht	-	1
DASH-Score	Ø	14,9	15,3
	Median	6,6	12,5
	Streubreite	55	53,4
Subjektive Bewertung	sehr gut	3	5
	gut	7	16
	mäßig	7	1
	schlecht	1	-

3.2 Ergebnisse der Gruppe A

Entsprechend unseren Kriterien ergaben sich 28 Patienten für die Gruppe A. Die mittlere Nachuntersuchungszeit belief sich auf 22,1 Monate (minimal 12 und maximal 34 Monate). Das Durchschnittsalter lag bei 50 Jahren mit je 14 männlichen und weiblichen Verletzten. Elf Patienten erlitten ein Hochrasanztrauma und siebzehn ein niederenergetisches Trauma. Die Frakturhand war elfmal rechts und zwölfmal links lokalisiert. Die Unterteilung der Frakturen erfolgte nach der Melone und AO Klassifikation mit 3 C1-, 19 C2- und 6 C3-Frakturen. Die Versorgung fand achtmal einzeitig und zwanzigmal zweizeitig statt. Dabei wurde das winkelstabile Formplattensystem bei zehn Patienten von palmar, bei dreizehn Patienten von dorsal und bei fünf in Sandwich Technik angebracht. Spongiosa kam bei zehn, PMMA bei drei und Keramik bei zwei Patienten zum Einsatz.

3.2.1 Die subjektiven Ergebnisse

Der DASH Mittelwert betrug 13,9 Punkte mit einer Streuung von 55 Punkten und einem Median von 7,5 Punkten. Ein DASH Punktwert von 0 entspricht einem Ergebnis mit optimaler Funktion ohne Behinderung und ein Punktwert von 100 zeigt eine maximale Behinderung der oberen Extremität an. Damit ergibt sich mit einem durchschnittlichen DASH Punktwert von 13,9 ein sehr gutes Ergebnis.

Der Mittelwert der VAS lag bei $2,1 \pm 1,7$ Einheiten auf der Skala. Der Wert 0 gibt eine komplette Schmerzfreiheit und der Wert 10 ein maximales Schmerzempfinden an. Auch hier weist der durchschnittliche VAS Wert auf ein gutes bis sehr gutes Ergebnis.

3.2.2 Die objektiven Ergebnisse

Alle Patienten konnten einen kompletten Faustschluß und eine Streckung der Langfinger durchführen. Die gemessene Kraft maß an der Frakturhand im Durchschnitt $30,7 \text{ kg} \pm 15,9$ mit einer Streuung von 68 kg und einem Median von 28 kg und bei der unverletzten Seite durchschnittlich $38,1 \text{ kg} \pm 15$ mit einer Streuung von 50 kg und einem Median von 34 kg. Die Differenz der Kraftminderung zur unverletzten Seite ergab im Mittel 7,4 kg (19,4 Prozent). Die Daten der Bewegungsausmaße mit Mittelwert, Standardabweichung und Median werden in Tabelle 20 zusammengefaßt. Die Abweichungen der Mittelwerte zwischen verletzter und unverletzter Hand sind in Prozent wiedergegeben.

Tabelle 20

Bewegungsausmaße der Handgelenke mit Seitenvergleich						
		betroff. Seite	Median	vergl. Seite	Median	Differenz %
Ext. / Flex.	Ø	59,4° ± 16,8 / 57,5° ± 13,6	60° / 60°	69,8° ± 13,2 / 70,1° ± 13,7	70° / 70°	14,8 / 17,9
Rad. / Uln.	Ø	21,7° ± 10,3 / 36,5° ± 11,3	20° / 40°	31° ± 6,8 / 44,1° ± 8,7	30° / 45°	30 / 17,2
Pro. / Sup.	Ø	85,3° ± 11,4 / 81,7° ± 5,4	90° / 80°	88,9° ± 3,4 / 88,5° ± 3	90° / 90°	4 / 7,6

3.2.3 Die radiologischen Ergebnisse

Bei der Einteilung einer posttraumatischen Arthrose gemäß Knirk und Jupiter hatten nach Ausschluß präoperativ existenter Arthrosen:

Grad 0: 27 Patienten (51,9 Prozent)
 Grad 1: 22 Patienten (42,3 Prozent)
 Grad 2: 2 Patienten (3,8 Prozent)
 Grad 3: 0 Patienten

Entsprechend diesem Resultat ist die Häufigkeit relevanter Arthrosen mit zwei Patienten als sehr gering einzustufen.

Die einzelnen radiologischen Parameter der Gruppe A sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21

Radiologische Parameter			
Meßgrößen	Mittelwert ± SD	Median	Bandbreite Min - Max
Radiusbasiswinkel in Grad	Ø 22,1° ± 3,1	22°	16 – 30°
dorsopalmarer Neigungswinkel in Grad	Ø 3,5° ± 7,6	6°	-14 – 12°
Ulnavarianz in Millimetern	Ø 0 ± 1,5	0	-3 – 5 mm
Radialer Shift in Millimetern	Ø 0,6 ± 1,4	0	0 – 5 mm
Diastase > 2 mm Anzahl an Patienten	0	-	-
Gelenkstufe > 2 mm Anzahl an Patienten	1	-	-

3.2.4 Komplikationen der Gruppe A

Als Komplikation gilt eine unerwünschte Folge des Unfalles oder in diesem Fall des operativen Eingriffs, die nicht im engeren Sinn zum Krankheitsbild gehören.

Die Rate der unerwünschten Ereignisse für Gruppe A beträgt 28,5 Prozent und ist in Tabelle 22 aufgelistet. Alle Infekte und Wundheilungsstörungen bedurften keiner Revision.

Tabelle 22

Verteilung der unerwünschten Ereignisse in Gruppe A	
Komplikation	Häufigkeit
CRSS	1
Fraktur MC II	-
Läsionen Nervus radialis superficialis	1
Materialversagen	-
Repositionsverlust	1
Wundheilungsstörung	1
Pininfekte	1
Adhäsion Sehne	1
Ruptur EPL Sehne	1
Instabilität DRUG	1

3.3. Ergebnisse der Gruppe B

In Gruppe B konnten 33 Patienten (84,6 Prozent) von 39 klinisch und radiologisch nach durchschnittlich 18,3 Monaten untersucht werden. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe betrug 72,8 Jahre, mit drei männlichen und dreißig weiblichen Verletzten. Drei hoch-energetischen standen dreißig niederenergetische Unfallmechanismen gegenüber. Die Frakturhand war zehnmal rechts und dreiundzwanzig Mal links lokalisiert. Die Unterteilung nach der AO Klassifikation ergab neun Typ A3-, drei Typ C1-, elf Typ C2- und zehn Typ C3-Frakturen. Siebzehn Patienten erhielten primär und sechzehn Patienten sekundär eine definitive Versorgung der distalen Radiusfraktur. Dabei erfolgte bei vierundzwanzig Patienten eine palmare Osteosynthese, fünf Patienten wurden dorsal und vier Patienten kombiniert

osteosynthetisch versorgt. Zur zusätzlichen Stabilisierung kam sechsmal Spongiosa, elfmal PMMA und dreimal Keramik zum Einsatz.

3.3.1 Die subjektiven Ergebnisse

Der DASH Mittelwert lag bei 20,3 Punkten mit einer Streuung von 85,9 Punkten. Der Median zählte 12,5 Punkte. Entsprechend wies der durchschnittliche DASH-Punktewert von 20,3 Punkten auf ein gutes bis sehr gutes Resultat. Das durchschnittliche Ergebnis der VAS war mit einem Mittelwert von durchschnittlich $2,1 \pm 1,7$ als gut zu bezeichnen, trotz einer Streuung von sechs Einheiten in der Skala.

3.3.2 Die objektiven Ergebnisse

Alle Patienten dieser Gruppe waren in der Lage, Faustschluß und Streckung der Langfinger komplett durchzuführen. Die gemessene Kraft an der Frakturhand zeigte im Mittel $15 \text{ kg} \pm 6,4$ mit einer Streuung von 30 kg und bei der unverletzten Seite $23,9 \text{ kg} \pm 7,5$ mit einer Streuung von 40 kg. Die Differenz der Kraftminderung zur unverletzten Seite betrug im Mittel 8,9 kg oder entsprechend 37,2 Prozent. Die Bewegungsausmaße im Vergleich zur unverletzten Gegenseite sind in Tabelle 23 zusammengefaßt.

Tabelle 23

Bewegungsausmaße der Handgelenke mit Seitenvergleich						
		betroff. Seite	Median	vergl. Seite	Median	Differenz %
Ext. / Flex.	Ø	$55,9^\circ \pm 13,7$	50° / 55°	$62,1^\circ \pm 11,3$	60° / 65°	9,9 / 15,9
		$52,8^\circ \pm 12,5$		$62,8^\circ \pm 11,5$		
Rad. / Uln.	Ø	$21,5^\circ \pm 7,3$	20° / 30°	$24,6^\circ \pm 6,3$	20° / 35°	12,6 / 12,1
		$32,4^\circ \pm 7,7$		$36,9^\circ \pm 9,2$		
Pro. / Sup.	Ø	$84,3^\circ \pm 9,5$	90° / 90°	$88,1^\circ \pm 3,8$	90° / 90°	4,3 / 4,6
		$84^\circ \pm 9,8$		$88,1^\circ \pm 3,8$		

3.3.3 Die radiologischen Ergebnisse

Die Ermittlung der posttraumatischen Arthrose gemäß dem Score von Knirk und Jupiter ergab in Gruppe B folgende Verteilung

- Grad 0: 7 Patienten (21,2 Prozent)
- Grad 1: 21 Patienten (63,6 Prozent)
- Grad 2: 4 Patienten (12,1 Prozent)
- Grad 3: 0 Patienten

In Gruppe B war der Anteil der relevanten posttraumatischen Arthrosen nach Ausschluß präoperativ existenter Arthrosen mit 12,1 Prozent relativ hoch.

Die radiologischen Meßgrößen aus der Gruppe B sind in Tabelle 24 aufgelistet.

Tabelle 24

Radiologische Parameter			
Meßgrößen	Mittelwert ± SD	Median	Bandbreite Min - Max
Radiusbasiswinkel in Grad	Ø 23,3° ± 4,7	22	12 bis 32°
dorsopalmarer Neigungswinkel in Grad	Ø 0,8° ± 8,9	0	-20 bis 22°
Ulnavarianz in Millimetern	Ø 0,5 ± 2	0	-5 bis 6 mm
Radialer Shift in Millimetern	Ø 0,4 ± 0,8	0	0 bis 4 mm
Diastase > 2 mm Anzahl an Patienten	3	-	-
Gelenkstufe > 2 mm Anzahl an Patienten	2	-	-

3.3.4 Komplikationen der Gruppe B

Die Rate der unerwünschten Ereignisse für Gruppe B betrug 36,3 Prozent und ist in Tabelle 25 mit der Häufigkeit der einzelnen Komplikation dargestellt. Auch in Gruppe B führten die oberflächigen Pininfekte nicht zu einer operationspflichtigen Revision.

Tabelle 25

Verteilung der unerwünschten Ereignisse in Gruppe B	
Komplikation	Häufigkeit
CRSS	1
Fraktur MC II	1
Läsionen N. radialis superficialis	2
Materialversagen	1
Repositionsverlust	2
Wundheilungsstörung	-
Pininfekte	2
Adhäsion Sehne	-
Ruptur EPL Sehne	-
Instabilität DRUG	3

3.4 Analyse der Einflussgrößen bei den Komplikationen

In den Tabellen 25 bis 27 sollen mögliche Einflüsse auf die Art und Häufigkeit von relevanten Komplikationen isoliert werden.

Tabelle 25 zeigt die Häufigkeit der Komplikationen, die mit oder ohne eine assistierte Arthroskopie aufgetreten sind.

Tabelle 25

Häufigkeit von Komplikationen mit oder ohne begleitende Arthroskopie				
	mit Arthroskopie		ohne Arthroskopie	
Gruppe	A	B	A	B
Anzahl	N = 17	N = 7	N = 11	N = 26
Komplikationen				
CRSS	1	1	-	-
Infekt	2	-	-	2
Sinterung	1	-	-	2
Materialversagen	-	1	-	-
Ruptur EPL	-	-	1	-
R. superficialis	1	1	-	1
Fraktur MC II	-	1	-	-
Adhäsion Sehne	1	-		-

Anmerkung: Aus der Gruppe der arthroskopisch assistierten komplexen DRF fallen zwei Typ A3-Frakturen heraus, da sie nicht zu Gruppe B zugeordnet werden konnten. Instabilitäten des DRUG werden hier nicht erfaßt.

Auffällige Merkmale in Tabelle 26 stellten der Repositionsverlust bei zwei Patienten nach palmarer Osteosynthese im Vergleich zu einem Fall nach dorsaler Osteosynthese, die Häufigkeit von Läsionen des Ramus superficialis des Nervus radialis nach primärer Stabilisierung durch einen Fixateur externe und die Häufigkeit von Pininfekten nach einem Fixateur externe dar.

Alle drei Patienten mit Repositionsverlust oder Sinterung wiesen eine Typ C2-Fraktur nach der AO-Klassifikation auf und beschrieben gemäß der Einteilung nach Melone zwei Typ IIa-Frakturen und eine Typ III-Fraktur. Bis auf die dorsal versorgte Typ C2-Fraktur gehörten die beiden anderen zu den osteoporotisch assoziierten distalen Radiusfrakturen. Sowohl die dorsal als auch eine palmar versorgte DRF wurden mit einem Beckenkamminterponat zur Defektauffüllung zusätzlich stabilisiert. Die palmar versorgte Typ C2-Fraktur nach der AO-Klassifikation mit Osteoporose erhielt kein Interponat. Die nicht osteoporotisch assoziierte Typ C2-Fraktur wurde neben der dorsalen winkelstabilen Formplatte mit einer zusätzlichen Schraubenosteosynthese primär stabilisiert. Die Erstversorgung wurde im gespaltenen Unterarmgips und im Fixateur externe durchgeführt.

Plattenfehlagen oder eine unvollständige Reposition und Fixation durch iatrogen falsch angebrachte Platten traten nicht auf. Ein Materialversagen im Sinne einer radiologisch erkennbaren Schraubenlockerung bei einer osteoporotisch assoziierten Typ C2-Fraktur nach der AO-Klassifikation mit begleitender distaler Ulnafraktur Typ Q4 nach der modifizierten Q-Klassifikation kam bei einer kombinierten Plattenversorgung nach primärer Versorgung mit einem Fixateur externe und Defektauffüllung mit PMMA vor.

Tabelle 26

Verteilung der unerwünschten Ereignisse nach Versorgungszeitpunkt und Plattenlage in den homogenen Gruppen												
Gruppe	A						B					
	einzeitig			zweizeitig			einzeitig			zweizeitig		
	palmar	dorsal	komb.	palmar	dorsal	komb.	palmar	dorsal	komb.	palmar	dorsal	komb.
Komplikation												
CRSS					1					1		
Adhäsion Sehne					1							
Fraktur MC II									1			
Nervenläsion						1			1			1
Materialversagen												1
Repositionsverlust/Redislokation					1		1			1*		
Pininfekt	1									1	1	
Wundheilungsstörung				1								
Ruptur EPL Sehne	1											
Summe	2			1	3	1	1		2	3	1	2

Anmerkung: * = Anlage eines gespaltenen Unterarmgipses, EPL = Extensor pollicis longus, Nervenläsionen = Läsionen des Ramus superficialis des Nervus radialis; CRSS = chronisch regionales Schmerzsyndrom

Die Anzahl der unerwünschten Ereignisse unterteilt nach der Plattenlage zeigte für die palmare Stabilisierung sieben, für die dorsale Stabilisierung vier und für die kombinierte osteosynthetische Versorgung fünf Fälle.

Läsionen des Ramus superficialis des N. radialis kamen bei kombinierten Zugängen und zweimal bei primärer Anlage eines Fixateur externe vor. Alle drei Pininfekte waren oberflächliche Infekte und traten nach palmarer Osteosynthese und gleichzeitiger Anlage eines Fixateurs externe auf. Nach Entfernen der Pins des Fixateur extern und antibiotischer Therapie verliefen die Infekte komplett rückläufig. Eine oberflächige Wundheilungsstörung konnte ebenfalls konservativ behandelt werden.

Das CRSS kann sowohl als frühe, als auch als späte Komplikation in Erscheinung treten (58). Die Häufigkeit liegt in der Literatur bei der konservativen Behandlung von acht Prozent bis zu 23 Prozent bei der Versorgung mit einem Fixateur externe (58). In unserer Studie trat das CRSS in beiden Fällen nach längerer Operationsdauer durch eine assistierte Arthroskopie des Handgelenkes auf. Ein Patient erhielt nach einem Hochrasanztrauma zur Stabilisierung seiner Typ III Fraktur nach Melone einen Fixateur externe und nach acht Tagen eine dorsale Plattenversorgung mit Defektauffüllung mittels Spongiosa. Bei der Arthroskopie wurde eine SL Band Läsion Grad 2° diagnostiziert. Der zweite Patient erlitt ein niederenergetisches Trauma mit osteoporotisch assoziierter Typ I Fraktur nach Melone. Als Erstversorgung wurde ein gespaltener Unterarmgips für acht Tage angelegt. Nach Abschwellung des Handgelenkes konnte arthroskopisch eine TFCC Läsion Grad 1A° mit begleitender SL-Band Läsion Grad 1-2° diagnostiziert und behandelt werden mit anschließender palmarer Stabilisierung durch eine winkelstabile Plattenosteosynthese.

Eine Ruptur der EPL Sehne ereignete sich drei Monate nach Stabilisierung einer Typ C3-Fraktur eines Hochrasanztraumas mit begleitendem traumatischem Abriss des Nervus ulnaris. Die Einteilung der Klassifikation nach Melone beschrieb eine Typ V Fraktur. Die Versorgung erfolgte primär durch eine palmare Plattenosteosynthese und Anlage eines Fixateurs externe. Zusätzlich wurde Chronos® zur Unterfütterung des Frakturdefektes eingebracht. Die Sehnenruptur konnte operativ in typischer Sehnennahttechnik versorgt werden. Eine Adhäsion der Strecksehnen über dem Handgelenk erlitt ein Patient nach dorsalem Zugang und Osteosynthese einer Typ C3 Fraktur nach der AO- und Typ IIb nach Melone. Nach seinem Hochrasanztrauma wurde der Patient zweizeitig mit primärer Stabilisierung durch einen Fixateur externe versorgt. Während der definitiven osteosynthetischen Stabilisierung kam zusätzlich Chronos® als Knocheninterponat zur Anwendung. Nach physiotherapeutisch nicht zu lösenden Bewegungseinschränkungen, musste sechs Monate nach der definitiven Versorgung eine Tenolyse der Strecksehnen mit Entfernung der dorsalen Formplatte und eine geschlossene Gelenkmobilisation durchgeführt werden.

Beide Patienten mit CRSS wiesen in ihrer Genese eine begleitende Arthroskopie und eine entsprechend längere Operationszeit auf.

Tabelle 27 untersucht, ob sich verschiedene Parameter als Einflussgrößen auf die Art und Häufigkeit von relevanten unerwünschten Ereignissen darstellen lassen. Es zeigt sich, dass Alter, Osteoporose, komplexe intraartikuläre Frakturen und arthroskopische Eingriffe den größten Einfluß auf die Häufigkeit der Komplikationen haben. In Tabelle 28 werden die Ergebnisse der Scores in Korrelation zu den unerwünschten Ereignissen im Behandlungsverlauf präsentiert.

Insgesamt war für keine der erfassten Komplikationen bei den Patienten eine klinische Relevanz festzustellen und in keinem der Fälle musste eine operative Revision vorgenommen werden. Sinterung und Nervenläsionen zeigten den größten Einfluß auf die Ergebnisse in den Scores.

Tabelle 27

Mögliche Einflüsse auf relevante Komplikationen					
	CRSS	Pininfekt	Materialversagen	Sinterung	N. rad. super.
einzeitig	-	1 x	-	1x	1x
zweizeitig	2 x ja	2 x	1x	2 x	2x
palmar	1 x	2 x	-	2 x	-
dorsal	1 x	1 x	-	1 x	-
kombiniert	-	-	1x	-	3x
Spongiosa	1 x	1 x	-	2 x	2 x
PMMA	-	1 x	1x	-	-
Keramik	-	-	-	-	-
Frakturtyp	2 x C2	C2; C3; A3	C2	3 x C2	C2; 2 x C3
Ulnafraktur	1 x Q1	1 x Q1, 1x Q5	Q4	-	2 x Q1
Arthroskopie	2 x ja	1x	nein	ja	2 x
Fixateur ext.	1 x ja	3 x	ja	1 x	2x
TFCC	1x nein; 1 x ja	nein	-	-	-
SL	2 x ja	nein	-	-	-
niederenerg.	1 x ja	2 x ja	ja	2 x	3 x
hochenerg.	1 x ja	1 x ja	-	1 x	-
Alter	52; 65	61; 70; 72	71	55; 69; 62	49; 63; 76
Osteoporose	1x nein; 1x ja	2 x ja	ja	2 x ja	2 x ja

Tabelle 28

Korrelation der Komplikationen auf die Ergebnisse der untersuchten Scores					
Score	G & W	Fkt Lid.	Rad. Lid.	Subj. Bewert.	DASH
Komplikation					
CRSS (2)	1x gut; 1x mäßig	2 x mäßig;	1 x sehr gut; 1 x gut	2 x mäßig	28,3; 38,5
Sinterung (3)	2 x gut; 1x schlecht	1 x sehr gut; 1 x gut; 1 x mäßig	1 x gut; 1 x schlecht; 1 x mäßig	2 x gut; 1 x schlecht	13,3; 21,6; 87,5
Instabilität DRUG (4)	3 x gut; 1 x mäßig	1 x sehr gut; 2 x gut; 1 x mäßig	1 x sehr gut; 3 x gut	1 x sehr gut; 3 x gut	3,3; 5; 12,5 und 25
Pininfekt (3)	1 x sehr gut; 2 x gut	2 x gut; 1 x mäßig	1 x sehr gut, gut, mäßig	2 x sehr gut; 1 x gut	2,5; 5,8; 3,3
Nerven (3)	2 x gut; 1 x mäßig	1x sehr gut, gut, mäßig	2 x mäßig; 1 x schlecht	1 x gut; 2 x mäßig	15,8; 63,3; 5,8
Adhäsion	gut	gut	sehr gut	sehr gut	6,6
Sehnenruptur	gut	gut	sehr gut	mäßig	19
Materialversagen	mäßig	gut	gut	gut	41,7

Anmerkungen zu Tabelle 27 und 28: G&W: Score n. Gartland und Werley, mod. n. Sarmiento, Fkt Lid. = funktioneller Lidström, Rad. Lid. = radiologischer Lidström, subj. Bewert. = subjektive Bewertung; niederenerg. = niederenergetisches Trauma, hochenerg. = Hochrasanztrauma;

3.5 Darstellung der schlechten Ergebnisse

Im Folgenden werden die mit „schlecht“ bewerteten Ergebnisse aus den einzelnen Scores und die höchsten absoluten DASH-Punktwerte untersucht. Dazu dient die Synopsis (Tabelle 29) der Ergebnisse in den Scores beider Gruppen und die Häufigkeit der aufgetretenen Komplikationen. In beiden Gruppen wird eine Unterteilung nach der Versorgungsart (einzeitig und zweizeitig) getroffen. Eine Darstellung der radiologischen Parameter und der Bewegungsausmaße findet in den Tabellen 30 und 31 statt.

Tabelle 29

	Gruppe A		Gruppe B	
Versorgungsart	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig
Scores/Anzahl	N = 8	N = 20	N = 17	N = 16
Gartland & Werley				
Sehr gut	3	5	5	6
Gut	3	11	10	6
mäßig	2	4	2	3
schlecht	-	-	-	1
Funktioneller Lidström				
Sehr gut	2	4	5	5
gut	4	12	11	5
mäßig	2	3	1	6
schlecht	-	1	-	-
Radiologischer Lidström				
Sehr gut	5	12	9	6
gut	2	6	6	5
mäßig	1	2	2	4
schlecht	-	-	1	1
Absoluter DASH-Score	13,4	14,1	16,3	24,5
Subjektive Bewertung				
Sehr gut	1	3	1	5
gut	2	11	15	5
mäßig	4	4	1	5
schlecht	1	2	-	1
Komplikationen				
CRSS	-	1	-	1
Sinterung	-	1	1	1
Ramus superficialis	-	1	1	1
Pininfekte	1	-	-	2
Wundheilung	-	1	-	-
EPL Ruptur	1	-	-	-
Materialversagen	-	-	-	1
DRUG	-	1	-	3
Adhäsion	-	1	-	-
Fraktur Metakarpale II	-	-	1	-

Die Tabelle 30 zeigt die Ergebnisse der radiologischen Parameter mit den Mittelwerten, der Standardabweichung und dem Median in den beiden Gruppen. Die Referenzwerte sind der Literatur entnommen (87, 152).

Tabelle 30

Parameter	Norm	Gruppe A	Median	Gruppe B	Median
Radiusbasiswinkel	21° (20 – 25°)	Ø 22,1° ± 3,1°	22°	Ø 23,3° ± 4,7°	22°
Dorsopalmarer Neigungswinkel	11° (10 – 15°)	Ø 3,5 ± 7,6°	6°	Ø 0,8° ± 8,9°	0°
Ulna-vorschub in mm	-	Ø 0 ± 1,5	0	Ø 0,5 ± 2	0
Intraartikuläre Diasthase > 2 mm	-	-	-	3 Patienten	-
Radialer Shift in mm	-	Ø 0,6 ± 1,4	0	Ø 0,4 ± 0,8	0
Intraartikuläre Stufe > 2 mm	-	1 Patient	-	2 Patienten	-

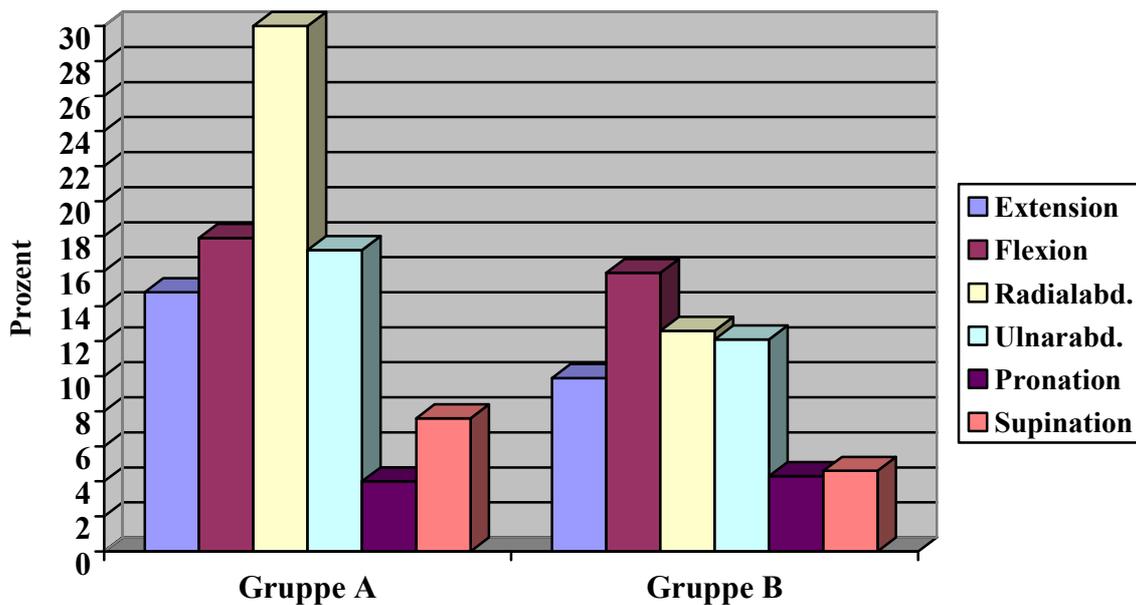
Tabelle 31 zeigt die arithmetischen Mittelwerte ± der Standardabweichung der Bewegungsausmaße der betroffenen Seite beider Gruppen. Zur Veranschaulichung werden die Verluste der Handgelenksbeweglichkeit im Vergleich zur Gegenseite in Prozent dargestellt.

Tabelle 31

Parameter	Norm	Gruppe A		Gruppe B	
		Ø ± SD in Grad	Differenz Gegenseite	Ø ± SD in Grad	Differenz Gegenseite
Extension	35-60	59,4 ± 16,8	14,8 %	55,9 ± 13,7	9,9 %
Flexion	50-60	57,2 ± 13,6	17,9 %	52,8 ± 12,5	15,9 %
Radialdeviation	20-30	21,7 ± 10,3	30 %	21,5 ± 7,3	12,6 %
Ulnardeviation	30-40	36,5 ± 11,3	17,2 %	32,4 ± 7,7	12,1 %
Pronation	80-90	85,3 ± 11,4	4 %	84,3 ± 9,5	4,3 %
Supination	80-90	81,7 ± 5,4	7,6 %	84 ± 9,8	4,6 %
Faustschluß in % zur Gegenseite		100		100	

Abbildung 11 präsentiert die durchschnittliche prozentuale Einschränkung der Beweglichkeit im Handgelenk mit den Daten aus Tabelle 31. In Gruppe A fällt die Minderung der Radialdeviation um 30 Prozent im Vergleich zur unverletzten Seite auf.

Abbildung 11



Von drei Patienten mit der Benotung „schlecht“ in Gruppe A erlitt ein Patient nach einem Hochrasanztrauma eine Typ C2-Fraktur nach der AO- und eine Typ IIb nach der Melone Klassifikation ohne Begleitverletzung oder Komplikation. Der Patient wurde primär palmar osteosynthetisch versorgt mit gleichzeitiger Stabilisierung durch einen Fixateur externe. Der DASH Punktwert betrug 29,2 und der radiologische Score nach Lidström zeigte ein „gut“ bei einem negativen dorsopalmaren Winkel von minus 8° Grad und einer Ulna-Plus-Varianz von 3 mm. Die Einstufung nach dem Score von Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento ergab wie der funktionelle Score nach Lidström ein „mäßig“ in der Bewertung. In der subjektiven Bewertung beschrieb der Patient ein „schlecht“ als Resultat. Auf seinen Wunsch erfolgte sechsundzwanzig Monate postoperativ eine Materialentfernung auswärts. Die beiden anderen Patienten erlitten ebenfalls ein Hochrasanztraumen mit Typ C2-Fraktur nach der AO und Typ V- bzw. IIb-Fraktur nach der Melone Klassifikation. Beide wurden zweizeitig mit dorsaler Plattenlage und Spongiosa versorgt. Arthroskopisch wiesen beide eine Begleitverletzung mit Läsion des TFCC-Komplexes gemäß der Klassifikation nach Palmer von Grad 1a° und Grad 1d° auf. Der Patient mit der Typ V Fraktur nach Melone hatte einen DASH-Punktwert von 55,8 und der Patient mit der Typ IIb Fraktur einen von 38,3 Punkten. Beim radiologischen Score nach Lidström zeigten beide Patienten ein „sehr gut“ und nach dem Score von Gartland und Werley ein „mäßig“. Beim funktionellen Score nach Lidström hatten beide die Bewertung „schlecht“.

In Gruppe B hatten zwei Patienten nach niederenergetischen Traumen beim radiologischen Score nach Lidström das Ergebnis „schlecht“. Es handelte sich um einen Patient mit einzeitig versorgter Typ C2-Fraktur nach der AO- und Typ III-Fraktur nach der Melone Klassifikation mit begleitenden Ulnafraktur TypV nach der modifizierten Q-Klassifikation und um einen Patienten nach zweizeitig versorgter Typ C3-Fraktur gemäß der AO- und Typ IIb-Fraktur gemäß der Melone Klassifikation. Der einzeitig versorgte Patient mit der Typ C2-Fraktur wies postoperativ eine Sinterung der Fraktur auf. Die gemessenen radiologischen Parameter zum Untersuchungszeitpunkt zeigten eine Ulnavarianz von minus zwei Millimetern, der dorsopalmarer Winkel lag bei minus 20° Grad. Der Böhlerwinkel beschrieb mit 22° Grad einen Normwert. Hinsichtlich der Bewertung in den weiteren Scores zeigte sich sowohl im

funktionellen Score nach Lidström, der subjektiven Bewertung und dem Score nach Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento ein „gut“. Der absolute Punktwert des DASH-Scores betrug 21,6 Punkte. Der zweite Patient mit der Typ C3-Fraktur wurde primär mit einem Fixateur extern stabilisiert und sechs Tage nach Erstbehandlung zunächst arthroskopiert. Anschließend erfolgte sekundär eine Versorgung mit einer kombinierten Plattenosteosynthese und Spongiosa zur Defektauffüllung. Durch die Anlage des Fixateurs externe erlitt der Patient eine Läsion des Ramus superficialis des Nervus radialis. Eine durchgeführte Arthroskopie zeigte weder ligamentäre oder ossäre Begleitverletzungen. Zum Untersuchungszeitpunkt beschrieben die radiologischen Parameter eine Ulnavarianz von plus zwei Millimetern, einen dorsopalmaren Winkel von minus 17° Grad und einen Böhlerwinkel von 12° Grad. Bei der Erhebung des funktionellen Scores nach Lidström, Gartland und Werley und der subjektiven Benotung ergab sich ein „mäßig“ in allen Resultaten. Der absolute DASH-Punktwert bei diesem Patienten lag bei 63,3 Punkten.

Ein Patient aus Gruppe B wies nach zweizeitig versorgter distaler Radiusfraktur im Score nach Gartland und Werley und der subjektiven Bewertung ein „schlecht“ auf. Er erlitt im Urlaub ein Hochrasanztrauma mit Typ C2-Fraktur nach der AO- und Typ IIa-Fraktur nach der Melone Klassifikation und wurde auswärts primär konservativ mit einer Oberarmgipsschiene versehen. Als Vorverletzung bestand eine vor 38 Jahren konservativ behandelte distale Radiusfraktur. Sechzehn Tage nach der Erstversorgung wurde eine palmare Plattenosteosynthese mit Unterfütterung durch Spongiosa vorgenommen. Zum Untersuchungszeitpunkt zeigte sich radiologisch eine Sinterung der Fraktur mit einer intraartikulären Diasthase von mehr als zwei Millimetern, eine intraartikuläre Stufe größer als zwei Millimeter sowie eine Ulnavarianz von plus sechs und ein radialer Shift von vier Millimetern. Der dorsopalmare Winkel betrug minus 3° Grad und der Böhlerwinkel 31° Grad. Neben einem „schlecht“ beim Score nach Gartland und Werley ergab sich im radiologischen und funktionellen Score nach Lidström ein „mäßig“ in der Wertung. Der DASH-Punktwert beschrieb mit 87,5 Punkten den höchsten Wert dieser Studie.

Insgesamt wiesen innerhalb der relevanten Begleitverletzungen lediglich Läsionen des TFCC Komplexes ein „schlecht“ auf. Einmal im funktionellen Score nach Lidström und zweimal bei der subjektiven Bewertung bei insgesamt zwei Patienten aus der Gruppe der zweizeitig versorgten Patienten aus Gruppe A.

In beiden Gruppen fand sich als Komplikation ein chronisch regionales Schmerzsyndrom nach zweizeitig und arthroskopisch assistierter distaler Radiusfraktur. Dies führte jedoch zu keiner wesentlichen Beeinflussung bei der Bewertung in den einzelnen Scores. Lediglich der absolute DASH-Score lag mit 28,3 und 38,5 Punkten über dem Durchschnitt der jeweiligen Gruppen.

Eine Inzidenz der Instabilitäten des DRUG bezüglich eines Frakturtypes konnte nicht aufgezeigt werden, wohl eine Affinität zu Frakturen der distalen Ulna. Eine eindeutige Zuordnung zu einem Typ nach der modifizierten Q-Klassifikation lies sich nicht bestimmen. Insgesamt hatten die Instabilitäten keinen wesentlichen Einfluß auf die Ergebnisse. Ein Patient zeigte einen absoluten DASH-Punktwert von 25 Punkten ein anderer einen DASH Score von 12,5 Punkten. Beide Patienten gehörten zur Gruppe B und beschrieben ein „mäßig“ im Score nach Gartland und Werley und beim funktionellen Score nach Lidström.

3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

3.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Gruppe A und B

Alle relevanten Parameter aus den Gruppen A und B sind in Tabelle 32 zusammengefasst. Die Parameter werden als arithmetischer Mittelwert \pm der Standardabweichung beschrieben, die Bewegungsausmaße der verletzten Seite abgebildet und von den verschiedenen Scores nur die guten und sehr guten Ergebnisse dargestellt. Der DASH-Score repräsentiert die durchschnittlichen absoluten Zahlen der gesamten Gruppe. Die Komplikationen sind gruppenspezifisch in der Häufigkeit ihres Vorkommens aufgelistet.

Tabelle 32

	Gruppe A	Gruppe B
	N = 28	N = 33
Parameter		
Radiusbasiswinkel (Grad)	22,1° \pm 3,1	23,3° \pm 4,7
dorsopalmarer Neigungswinkel (Grad)	3,5° \pm 7,6	0,8° \pm 8,9
Intraartikuläre Stufe < 2 mm (Häufigkeit)	1	2
Extension / Flexion (in Grad)	59,4° \pm 16,8 57,5° \pm 13,6	55,9° \pm 13,7 52,8° \pm 12,5
Radial / Ulnardeviation (in Grad)	21,7° \pm 10,3 36,5° \pm 11,3	21,5° \pm 7,3 32,4° \pm 7,7
Pronation / Supination (in Grad)	85,3° \pm 11,4 81,7° \pm 5,4	84,3° \pm 9,5 84° \pm 9,8
Kraftminderung (in % d. Gegenseite)	19,4 %	37,2 %
DASH-Score (absoluter Punktwert)	13,9	20,3
Radiologischer Lidström – „sehr gut bis gut“	25	25
Funktioneller Lidström – „sehr gut bis gut“	22	26
Gartland und Werley – „sehr gut bis gut“	22	26
Subjektive Bewertung – „sehr gut bis gut“	18	26
Distale Ulnafrakturen (Häufigkeit)	18	22
TFCC Läsionen (Häufigkeit)	10	7
SL Läsionen (Häufigkeit)	8	6
Komplikationen (Häufigkeit)	8	12

Die Rate der guten bis sehr guten Ergebnisse in Gruppe A beim funktionellen und radiologischen Scores nach Lidström lag bei 22 und 25 Patienten. Beim Score von Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento erzielte in die Wertung ebenfalls 22 gute bis sehr gute Resultate. Die Häufigkeit der „schlechten“ Ergebnisse kam beim funktionellen Score nach Lidström einmal und bei der subjektiven Bewertung dreimal bei insgesamt drei Patienten der Gruppe A vor. Der durchschnittliche absolute DASH-Score zählte 13,9 Punkte.

In Gruppe B zeigten sich 25 sehr gute und gute Ergebnisse beim radiologischen und 26 beim funktionellen Score nach Lidström, 26 beim Score nach Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento sowie 26 bei der subjektiven Bewertung. Insgesamt schnitten beim radiologischen Score nach Lidström zwei Patienten mit einem „schlecht“ in der Benotung ab und im Score nach Gartland und Werley sowie in der subjektiven Bewertung ein Patient.

Damit wiesen 3 Patienten aus der Gruppe B ein „schlecht“ in den Beurteilungen auf. Der durchschnittliche DASH-Score lag bei 20,3 Punkten.

3.6.2 Zusammenfassung der ausgeschlossenen Typ A3-Frakturen

Sieben Patienten mit Typ A3-Frakturen und ein Patient mit primär konservativ behandelter Typ A2-Fraktur nach der AO Klassifikation sind bei fehlender Osteoporose nicht in Gruppe B erfaßt worden. Aufgrund des Behandlungsalgorithmus wurden die Patienten jedoch ebenfalls mit winkelstabilen 2, 4 mm Formplatten versorgt. Das durchschnittliche Alter dieser Gruppe betrug 56 Jahre. Alle Patienten erlitten ein niederenergetisches Trauma, fünf konnten einzeitig und drei zweizeitig versorgt werden. Der Zugang wurde sechsmal von palmar, und einmal von dorsal und einmal kombiniert gewählt. Es kam einmal Keramik, PMMA und Spongiosa zur Unterfütterung und zusätzlichen Stabilisierung zum Einsatz. Als Komplikation ereigneten sich im Behandlungsverlauf ein beginnendes CTS bei unzureichender Spaltung des Retinakulum, ein chronisch regionales Schmerzsyndrom bei Typ A2-Fraktur nach Versagen konservativer Immobilisation und nachfolgender Korrekturosteotomie und eine Sinterung bei einer Typ A3 Fraktur trotz Defektauffüllung mit Keramik. Trotz der Beeinträchtigung durch die Komplikationen zeigte der Patient mit dem CTS einen absoluten DASH-Punktwert von 1,5 Punkten, der Patient nach dem CRSS 3,3 Punkte und der Patient mit der Sinterung 30 Punkte. Als relevante Begleitverletzungen führten eine Läsion des TFCC Komplexes zu einem absoluten DASH-Punktwert von 15 Punkten und eine SL-Band Verletzung Grad 2° nach Palmer zu einem DASH-Score von 45,8 Punkten. Die Resultate zeigten beim radiologischen Score nach Lidström acht gute bis sehr gute Ergebnisse, sieben in der subjektiven Bewertung und sechs sowohl im funktionellen Score nach Lidström als auch im Score nach Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento. Der durchschnittliche DASH-Score dieser Gruppe betrug 15,1 Punkte.

3.6.3 Zusammenfassung der Komplikationen

Die Rate der unerwünschten Ereignisse im Behandlungsverlauf beider homogenen Gruppen lag in Gruppe A bei acht (28,5 Prozent) und in Gruppe B bei zwölf Ereignissen (36,3 Prozent). Auffällig war die Häufigkeit der Komplikationen in den arthroskopisch assistierten Gruppen mit sechs unerwünschten Ereignissen (35,2 Prozent) in Gruppe A und vier (57,1 Prozent) in Gruppe B. Beide arthroskopisch assistierten Gruppen lagen damit höher in der Komplikationsrate als in beiden Gruppen ohne begleitende Arthroskopie. Hier betrug die Rate in Gruppe A neun Prozent und neunzehn Prozent in Gruppe B. Hinsichtlich der gewählten Zugänge traten sieben Komplikationen nach palmar, vier nach dorsal und fünf nach kombinierten Eingriffen auf. Prozentual war damit die Rate bei den kombinierten Zugängen mit 55 Prozent die höchste dieser Studie.

Bei den Patienten mit Erstversorgung durch einen Fixateur externe war die Rate der Komplikationen höher als bei den Patienten ohne Fixateur externe in beiden Gruppen. Vor allem das Auftreten des chronisch regionalen Schmerzsyndroms konnte als Folge der zweizeitigen Versorgung mit primärer Stabilisierung durch einen Fixateur externe und begleitender Arthroskopie identifiziert werden. Auch die Läsionen des Ramus superficialis des N. radialis kamen als Folge kombinierter Zugänge nach Anlage eines Fixateur extern vor. Von drei Infekten wurden zwei als Pininfekte nach Anlage eines Fixateurs extern dokumentiert.

Die Repositionsverluste ereigneten sich trotz Knocheninterponat bei drei Patienten mit palmarem und einen nach dorsalem Zugang für die Plattenosteosynthese.

Instabilitäten am distalen Radioulnargelenk korrelierten zwar mit einer begleitenden distalen Ulnafraktur, eine Zuordnung zu einem bestimmten Frakturtyp nach der modifizierten Q-Klassifikation konnte aber nicht bestimmt werden. Eine relevante Auswirkung auf die Bewertung in den einzelnen Scores ergab sich nicht, der niedrigste absolute DASH-Score lag bei 3,3 Punkten, der höchste bei 25 Punkten.

Eine Auswirkung der Komplikationen auf die Resultate in den einzelnen Scores zeigte sich mit der Benotung „schlecht“ bei zwei Patienten mit Sinterung im Score nach Gartland und Werley sowie in der subjektiven Bewertung mit dem höchsten DASH Punktwert von 87,5 Punkten und mit einem „schlecht“ im radiologischen Score nach Lidström mit 21,6 Punkten. Bei einem Patienten mit einer Läsion des Ramus superficialis des Nervus radialis war die Benotung mit „schlecht“ im radiologischen Score nach Lidström bei gleichzeitig negativen dorsopalmaren Winkel von minus 17° Grad und 80 Prozent Kraftverlust der verletzten Seite im Vergleich zur Gegenseite zurückzuführen. Der absolute DASH-Punktwert bei diesem Patienten beschrieb mit 63,3 Punkten den zweithöchsten der Studie. Weder die Patienten mit dem CRSS noch der Patient mit Materialversagen zeigte mit den DASH-Scores von 28,3, 38,5 und 41,7 Punkten ein „schlecht“ in den jeweiligen Scores. Die Notwendigkeit zur operativen Revision wurde von keiner Komplikation erfüllt.

3.6.4 Zusammenfassung wichtiger Befunde

Eine Häufung „schlechter“ Resultate kam bei den Patienten in Gruppe A, die ein Hochrasanztrauma erlitten. In Gruppe B lag den „schlechten“ Resultaten bei allen Patienten eine Sinterung der Fraktur oder ein Repositionsverlust mit wesentlicher Änderung der anatomischen Winkel im Vergleich zur Norm zugrunde. Die höchsten DASH-Scores in Gruppe B erzielten ein Patient mit einer TFCC Läsion und ein Patient mit einer Sinterung. Trotz der relativ hohen Punktzahl hatte kein Patient ein „schlecht“ im Ergebnis in den einzelnen Scores vorzuweisen.

Die Resultate in den einzelnen Scores bei verschiedenen Versorgungsarten zeigten für die zweizeitig versorgten DRF mit einem absoluten DASH Punktwert von 14,7 Punkten zu 19,1 Punkten bei den einzeitig versorgten DRF tendenziell eine zufriedenerere Versorgung, die sich auch im radiologischen Score nach Lidström widerspiegelt. Beim Vergleich der Resultate nach der Plattenlage ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede in den einzelnen Scores bei den palmaren oder dorsalen Zugängen. Lediglich im DASH-Score schnitten die dorsalen Zugänge mit einem Punktwert von 15,6 zu 17,6 Punkten bei der palmaren Versorgung besser ab. Die kombinierten Zugänge zeigten in allen Scores im Vergleich die schlechteren Resultate.

Die Rate der Komplikationen war bei den zweizeitig versorgten Patienten mit primärer Stabilisierung durch einen Fixateur externe und anschließender begleitender Arthroskopie und palmarer Plattenosteosynthese bei den intraartikulären distalen Radiusfrakturen mit Osteoporose und einem Alter größer als 60 Jahren am höchsten. Der Repositionsverlust trat bei der palmaren Plattenosteosynthese mit gleichzeitiger Defektaufüllung durch Spongiosa am häufigsten auf. Die höchste Zugangsmorbidität zeigte der kombinierte Zugang mit gleichzeitiger Anlage eines Fixateurs extern.

Die unerwünschten Ereignisse mit den größten Auswirkungen auf die einzelnen Scores stellen die Sinterung und der Repositionsverlust dar. Mit Zunahme des Verletzungsausmaßes ist bei einer distalen Radiusfraktur mit einer Begleitverletzung a priori ein durchschnittlich höherer absoluter DASH Punktwert zu erwarten. In dieser Studie wiesen innerhalb der Begleitverletzungen tendenziell Läsionen des TFCC Komplexes höhere absolute DASH-Scores auf als vergleichsweise die ligamentären, karpalen und ulnaren Verletzungen. Die geringste Auswirkung auf die radiologischen Scores nach Lidström zeigten die ligamentären Verletzungen.

3.6.5 Zusammenfassung der Risikofaktoren

Trotz der geringen Fallzahlen und damit fehlender statistischen Relevanz konnten neben dem Einfluß von Begleitverletzungen und Komplikationen Risikofaktoren im Hinblick zur Häufigkeit schlechter Ergebnisse in den Scores aufgezeigt werden.

Die Hochrasanztraumen zeigten in den untersuchten Scores überdurchschnittlich häufig ein „schlecht“ in den Bewertungen. So korrelierten in Gruppe A alle und in Gruppe B ein Drittel mit einem Hochrasanztrauma und einem schlechten Resultat in den einzelnen Scores. Es zeigte sich eine prozentual höhere Häufigkeit von Hochrasanztraumen bei den jüngeren Patienten und die prozentuale höhere Sturzhäufigkeit bei älteren Patienten. Außerdem ist das Alter der Patienten ist für ein vermehrtes Auftreten schlechter Ergebnisse verantwortlich. Tendenziell zeigten Patienten unter 60 Jahre im Vergleich günstigere Ergebnisse als Patienten über 60 Jahre. Die Rate der Komplikationen lag bei den über 60 jährigen Patienten höher.

Bei der Frage nach dem Vorhandensein von Einflussgrößen auf die Häufigkeit relevanter Begleitverletzungen oder unerwünschter relevanter Ereignisse kann der «Odds Ratio» in einer Vergleichsstudie als ein Maß für die Assoziation zwischen einer Exposition oder Intervention (einer Behandlung) und einem Ereignis (der Komplikation) definiert werden.

Es wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Begleitverletzungen und Frakturtypen nach der AO- Klassifikation existiert. Die Faktor-Variable mit der Ausprägung ja bezeichnet die intraartikulären und die Ausprägung nein die extraartikulären Frakturen. Die Ereignis-Variable ja beschreibt das Vorhandensein der oben genannten Begleitverletzungen und nein keine Begleitverletzungen. Der Odds Ratio beinhaltet dann die relativen Chancen für das Ereignis bei Vorhandensein des Faktors im Vergleich zum Nichtvorhandensein des Faktors. Die Anzahl N ist in diesem Fall $N = 81$ Patienten, da alle Patienten primär bis zur 6. Woche post operativ erfasst wurden. Die Chancen «Odds» für das Vorhandensein von Begleitverletzungen im Verhältnis zu keinen Begleitverletzungen in Gruppe A beträgt 0,735 und die «Odds» Begleitverletzungen (im Verhältnis zu keinen Begleitverletzungen) in Gruppe B ergibt 0,1. Die «Odds Ratio» zählt somit 7,35, d.h. die relative Chance einer Begleitverletzung ist für intraartikulären Frakturen 7,3 fach höher als für extraartikulären Frakturen.

Die «Odds» der unterschiedlichen Zugangswege werden bezüglich des Auftretens von Komplikation verglichen. Es zeigt sich, dass das Risiko für eine Komplikation bei den kombinierten Zugängen 4,2 fach größer ist als bei den palmaren und bei den dorsalen Zugängen 1,2 fach größer ist als bei den palmar versorgten distalen Radiusfrakturen.

Resümierend haben in dieser Studie folgende Faktoren einen negativen Einfluss auf die Resultate (bei relativ guten Werten in den Scores): die Hochrasanztraumen, ein Alter über 60 Jahre und eine dislozierte intraartikuläre Frakturen mit osteoporotischer Knochenqualität.

IV Diskussion

4.1 Kritische Anmerkung zum Studiendesign

4.1.1 Einflussfaktoren auf die Methodik

Neben den Meßungenauigkeiten bei der Bewertung des Frakturtyps und dem quantitativem Ausmaß der Osteoporose und Auswertung der radiologischen Ergebnisse ist auch eine patienten- und untersucherabhängige Subjektivität bei der Erhebung aller Ergebnisse zu beachten. Dazu kommen verletzungsspezifische Faktoren wie bestimmte Komplikationen oder Begleitverletzungen, die eine spezielle zusätzliche Behandlung erfordern. Außerdem führen unterschiedliche Begleitbehandlungen oder voreingenommene Beobachtung zu einem Verfälschen der Vergleichbarkeit der Gruppen mit Minderung der internen Validität, die auch durch eine Randomisierung nicht zu bewältigen wäre. Zumindest die letztgenannten Faktoren würden auch mit einer Verblindung nicht zu einer Entzerrung der beeinflussten Ergebnisse führen. Da aber eine Studie allgemein gültig sein soll, um die Studienergebnisse auf möglichst viele unterschiedliche spätere Nutzer übertragen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Homogenität der untersuchten Gruppen geringer und der Nutzerkreis der Therapie in der Studie vollständiger abgebildet ist (151).

4.1.1.1 Art der Gruppenbildung

Die prospektiv angelegte Kohortenstudie beinhaltet neunundsechzig Patienten, die mit dem vorgestellten Instrument der Ein- und Ausschlusskriterien dieser Studie als relativ homogene Population definiert werden konnte. Die weitere Unterteilung erfolgte durch die Kriterien der Frakturklassifikation und dem Merkmal der Osteoporose. Entsprechend sind in der Gruppe A alle Patienten mit einer dislozierten Typ C-Fraktur und in Gruppe B alle Patienten mit osteoporotisch assoziierten Typ A3- und Typ C-Frakturen gemäß der AO-Klassifikation zusammengefaßt. Durch die unterschiedlichen Ausmaße der Fragmentdislokation und der subjektiven Beurteilung des Ausmaßes der Osteoporose war nur eine grobe Gruppenbildung möglich und beeinflusste, in welche Gruppe die Patienten eingeschlossen wurden. Daher stellt eine nicht ausreichend valide Beurteilung und Klassifikation für die Einteilung ein erstes Problem dar, auf das bereits in Kapitel 1.4 mit der systembedingten Fehlerquote durch eine Fehlklassifikation (16) eingegangen wird. Als Lösung würde sich anbieten, mit Hilfe eines Computertomogrammes die Frakturklassifikation und das Ausmaß der Osteoporose valide zu bestimmen. Aus logistischen und ökonomischen Gründen war dies jedoch nur bestimmten Fragestellungen vorbehalten. Um entsprechend die Meßungenauigkeiten möglichst gering zu halten, wurden die Röntgenbilder lediglich von einem Observer ausgewertet und anhand des operativen Befundes gegebenenfalls korrigiert. Der Ausschluß eines Observerfehlers konnte damit aber nicht gewährleistet werden.

Weiter zeigte sich in beiden Gruppen A und B eine Differenzierung nach verschiedenen Merkmalen wie beispielsweise das Vorhandensein relevanter Begleitverletzungen, unterschiedlichem Versorgungszeitpunkt, operativem Zugang und Knochenersatzmaterialien. Dazu kam eine nicht durchgeführte Unterteilung in bezug zum Unfallmechanismus und Alter zum Verletzungszeitpunkt innerhalb beider Gruppen. Jedoch ist die Identifikation von Untergruppen, bei denen eine Therapie besonders effektiv oder nutzlos ist, genauso wichtig wie die Identifikation von Patienten mit einem besonderen Risiko (151). Um den möglichen Einfluß der Faktoren zu isolieren, wurde jede dieser Untergruppen innerhalb der beiden Hauptgruppen auch als eigenständige Population untersucht und bewertet. So sollten Störfaktoren isoliert

und Beobachtungsbefunde letztendlich auf nur eine Weise erklärt werden. Eine Sicherung der internen Validität erfolgte dann durch den Ausschluß plausibler konkurrierender Erklärungen in den Beobachtungsbefunden. Eine hohe interne Validität konnte so trotz fehlender Randomisierung durch Interpretation der Störgrößen in der Befunderhebung zu einer Evidence und Effektivität mit entsprechend hoher externer Validität führen (7).

4.1.1.2 Loss of Follow up

Eine Größe, die in jeder Studie zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann, ist die Anzahl der Patienten, die nicht erfasst werden konnten. In dieser Studie betrug die Zahl der Patienten, die nicht nachuntersucht wurden für die Gesamtmenge aller Patienten 14,8 Prozent. Bezogen auf Gruppe A waren es 11,8 Prozent und bei Gruppe B 21,2 Prozent. Alle Patienten wurden bis zur sechsten postoperativen Woche regelmäßig in die Sprechstunde einbestellt und nach Abschluss fachchirurgisch ambulant weiterbehandelt. Vorgesehen waren Kontrollen sechs, zwölf und vierundzwanzig Monate nach der Operation. Diese Vorgabe konnte wegen verkehrstechnischer, altersbedingter oder anderer nicht bekannter Gründe nicht von allen Patienten erfüllt werden. Gerade älteren Patienten war es durch die begrenzte ländliche Infrastruktur kaum möglich, eigenständig die mehrfachen Kontrollen wahrzunehmen. Patienten, die als Tourist im nahe gelegten Erholungsgebiet verunglückten, zeigten wenig Bereitschaft, an der Studie teilzunehmen. Zwei betagte Patienten verstarben zwischenzeitlich, zwei weitere Patienten konnten bei fortgeschrittener Demenz nicht mehr befragt werden.

4.1.1.3 Modus der Nachuntersuchung

Da eine Präsentation der Ergebnisse zu definierten Zeitpunkten (sechs Wochen, sechs, zwölf und vierundzwanzig Monate postoperativ) nicht möglich war, wurde ein Mindestzeitpunkt zur Nachuntersuchung von zwölf Monaten bestimmt. Doch bleibt der Zeitraum der Nachuntersuchung zu kurz, um konstante subjektive und objektive Ergebnisse zu repräsentieren. Ab wann subjektive und objektive Ergebnisse konstant bleiben, wird in der Literatur kontrovers diskutiert (101). So ist beispielsweise der Einfluß der intraartikulären Fraktur selbst nach anatomischer Rekonstruktion auf die Knorpelschicht und die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose nicht endgültig geklärt und bedarf weiterer intensiver Forschung (135). Zur Beurteilung anatomischer Abweichungen wäre idealerweise beim Röntgen eine Vergleichsaufnahme der kontralateralen Seite miteinzubeziehen. Aus Gründen der Ökonomie und der Strahlenbelastung wurde eine beidseitige Röntgendiagnostik nur bei Verdacht auf eine Ulnavarianz durchgeführt. Da die Häufigkeit der Ulnavarianz in der Literatur (45) abhängig vom Lebensalter angegeben wird, ist bei der vorliegenden Population von einer entsprechend hohen Repräsentation auszugehen. Der Einfluss der visuellen Meßungenauigkeit und Subjektivität bei der Bestimmung der prä- und postoperativen Arthrosegrade nach Knirk und Jupiter (57) sowie der radiologischen Untersuchungsparameter sollte durch den Einsatz eines Observers reduziert werden.

Auch die Bestimmung der Untersuchungsparameter und der Scores wurde von nur einem Observer durchgeführt, um so die Untersucherabhängigkeit zu minimieren. Das Problem der Selektivität und Patientenabhängigkeit in den Scores konnte durch die Auswahl verschiedener Scores reduziert werden. Gleichfalls war es möglich, damit wesentliche Merkmale aus den Gruppen zu erfassen.

Innerhalb der Scores bleibt die „subjektive Bewertung“ hinsichtlich Validität, Sensitivität und Spezifität kritisch zu hinterfragen. Dennoch wurde sie in die Erfassung der Resultate miteinbezogen, um eine ausschließlich persönliche Einschätzung des Patienten zu ermöglichen. Ein Aspekt, der bisher in der Literatur wenig Beachtung gefunden hat, ist der Einfluss der dominanten Hand bei der subjektiven Bewertung (4).

4.1.2 Statistik

Ob mehrere Messreihen voneinander signifikant verschiedene Ergebnisse repräsentieren oder ob unterschiedliche Mittelwerte lediglich aufgrund der Zufallstreuung, also aufgrund von Fehlern unterschiedliche Werte annehmen, kann mit Hilfe der Statistik geprüft werden. Dafür werden aus verschiedenen Reihen Mittelwerte im Verhältnis zur Standardabweichung (die als gleich vorausgesetzt werden) gegenübergestellt. Zum Vergleich dieser Messreihen wird der t-Test verwendet. Das Ziel des Vergleichs liegt in der Überprüfung, wie weit ein Mittelwert X_a von X_b entfernt ist. Je größer der Abstand zwischen zwei Mittelwerten ist, desto weniger Patientendaten sind zur Absicherung einer Aussage erforderlich. Bei erwartetem geringem Abstand muss die Zahl der Messwerte drastisch erhöht werden, um eine signifikante Aussage zu erhalten. Die Möglichkeit, tatsächlich vorhandene Unterschiede statistisch signifikant nachzuweisen, erfolgt durch die statistische Trennschärfe und kann nur durch eine ausreichend große Stichprobe sichergestellt werden (1). Dies war mit der geringen Fallzahl in den untersuchten Gruppen und in den beiden als homogen definierten Populationen nicht möglich, zusätzlich lagen keine Referenzpopulationen für beide Gruppen vor. Daher wurde statt eines parametrischen Tests ein «Odds Ratio» durchgeführt. Dieser kommt häufig in Fall-Kontroll-Studien und Metaanalysen zur Anwendung und ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen einer Faktorvariablen und dem Eintreten eines Ereignisses.

4.1.3 Evidenz

Die Bezeichnung Evidenz steht für Informationen aus wissenschaftlichen Studien, die einen Sachverhalt erhärten oder widerlegen sollen. Die Qualität der Evidenz hängt wesentlich von der methodischen Güte der zugrunde liegenden Studien ab und wird hierarchisch in Stufen eingeteilt (Abb. 12).

Evidence Based Medicine (EbM) bedeutet die kritische Auseinandersetzung mit den Resultaten klinischer Forschung und hat die Zusammenführung individueller klinischer Erfahrung mit der bestmöglichen Evidenz aus der klinischen Forschung zum Ziel. Sackett et al. (122) definieren EbM als eine „gewissenhafte, klare und wohlüberlegte Nutzung der besten verfügbaren wissenschaftlichen Beweise bei der Entscheidung zur Behandlung des einzelnen Patienten“.

Ob eine Evidenzbasierung als Maßstab zur Beurteilung der Versorgungsqualität ausreicht, wird in der Literatur kontrovers diskutiert (59). Neben der Notwendigkeit systematischer und wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse ist auch ein Verstehen verschiedener Einflüsse auf das Gesamtergebnis zu eruieren, da dieses maßgeblich von der Lebens- und Erlebnisqualität eines Patienten beeinflusst wird. Hinzu kommen individuelle Einflüsse wie der gesundheitliche und soziale Status des Patienten. Zur Messung der Lebensqualität wurde in der vorliegenden Arbeit ein standardisierter Fragenbogen (Version 2.0 des DASH-Bogens) mit Erfassung spezifischer Verletzungsfolgen zu den üblichen Scores hinzugezogen. Darüber hinaus hatten die Patienten die Gelegenheit, ihre subjektive Bewertung in das Gesamtergebnis

zu integrieren. Ziel war es, eine umfassende Patientenmeinung zu schaffen, die für die Definition einer optimalen Versorgungsqualität unverzichtbar ist (59).

Abb.12 Evidenzhierarchie

Stufe	Evidenz – Typ
Ia	Evidenz aufgrund von Meta-Analysen randomisierter, kontrollierter Studien
Ib	Evidenz aufgrund mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
IIa	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, kontrollierten Studie ohne Randomisierung
IIb	Evidenz aufgrund einer gut angelegten experimentellen Studie
III	Evidenz aufgrund gut angelegter, nicht experimenteller deskriptiver Studien (z.B. Vergleichsstudien, Korrelationsstudien, Fall-Kontrollstudien)
IV	Evidenz aufgrund von Berichten / Meinungen von Expertenkreisen, Konsensuskonferenzen und / oder klinischer Erfahrung anerkannter Autoritäten

Gemäß der hierarchischen Struktur entspricht die vorliegende prospektive klinische Kohortenstudie einem Evidenz-Typ der Stufe IIa.

4.2 Ergebnisdiskussion

4.2.1 Beantwortung der Fragen aus Kapitel 1.5

In Bezug auf die Fragestellung unserer Studie und unter Berücksichtigung aller objektiven und subjektiven Parameter und der aufgetretenen Komplikationen wird deutlich, dass sich unser Behandlungskonzept mit einer dem Verletzungsmuster adaptierten Versorgung unter Anwendung einer 2,4 mm winkelstabilen Formplatten und der Möglichkeit der palmaren, dorsalen und kombinierten Zugangsformen nach dem Drei-Säulen-Modell nach Rikli (106) in beiden Gruppen hervorragend bewährt hat. Nur wenige Komplikationen erwiesen sich als behandlungsbedürftig und bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestand keine Notwendigkeit zu einer operativen Revision.

Im einzelnen zeigten sich in Gruppe A 22 (78 Prozent) gute bis sehr gute Resultate beim Score nach Gartland und Werley modifiziert nach Sarmiento, beim funktionellen und radiologischen Score nach Lidström 22 (78 Prozent) und 25 (89 Prozent) und bei der subjektiven Beurteilung 18 (64 Prozent). Der DASH-Score zählte mit 13,9 Punkten ein sehr gutes Ergebnis wie auch der Kraftverlust im Vergleich zur Gegenseite mit 19,4 Prozent. In den Bewegungsausmaßen beschrieb die radiale Deviation eine relativ geringe Abweichung von den Basiswerten. Die radiologischen Parameter lagen mit 22,1° Grad für den Radiusbasiswinkel und 3,5° Grad für den dorsopalmaren Neigungswinkel innerhalb der Norm. Eine relevante intraartikuläre Gelenkstufe größer als zwei Millimeter trat nur bei einem Patienten auf.

In Gruppe B zählte der Score nach Gartland und Werley, der funktionelle Score nach Lidström und die subjektive Bewertung jeweils 26 (79 Prozent) gute bis sehr gute Ergebnisse. Der radiologische Score nach Lidström schnitt mit 25 (75 Prozent) guten bis sehr guten Ergebnissen ab. Der DASH-Score lag mit 20,3 Punkten immer noch im guten bis sehr guten Bereich und die Kraftminderung im Vergleich zur Gegenseite lag mit 37 Prozent innerhalb der Akzeptanz. Bei den Bewegungsausmaßen war kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Zwei Patienten hatten postoperativ eine intraartikuläre Stufe größer als zwei Millimeter. Der Radiusbasiswinkel und der dorsopalmare Neigungswinkel lagen mit durchschnittlich 23,3° Grad und 0,8° Grad im Bereich der Norm.

Insgesamt bestätigten die Bewegungsausmaße die guten anatomischen Rekonstruktionen mit den überwiegend guten bis sehr guten Resultaten in Gruppe A und in Gruppe B.

4.2.2 Funktion folgt der Form

Analog der Hypothese „Form folgt der Funktion“ des amerikanischen Architekten Louis Sullivan kann, angewandt auf das vorliegende Thema, diese auch invertiert gelten und impliziert, dass eine anatomische Rekonstruktion gute funktionelle Ergebnisse erwarten lässt (134).

Um die Hypothese zu beweisen, sollen anhand der „sehr guten“ Resultate im Score nach Gartland und Werley, den radiologischen Parametern und dem radiologischen Score nach Lidström sowie in der Bewertung der Kraft und der Beweglichkeit die jeweiligen Gruppen A und B überprüft werden.

Alle „sehr guten“ Resultate im Score nach Gartland und Werley (N=8) in Gruppe A zeigten bis auf eine Ausnahme gleichfalls „sehr gute“ Resultate im radiologischen Score nach Lidström. Der DASH Punktwert lag zwischen 0,8 minimal und 10 Punkten maximal und formulierte somit hervorragende Ergebnisse. Eine relevante Einschränkung der gemessenen Beweglichkeiten war nicht zu verzeichnen. Die Kraft präsentierte fast seitengleiche Befunde. Das „gut“ im radiologischen Score nach Lidström wies einen dorsopalmaren Winkel von Minus 5° Grad auf bei sonst unauffälligen Parametern. Alle übrigen radiologischen Messwerte beschrieben mit minimal 4° Grad und maximal 12° Grad im dorsopalmaren Winkel und beim Böhlerwinkel mit minimal 20° Grad und maximal 28° Grad Normwerte.

In Gruppe B wiesen acht von zehn „sehr guten“ Resultaten im Score nach Gartland und Werley gleichfalls „sehr gute“ Ergebnisse im radiologischen Score nach Lidström auf. Die beiden Ausnahmen erhielten ein „mäßig“ im radiologischen Score aufgrund der Werte von Minus 12° Grad im dorsopalmaren Winkel. Die übrigen radiologischen Parameter lagen für den dorsopalmaren Winkel zwischen 0° und 6° Grad mit einem Ausreißer von Minus 4° Grad. Der Böhlerwinkel betrug minimal 20° Grad und maximal 32° Grad. Für die beiden radiologischen „mäßigen“ Befunde zählte der DASH-Score mit 5,8 und 1,6 Punkten ein sehr gutes Ergebnis. Ansonsten lag die Varianz der übrigen Punktwerte bei minimal 1,6 und maximal 12,5 Punkten und zeigte damit ein hervorragendes Resultat. Bewegungseinschränken lagen keine vor, die Minderung der Kraft an der verletzten Hand beschrieb maximal 30 Prozent im Vergleich zur Gegenseite.

Nach Analyse der vorliegenden sehr guten Ergebnisse konnte die Hypothese „Funktion folgt der Form“ für die Versorgung der distalen Radiusfraktur mit der vorgestellten 2,4 mm winkelstabilen Formplatte und unserem Behandlungskonzept bewiesen werden. Es zeigten sich bei den tendenziell geringen Abweichungen von den normalen radiologischen anatomischen Strukturen gute bis sehr gute Ergebnisse in den funktionellen Scores, der Kraft und in den Bewegungsausmaßen.

Eine Überprüfung der Hypothese anhand der „schlechten“ Befunde konnte aufgrund zusätzlicher Einflüsse in die Bewertung der einzelnen Scores nicht eindeutig ermittelt werden. Die relevanten Faktoren auf die schlechten Resultate in den Scores und Parametern werden nachfolgend beschrieben.

4.2.3 Einfluss typischer Begleitverletzungen auf die Untersuchungsergebnisse

Sowohl in der aktuellen Literatur (33^{EIII}, 44^{EIV}) als auch in der vorliegenden Studie zeigt sich mit der begleitenden Arthroskopie bei der distalen Radiusfraktur die Möglichkeit zur frühzeitigen Diagnostik, Einschätzung der Diagnose und zur adäquaten Therapie von Begleitverletzungen. Insgesamt scheinen die vorliegenden mittelfristigen Ergebnisse den höheren Aufwand in der Therapie zu rechtfertigen. Welchen Einfluß jedoch komplexe intrakarpale Verletzungen auf die Anatomie, Funktion und Zufriedenheit der Patienten haben, können erst langfristig angelegte Studien belegen. So blieben auch in dieser Studie Patienten mit radiologisch nachgewiesener karpaler Arthrose ohne Beschwerden wie es in der Literatur beschrieben (126^{EIIa}) wird.

Das Risiko der Begleitverletzung zeigte sich bei den dislozierten intraartikulären Frakturen des distalen Radius um das 7,3-fache höher als bei den extraartikulären Frakturen und entspricht den Aussagen der Literatur (44^{EIV}). Die Häufigkeit der TFCC- und SL-Band Verletzungen trat überproportional bei den Typ C2-Frakturen auf. Die Korrelation einer

begleitenden Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae mit einer frischen traumatischen Verletzung des TFCC Komplexes lag in der vorliegenden Studie bei 50 Prozent. Insgesamt hatten 61,7 Prozent aller Patienten eine begleitende Fraktur der distalen Ulna. Eine Läsion des Diskus ulnaris wurde insbesondere bei den Q-Klassifikationen Q1, Q4 und Q5 festgestellt. Der Einfluß der knöchernen Verletzungen auf die Beteiligung des TFCC-Komplexes wird in der Literatur abhängig vom Ausmaß und Grad der Dislokation diskutiert (43^{EIII}, 77^{EIII}). Ein Zusammenhang zu einem bestimmten Frakturtyp konnte in der vorliegenden Studie nicht dargestellt werden. Auch Lindau et al. (70^{EIII}) konnten in ihrer Untersuchung keine Korrelation zwischen einem spezifischen Frakturtyp und einer ligamentären Verletzung bestimmen. McQueen et al. (79^{EIb}) sahen eine signifikante Relation zwischen ligamentärer Verletzung und schlechtem Ergebnis und Trumble (146^{EIII}) fand heraus, dass interkarpale Begleitverletzungen gehäuft bei Frakturen vorkamen, wenn die lunare Seite der radialen Gelenkfläche betroffen war.

Eine Auswirkung der TFCC-Läsionen, ligamentärer Verletzungen oder distaler Ulnafrakturen auf die Ergebnisse nach osteosynthetisch versorgter distaler Radiusfraktur erfolgte mit einem Vergleich der DASH Punktwerte für die Population mit und ohne Begleitverletzung. So betrug der DASH-Score für die Patienten ohne relevante Begleitverletzungen durchschnittlich 15,9 Punkte und lag damit fast gleich dem Resultat aus der Gruppe der Patienten mit begleitender distaler Ulnafraktur von 15,6 Punkten. Tendenziell zeigten die Verletzungen des TFCC Komplexes beim Score nach Gartland und Werley mehr gute bis sehr gute Ergebnisse als bei den ligamentären Verletzungen und weniger als bei der Gruppe mit einer distalen Ulnafraktur. Wegen der geringen Fallzahl kann lediglich von einer Tendenz gesprochen werden, dass in dieser Studie Patienten mit einer Verletzung des TFCC Komplexes schlechtere Resultate aufweisen als die Patienten mit den ligamentären und ulnaren Begleitverletzungen. Eine Unterscheidung zwischen degenerativen und traumatischen Verletzungen des TFCC Komplexes zeigte eine günstigere Verteilung des DASH-Scores zugunsten der degenerativen Verletzungen. Die Häufigkeit degenerativer Veränderungen gemäß der Klasse II nach der Einteilung von Palmer lag bei den arthroskopisch assistierten Frakturen bei fünf Patienten und in den Ergebnissen des absoluten DASH Punktwertes mit 16,3 Punkten insgesamt niedriger als bei den traumatisch bedingten Klasse I Verletzungen mit durchschnittlich 19 Punkten bei insgesamt 13 Patienten. Ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen zu bestimmten Begleitverletzungen konnte nicht nachgewiesen werden.

In welchem Ausmaß die Begleitverletzungen und insbesondere die begleitende Ulnafraktur eine Auswirkung auf das Ergebnis der distalen Radiusfraktur haben, ist Gegenstand der Untersuchung von May et al. (77^{EIII}). Sie kommen in ihrer Arbeit über die Inzidenz und Auswirkung begleitender Ulnafrakturen bei der distalen Radiusfraktur zu dem Ergebnis, dass die Charakteristika der distalen Ulnafraktur wie Größe und Grad der Dislokation mehr Beachtung finden sollten. In unserer Studie kam es zu einer Instabilität am DRUG bei einem Patienten mit dislozierter intraartikulärer Fraktur und bei drei Patienten mit begleitender Osteoporose. Ein einheitlicher Frakturtyp der distalen Ulna, der für ein schlechtes Ergebnis nach distalen Radiusfrakturen zuständig ist, konnte nicht aufgezeigt werden. Jedoch traten überdurchschnittlich häufig Verletzungen des TFCC Komplexes oder des SL-Bandes bei Typ IIb Frakturen nach Melone auf.

Insgesamt bestätigen die vorliegenden Ergebnisse dieser Studie, dass ein differenziertes Behandlungsvorgehen bei Verletzungen der distalen Ulna und des TFCC Komplexes sowie der ligamentären Strukturen angezeigt ist.

4.2.4 Empfehlungen zur Behandlung von Begleitverletzungen

Die beiden relevanten ligamentären Verletzungen Grad 2° bis 3° nach Geissler mit Zustand nach transossärer Fixation zeigten zur Nachuntersuchung klinisch keinen Hinweis auf eine karpale Instabilität und mit einem absoluten DASH-Score von 1,6 und 5 Punkten keine Auffälligkeiten bezüglich der einzelnen Scores. Der einzige Patient mit einer Klasse I B Läsion des TFCC Komplexes und arthroskopischer Naht mittels Mitek Anker® hatte einen absoluten DASH-Score von 11,6 und sonst ein „gut“ in allen weiteren Scores. Die mit Kirschner Drähten bei fünf Patienten und einer Schraubenosteosynthese versorgten distalen Ulnafrakturen wiesen in den Scores ebenfalls sechs gute bis sehr gute Ergebnisse bei den funktionellen Scores und gleichfalls beim radiologischen Score nach Lidström auf. Der durchschnittliche absolute DASH-Score lag in dieser Gruppe bei 17,4 Punkten mit einem Ausreißer von 55 Punkten bei sonst guten funktionellen und radiologischen Scores.

Insgesamt kam es bei allen behandelten relevanten Begleitverletzungen zu einem über dem durchschnitt liegenden guten Ergebnis in den einzelnen Scores mit Ausnahme eines Ausreißers beim DASH Score, der jedoch in den übrigen Scores jeweils mit einem „gut“ bewertet wurde. Im Hinblick auf die Erfahrungen und die Auswertung unserer Daten kann eine stadiengerechte Empfehlung gemäß der aktuellen Literatur zur Behandlung relevanter Begleitverletzungen ausgesprochen werden (6, 45, 128, 129, 153).

4.2.5 Einfluss der Komplikationen auf die Untersuchungsergebnisse

Die Patienten, die primär mit einer 2,4 mm winkelstabilen Formplatte versorgt wurden, zeigten eine geringere Komplikationsrate, als diejenigen, welche primär einen Fixateur extern erhielten. Der Einfluss der Nervenläsionen (Ramus superficialis des Nervus radialis) und des CRSS auf die einzelnen Scores wurde in Kapitel 3.4 erläutert. Als Ursache für diese Komplikationen kamen kombinierte Zugänge und der Fixateur externe in Betracht.

Vier Patienten erlitten eine Sinterung der Fraktur. Bei drei von ihnen lag eine dislozierte intraartikuläre Typ C2-Fraktur und bei einem Patienten eine Typ A3-Fraktur des distalen Radius vor. Zwei Typ C2-Frakturen hatten als weiteres Kennzeichen eine Osteoporose. Ein Knocheninterponat wurde bei zwei C2- und bei der A3-Fraktur verwendet. Der radiologische Score nach Lidström präsentierte jeweils ein sehr gutes, gutes, mäßiges und schlechtes Resultat. Der Score von Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento wies zwei gute, ein mäßiges und ein schlechtes Resultat aus. Die beiden Patienten mit mäßigem und schlechtem Ergebnis nach dem radiologischen Score nach Lidström hatten eine posttraumatische Osteopenie und eine Arthrose Grad 2° nach Knirk und Jupiter mit klinischer Relevanz. Ein Patient litt an einer Polyarthrose an beiden Händen. Der Patient mit dem höchsten DASH-Score zeigte das mäßige radiologische Ergebnis nach Lidström und das schlechte Resultat beim Score nach Gartland und Werley, modifiziert nach Sarmiento. Der Patient mit dem mäßigen Ergebnis nach Gartland und Werley hatte einen DASH-Score von 30, mit einer vorbestehenden Polyarthrose und einem sehr guten Ergebnis nach dem radiologischen Score von Lidström.

Bei einem Patienten mit dislozierter Typ C2-Fraktur und begleitender Osteoporose kam es zu einer Schraubenlockerung des Implantates. Als möglicher Risikofaktor ist Pallacos als Knocheninterponat zu diskutieren. Hinsichtlich des funktionellen und radiologischen Scores nach Lidström zeigte sich bei beiden als Ergebnis ein „gut“. Bei der Beurteilung nach Gartland und Werley ergab sich ein „mäßig“ als Resultat. Eine Kraftminderung oder relevante

Bewegungseinschränkung lag nicht vor. Schmerzen wurden keine angegeben. Der DASH-Score lag bei 41,7 Punkten.

Komplikationen weisen nicht nur auf systembedingte Fehlermöglichkeiten hin. So kann sich eine posttraumatische Arthrose auch nach hervorragender Rekonstruktion (49^{EIII}) entwickeln. Drei von vier Patienten mit beginnender Instabilität im DRUG hatten als Risikofaktor eine intraartikuläre Beteiligung der Fraktur. Alle erhielten bei der Primärversorgung einen Fixateur externe. Eine assistierte Arthroskopie wurde nicht durchgeführt. Kein Patient zeigte einen Hinweis auf Begleitverletzungen. Nach der Klassifikation nach Melone war einmal eine Typ IIa, eine Typ IIb und ein Typ V vertreten. Die Beteiligung des Processus styloideus ulnae beschrieb eine radioulnare Dislokation Typ Q1, eine Fraktur des Ulnakopfes Typ Q4 und zweimal eine Fraktur von Ulnakopf und -hals Typ Q5. Eine Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk, intraartikuläre Stufe oder Diastase war radiologisch nicht nachweisbar. Ein Patient zeigte eine Ulna-Plus-Varianz beidseits von drei Millimetern. Ein Patient mit vor fünf Jahren konservativ behandelter DRF wies eine Ulnaverkürzung von fünf Millimetern auf. Alle vier Patienten hatten als Komorbidität eine Osteoporose. Zwei Patienten zeigten einen Arthrosegrad 2° nach Knirk und Jupiter mit klinisch unauffälligem Befund. Nach dem Score von Gartland and Werley erzielten drei Patienten ein gutes und ein Patient mit einer Supination und Pronation von 40° Grad ein mäßiges Resultat. Die subjektive Einschätzung dieses Patienten ergab ein „gut“. Der relative Kraftverlust entsprach dem der anderen Patienten, bei der Umwendbewegung zeigte sich dreimal eine Supination von 90° mit analoger Pronation. Bezüglich der Angabe eines postoperativen Schmerzes beschrieb ein Patient die VAS mit 0, einer mit 1 und zwei mit 2 Einheiten auf der Skala. Der DASH-Score lag bei 3,3 Punkten minimal und 25 Punkten maximal.

4.2.6 Einfluss der postoperativen Behandlung auf die Untersuchungsergebnisse

Inwieweit sich der Einfluß der Physiotherapie auf das Behandlungsergebnis auswirkt, kann durch das Design dieser Studie nicht geklärt werden. Es zeigte sich aber, dass Patienten mit vielen Terminen tendenziell keinen zusätzlichen Gewinn an Beweglichkeit oder Kraft aufwiesen, als Patienten mit einer geringeren Anzahl an Physiotherapie. Dies bestätigen auch Wakefield und McQueen (150^{EIb}) in ihrer Studie über unkomplizierte Behandlungsverläufe nach DRF. Sie kamen zu dem Schluss, dass, obwohl alle Patienten ihre Bewegungsausmaße und Griffstärke verbesserten, lediglich für die Flexion und Extension eine signifikante Besserung nach Physiotherapie zu verzeichnen war.

4.2.7 Einfluss additiver Verfahren auf die Untersuchungsergebnisse

Der Einsatz additiver Verfahren wie die Kirschner-Draht- und Schraubenosteosynthese entspricht dem Trend bei den winkelstabilen gegenüber den konventionellen Platten (149^{EIIa}). Zwar lag der Einsatz von Knocheninterponaten mit gut 65 Prozent über dem der Literatur (64^{EIII}), konnte jedoch in den zwei Jahren der Studiendauer mit zunehmender Erfahrung problemlos reduziert werden. Einen signifikanten Nachweis über den Einfluss verschiedener Knochenersatzmaterialien oder additiver Verfahren konnte aufgrund des Studiendesigns und der geringen Fallzahl in dieser Veröffentlichung nicht erbracht werden.

4.2.8 Diskussion der Studienergebnisse im Vergleich zur Literatur von 1998 bis 2006

Obwohl in dieser Studie nur kleine Fallzahlen vorliegen, ist sie prospektiv und relativ homogen in ihrer Gruppenbildung. In den medizinischen Datenbanken „Medline“ und „Pubmed“ existieren nur wenige detaillierte Studien zu winkelstabilen Formplatten oder einem Behandlungskonzept, das mit unserem vergleichbar wäre. Entsprechend schwierig gestaltet sich die Gegenüberstellung unserer Ergebnisse mit den Daten aus der Literatur.

Recherchiert man in der aktuellen Literatur über die Behandlung der von uns vorgestellten Verletzungsmuster, so konnte weder der Cochrane Review (39^{EIa}) eine Empfehlung zur Behandlung aussprechen, noch eine kürzlich veröffentlichte Metaanalyse (74^{EIa}) mit 46 eingeschlossenen heterogenen Studien einen signifikanten Unterschied in den Ergebnissen bei der Behandlung instabiler distaler Radiusfrakturen durch eine Plattenosteosynthese oder durch einen Fixateur externe aufzeigen. Allerdings waren in dieser Metaanalyse nur Studien erfasst, in der weder beide Verfahren zugleich, noch arthroskopisch unterstützte Verfahren eingesetzt wurden. Weiterhin beschränkte sich die Metaanalyse auf englischsprachige Veröffentlichungen und zog alternative Verfahren zur Plattenosteosynthese oder Behandlung mit einem Fixateur extern nicht in Betracht. Ein Mitarbeiter unserer Klinik (101^{EIIa}) konnte in seiner Metaanalyse für die intraartikulären Frakturen auf eine Überlegenheit der operativen gegenüber den konservativen Verfahren hinweisen und zeigte den Vorteil der Plattenosteosynthese im Vergleich zu minimalinvasiven Verfahren wie dem Fixateur extern und der Kirschner-Draht-Osteosynthese. Auch eine von ihm durchgeführte Umfrage (101^{EIIa}) in zweiundvierzig unfallchirurgischen Zentren in Deutschland zeigte, dass sich die Anwendung der Plattenosteosynthese als vorrangige Form der Osteosynthese etabliert hat mit sowohl konventionellen kleindimensionierten als auch winkelstabilen Plattensystemen. Das spiegelt sich in der zunehmenden Zahl der Publikationen mit Versorgung von instabilen distalen Radiusfrakturen durch winkelstabile Plattensysteme wider. Insbesondere bei den instabilen Typ A2, A3, B3, C1 und C2-Frakturen nach der AO Klassifikation zeigt sich eine Tendenz zur Versorgung mit winkelstabilen Plattensystemen (64^{EIII}, 76^{EIIa}, 88^{EIIa}, 109^{EIII}, 117^{EIII}, 123^{EIIa}, 138, 147^{EIIa}, 154^{EIII}). Veröffentlichungen mit einer Versorgung nur durch ein 2,4 mm winkelstabiles Plattensystem einschließlich unserer vorgestellten Begleitverletzungen bei den komplexen Typ C2- und C3-Frakturen sind eher selten. Gleiches gilt für Publikationen zur Versorgung osteoporotisch assoziierter Frakturen. Entgegen der Meinung, dass eine ausreichende Stabilisierung nur durch eine Osteosynthese mit einem Fixateur externe zu erreichen ist (11^{EIII}), zeigten neben unserer Veröffentlichung (130^{EIIa}) auch weitere Autoren (64^{EIII}, 147^{EIIa}, 149^{EIIa}) die Vorteile der winkelstabilen Plattenosteosynthese beim osteoporotischen Knochen. Orbay und Fernandez (89^{EIII}) folgern, dass bei der Versorgung instabiler Frakturen des älteren Patienten die meisten Frakturen mit dorsalen Trümmerzonen durch eine palmare winkelstabile Versorgung ausreichend stabilisiert werden können. Dies führt beim osteoporotischen Knochen zu einer Minimierung der Morbidität sowie zu einer frühzeitigen Mobilisation und ermöglicht damit eine frühe Funktionalität mit guten Ergebnissen.

In der aktuellen angloamerikanischen Literatur (12^{EIIa}, 13^{EIII}, 52^{EIII}, 116^{EIII}, 120^{EIII}, 136^{EIV}, 155^{EIII}) sind besonders konventionelle, sogenannte kleindimensionierte Plattensysteme mit unterschiedlichem Design bei der Versorgung instabiler Radiusfrakturen (21^{EIIa}) populär. Für die π -Platte fällt ein signifikant höheres Risiko an Komplikationen (116^{EIII}) im Vergleich zu alternativen konventionellen Plattensystemen auf. Ähnliche Ergebnisse beschreiben Ring et al. (113^{EIIa}) in ihrer prospektiven Multicenterstudie und Kambouroglou (54^{EIV}). Sie schildern in ihrer Fallstudie eine hohe Inzidenz von Sehnenverletzungen. In einer aktuellen retrospektiven Studie erwägen Zingg et al. (155^{EIII}) daher eine frühere Materialentfernung zur

Reduzierung typischer Sehnenirritationen. Diese Maßnahme empfehlen auch Keller und Steiger (56^{EIII}) in ihrer retrospektiven Studie über die Behandlung vorwiegend osteoporotisch assoziierter und intraartikulärer DRF mit der π Platte. Der damit notwendige Zweiteingriff führt aber nicht nur zu einer zusätzlichen Morbidität, sondern hat auch generell eine Auswirkung auf die Behandlungskosten. Diese Problematik soll nach Ansicht einiger Autoren (64^{EIII}, 155^{EIII}) durch den Einsatz winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthesen verringert werden. Doch auch eine Verkleinerung der konventionellen Plattensysteme konnte bei dorsaler Platzierung eine Reduzierung von Sehnenirritationen verzeichnen (116^{EIII}, 136^{EIV}) und wird daher bei instabilen Frakturen des distalen Radius empfohlen.

In der von Koshimune (61^{EIIa}) veröffentlichten randomisierten Studie mit Vergleich zwischen winkelstabilen und konventionellen palmaren Plattenosteosynthesen bei instabilen Typ A2, A3, C1 und C2-Frakturen des älteren Menschen, zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied in den radiologischen Ergebnissen. Dieser Studie ist kritisch anzumerken, dass der Einfluss der Osteoporose zwar als ein wichtiger prognostischer Parameter (48) in der Behandlung beschrieben wurde, eine Differenzierung hinsichtlich der Häufigkeit der Osteoporose und die Auswirkung auf die Ergebnisse bei den behandelten Patienten aber nicht stattfand. Dahingegen kommen sowohl Walz (149^{EIIa}) als auch Uzdil (147^{EIIa}) bei ihrem Vergleich konventioneller versus winkelstabiler 3,5 mm Plattenosteosynthese beim älteren Patienten zu besseren Resultaten mit der Verwendung von winkelstabilen Platten.

Mit zunehmender Komplexität der Verletzung wird in der Literatur ein Einsatz des Fixateurs externe auch in Kombination mit Schraubenosteosynthesen oder Kirschnerdrähten und von Knochenersatzmaterialien diskutiert (46^{EIIa}, 65^{EIII}, 71^{EIII}, 109^{EIII}, 114^{EIII}, 119^{EIII}, 120^{EIII}, 130^{EIIa}). Gerade bei den hochenergetischen Traumen des distalen Radius mit den erheblich dislozierten Mehrfragmentfrakturen vom Typ C2 und C3 nach der AO Klassifikation wird von einigen Autoren die Kombination des Fixateurs externe und der Plattenosteosynthese empfohlen (109^{EIII}, 114^{EIII}, 119^{EIII}). Eine primär durchgeführte Stabilisierung mit dem Fixateur externe erlaubt die indirekte Reposition mittels Ligamentotaxis (109^{EIII}). Ein weiterer Vorteil ist die zweizeitige Versorgung mit der Möglichkeit, eine dem Verletzungsmuster entsprechende weiterführende Diagnostik mit einem Computertomogramm oder einer assistierten Arthroskopie durchzuführen. Letzteres gestattet Diagnostik und Behandlung relevanter Begleitverletzungen sowie eine Kontrolle der Reposition intraartikulärer Fragmente (14^{EIII}, 18^{EIIb}, 33^{EIII}, 115, 125). In unserer Studie betrug das Intervall zwischen primärer und definitiver Versorgung durchschnittlich sechs bis acht Tage in den Gruppen A und B und entsprach dem empfohlenen Zeitraum der Literatur (154^{EIII}). Von einigen Autoren (114^{EIII}, 119^{EIII}) wird auch die einzeitige Versorgung mit Stabilisierung durch einen Fixateur externe und einer Plattenosteosynthese favorisiert. In unserer Studie wurden jeweils zwei dislozierte intraartikuläre Typ C2- und C3 sowie drei osteoporotisch assoziierte Typ C3-Frakturen primär mit einem Fixateur externe und einer Plattenosteosynthese zeitgleich versorgt. Eine begleitende Arthroskopie erfolgte aufgrund relevanter Begleitverletzungen bei vier Patienten. Die Häufigkeiten relevanter Begleitverletzungen bei frischen intraartikulären distalen Radiusfrakturen liegen je nach Autor (31, 45, 94) bis zu 78 Prozent bei den ligamentären Verletzungen oder TFCC Läsionen. Es herrscht ein Konsens über die stadiengerechte Therapie frischer skapholunärer Bandverletzungen insbesondere höherer Grade, da eine unbehandelte Verletzung zur Ausbildung eines karpalen Kollapses führt (45, 128, 129, 153). Bei Läsionen des TFCC Komplexes gilt die stadiengerechte Einteilung der Therapie nach Ostermann (6, 45). Ein Problem kann jedoch die Interpretation gefundener Begleitverletzungen darstellen (109^{EIII}). Einige Studien (6, 33, 45, 128, 129) belegen, dass die Inzidenz an degenerativen Verletzungen des TFCC Komplexes oder der ligamentären Läsionen im fortgeschrittenen Alter zunimmt und bei den traumatisch bedingten Verletzungen des skapho-

lunären Bandes relativ häufig Grad I° bis II° nach Geissler (31) auftreten, die auch ohne operative Intervention ausheilen könnten.

Trotz des in der Literatur führenden Trends nach palmar durch die winkelstabilen Plattensysteme (19^{EIII}, 64^{EIII}, 67^{EIII}, 87^{EIII}, 88^{EIIa}, 89^{EIII}, 149^{EIIa}), existieren weiterhin Indikationen für die dorsale und die sogenannte Doppelplattenosteosynthese. Im kürzlich erschienen Review über die Behandlung intraartikulärer distaler Radiusfrakturen mit Untersuchung einer volaren versus dorsalen konventionellen Plattenosteosynthese (120^{EIII}) zeigte sich eine geringere Rate an späten Komplikationen bei den palmaren Platten und ein besseres Abschneiden nach dem Score von Gartland und Werley (28). Daher wird auch bei den konventionellen Platten ein palmares Vorgehen favorisiert (21^{EIIa}). Handelt es sich um komplexe instabile Typ C3-Frakturen nach der AO- Klassifikation, empfehlen einige Autoren, als adäquate Methode eine Doppelplattenosteosynthese (111, 112^{EIII}) durchzuführen, entweder zweizeitig nach primärer Stabilisierung mit einem Fixateurs externe oder in Kombination einzeitig. Impressionsfrakturen mit dorsalen und radialen Trümmerzonen bleiben eher eine Domäne der dorsalen Plattenosteosynthese, mit Stabilisierung nach dem Drei-Säulen-Prinzip (64^{EIII}, 109^{EIII}).

Mit der Entwicklung der 2,4 mm winkelstabilen Formplatten, die der radialen und ulnaren Säule angepasst sind, wird die bisherige konventionelle dorsale Plattenosteosynthese weiter in den Hintergrund treten. Entsprechende Studien mit Vergleich unterschiedlicher klassischer konventioneller dorsaler Plattensysteme zeigen schon jetzt eine Tendenz zu immer kleineren Platten, um die behandlungsspezifischen Probleme bisheriger klassischer Platten zu reduzieren (95^{EIIb}, 113^{EIIa}, 116^{EIII}, 136^{EIV}). Inwieweit die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese alle Verletzungsmuster am distalen Radius stabilisieren kann, bedarf der weiteren Diskussion.

Bei der Erfassung der Komplikationen scheint es zweckmäßig, zwischen frühen und späten Komplikationen zu differenzieren. Gleichwohl wäre eine Unterscheidung nach verschiedenen iatrogenen, nicht-traumatischen und postoperativen Ursachen sinnvoll. So ergäbe sich eine Möglichkeit, Komplikationen und ihren Einfluss auf die Ergebnisse den durchgeführten unterschiedlichen Behandlungsmethoden zuzuordnen. McKay et al. (78^{EIIb}) empfehlen, ein Ranking nach dem Schweregrad einer Komplikation vorzunehmen. So beschreibt Level eins eine milde Form der Komplikation ohne Notwendigkeit einer therapeutischen Intervention, Level zwei hingegen erfordert eine spezielle Therapie und Level drei schließlich die operative Korrektur.

Da im eigentlichen Sinne keine vergleichbaren Studien existieren, werden exemplarisch verschiedene Verfahren, ein alternatives winkelstabiles System, konventionelle Plattensysteme und der Fixateur externe herangezogen. Zugleich sind die Veröffentlichungen der hierarchischen Evidenzbasierung zugeordnet. Die Übersicht ist in Tabelle 33 dargestellt. Die Kriterien für die tabellarische Gegenüberstellung bestanden aus einer Einstufung der Evidenzgraduierung mindestens Grad III, ähnlichen Verletzungsmustern und vergleichbaren funktionellen Scores. Zusätzlich wurden die Daten dieser Studie mit den Ergebnissen weiterer Veröffentlichungen verglichen.

Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit prospektiven Studien anderer winkelstabiler Plattensysteme und äquivalentem Evidence Level wurden die Arbeiten von Uzdil (147^{EIIa}), Sakhaii (123^{EIIa}) und Matschke (76^{EIIa}) herangezogen. Im Unterschied zu unserer Studie waren die untersuchten Populationen heterogen und relevante Begleitverletzungen wurden nicht erfaßt. Uzdil et al. (147^{EIIa}) verglichen eine winkelstabile mit einer konventionellen 3,5 mm T-Platte. Beide Gruppen waren heterogen in ihren Verletzungsmustern. Zur

Beschreibung der Ergebnisse wurde der Score nach der AO Gruppe Distaler Radius eingesetzt. Gruppe A beschrieb die Patienten mit Versorgung durch die winkelstabile Platte. Hier zeigten 58 Prozent der Patienten ein „sehr gut“ 28 Prozent ein „gut“. Nach den radiologischen Kriterien hatten 68 Prozent der Gruppe A ein gutes Ergebnis gegenüber 31 Prozent der konventionellen Platten. Die Komplikationsrate in Gruppe A betrug 7 Prozent.

In der Veröffentlichung von Matschke (76^{EIIa}) werden die Zwischenergebnisse einer laufenden, prospektiv angelegten Multicenterstudie mit neun teilnehmenden Kliniken bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen mit einem winkelstabilen Implantat (LCP-DR 3,5 mm) vorgestellt. Insgesamt konnten Daten von 197 Patienten mit distaler Radiusfraktur (23 A2-, 60 A3- 6 B1-, 4B2-, 11B3-, 25 C1-, 60 C2- und 18 C3-Frakturen) erfasst werden, von denen 165 mit einer 3,5-mm-LCP versorgt wurden. Der Anteil der Spongiosaplastiken betrug 12,2 Prozent. Beim Score nach Gartland und Werley zeigten nur 41 Patienten auswertbare Ergebnisse mit 29 guten und 12 mäßigen Resultaten. Die Komplikationen lagen bei 10,8 Prozent nach einem Jahr. Sekundäre Korrekturverluste wurden in dieser Statistik nicht miteinbezogen trotz sekundärer Korrekturverluste in fünf Fällen nach sechs Monaten. Generell ist die Studie mit einer Rate von 45 Prozent Nachuntersuchung nicht aussagekräftig.

Sakhaii et al. (123^{EIIa}) untersuchten in ihrer prospektiv angelegten Studie 100 distale Radiusfrakturen (10 A-, 6B- und 84 C-Frakturen) nach Versorgung mit einer 2,4 mm winkelstabilen Radius T-Platte. Im Score von Sarmiento zeigten sich 15 Prozent sehr gute, 56 Prozent gute, 28 Prozent befriedigende und ein Prozent nicht zufriedenstellende Ergebnisse. Für die Typ C-Frakturen lag die Rate an guten bis sehr guten Ergebnissen bei 67 Prozent. Eine zusätzliche Stabilisierung mit einer Schraubenosteosynthese erfolgte in 31 Fällen, sechsmal wurde bei osteoporotischen Knochen Endobon® zur Defektauffüllung verwendet. Die Häufigkeit osteoporotisch assoziierter Frakturen wurde nicht dokumentiert. Als Komplikationsrate wurden 26 Prozent angegeben. Trotz des hohen Anteils an Typ C2 und C3-Frakturen erfolgte keine Aussage zu Begleitverletzungen.

Die Publikation von Dumont (21^{EIIa}) beschreibt konventionelle 3,5 mm palmare AO T-Plattenosteosynthesen aus Titan bei instabilen Extensionsfrakturen. Eine weitere Differenzierung hinsichtlich des Frakturtypes oder der Knochenqualität wurde nicht durchgeführt. Im Ergebnis zeigten 83 Typ C-Frakturen 53 Prozent gute bis sehr gute funktionelle Resultate. Bei 53 Prozent der Frakturen war eine zusätzliche Stabilisierung mit Schrauben- oder Kirschner-Draht-Osteosynthese notwendig. Eine Defektauffüllung erfolgte bei sechzehn Patienten. Aussagen bezüglich relevanter Begleitverletzungen und späterer Komplikationen wurden nicht erbracht. Der radiologische Score nach Lidström zeigte 88 Prozent gute bis sehr gute Ergebnisse. Kritisch ist jedoch die radiologische Anzahl der Nachuntersuchungen zu betrachten. Sechs Wochen post operativ konnten 79 Prozent der Patienten radiologisch beurteilt werden, nach der 26. Woche reduzierte sich die Anzahl auf 52 Prozent. Ob alle Komplikationen radiologisch erfaßt worden sind, bleibt zu bezweifeln.

Tabelle 33

Vergleich unserer Daten mit Studien verschiedener Behandlungsoptionen aus der aktuellen Literatur (2003 bis 2006)											
	Eigene Daten		Daten aus der Literatur								
	Gruppe A	Gruppe B	Sakhaii (2003)	Dumont (2003)	Thielke (2003)	Orbay (2004)	Rikli (2003)	Ruch (2004)	Keller (2006)	Rozentel (2003)	Kuner (2002)
Anzahl Frakturen	28	33	100	166	49	23	17	21	49	28	61
Intraartikuläre Typ C1-3 Frakturen	28	0	84	83	40	7	14	21	Keine Angabe	16	71%
Osteoporotische Typ A3 / C-Frakturen	0	12 / 21	6	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	-	-	Keine Angabe	Keine Angabe	3
Ø Alter	50	72	63	59	59	78	47	41	> 60	42	54
Methode der Versorgung	2,4 mm winkelstab. Formplatte	2,4 mm winkelstab. Formplatte	Palmare 2,4 mm winkelstab. Radius T Platte	palmare AO T-Platte 3,5 mm	2,4 mm palmare winkelstab. Platte (Königstein)	DVR Platte winkelstabil palmar	2-zeitig, Fixateur ext + Platte und diverse	1-zeitig Fix. ext. + palmare Platte	π-Platte	5 dorsale (π-Platten + 3 sog. low profile) Plattensyst	AO Fixateur externe
Ø NUZ in Monaten	22	18	10	24	12	14	28	28	32	21	36
Gartland & Werley: sehr gut bis gut	22 (78%)	26 (78%)	71%	90%	85%	-	-	18 (85%)	Keine Angabe	28 (100%)	84%
DASH (absolut)	13,9	20,3	k.a.	k.a.	15,5	8,2	16,4	18	14,4	14,4	-
Radiusbasiswinkel/ dorsopalm. Winkel	22,1° / 3,5°	23,3° / 0,8°	23,3° / 4,6°	k.a.	19,5° / 6°	20° / 6°	21° / 2,5°	24° / 1°	Keine Angabe	Keine Angabe	23° / 4,5°
Art u. Häufigkeit rel. Begleitverletzungen (ohne Ulnaläsionen)	19	14	Keine Angabe	2	Keine Angabe	Keine Angabe	10	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Häufigkeit der Komplikationen	8* (28%)	12* (36%)	26 (26%)	33 (20%)	6 (15%)	1 (4%)	7* (41%)	1	3 (6%)	9 (32%)	32 (48%)
Anzahl Materialentfernung	5	0	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	37	Keine Angabe	Nach 5-7 Wochen
Evidence Level	IIa	IIa	IIa	IIa	III	III	III	III	III	III	III

* in dieser Komplikationsstatistik sind Instabilitäten des DRUG miteinbezogen

Bei den folgenden retrospektiven Studien (64^{EIII}, 65^{EIII}, 109^{EIII}, 116^{EIII}, 143^{EIII}, 155^{EIII}) zeigt sich ebenfalls eine erhebliche Heterogenität in der Population und im Studiendesign. In der Publikation von Krimmer (64^{EIII}) wurden fünf verschiedene palmare Plattensysteme bei unterschiedlichen Frakturtypen verwendet. Eine Differenzierung der Ergebnisse bezogen auf die verschiedenen Platten- oder Frakturtypen sowie eine Zuordnung der Komplikationen zu bestimmten Plattensystem fand nicht statt. Thielke (143^{EIII}) beschreibt zwar ein homogenes Patientenkollektiv, aber es fehlt eine Aussage zur Häufigkeit der Osteoporose und der relevanten Begleitverletzungen. Eine Ausführung über die Quantität der Osteoporose wurde von Kuner (65^{EIII}) durchgeführt, relevante Begleitverletzungen jedoch nicht erörtert. Orbay (89^{EIII}) vermerkte bei der Untersuchung von 23 Patienten mit sieben intraartikulären und siebzehn extraartikulären Frakturen zwar ein Durchschnittsalter von 78 Jahren, traf aber keine Aussage über den Anteil der osteoporotisch assoziierten Frakturen. Die Studie von Rikli (109^{EIII}) beschreibt vorrangig ein Behandlungskonzept mit zweizeitiger Versorgung von Hochrasanztraumen ohne Unterscheidung nach der Versorgungsart und mit inhomogener Patientengruppe.

Die Autoren Thielke et al. (143^{EIII}) untersuchten 49 intraartikuläre Frakturen (21 C1-, 19 C2- und 9 C3-Frakturen) nach einem Jahr mit einem Follow up von 81 Prozent. Die funktionellen Ergebnisse nach dem Score von Gartland und Werley zeigten 35 Prozent sehr gute und 50 Prozent gute Resultate. Der durchschnittliche DASH-Score betrug 15,5 Punkte. Radiologisch zeigte sich ein minimaler Korrekturverlust mit einem durchschnittlichen Radiusbasiswinkel von Grad 19,5° und einem dorsopalmarem Winkel von Grad 6°. Als Komplikationen wurden zwei CRSS, drei Re-Osteosynthesen und eine Irritation des Nervus medianus angegeben. Krimmer et al. (64^{EIII}) versorgten 62 distale Radiusfrakturen (3 A2-, 24 A3-, 7 B3-, 14 C1-, 9 C2- und 5 C3-Frakturen) mit verschiedenen palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthesen von 2,0 mm bis 3,5 mm abhängig vom Frakturtyp. Der DASH-Score lag für alle Systeme bei einem durchschnittlichen Wert von 19 Punkten. Das radiologische Ergebnis wies einen durchschnittlichen dorsopalmaren Winkel von Grad 9° und einen Radiusbasiswinkel von Grad 21° auf. Die Anzahl der Komplikationen wurde mit drei Patienten angegeben, einem CRSS, konservativ therapiert und zwei Schraubenfehllagen, die operativ korrigiert werden mussten.

Von den 74 instabilen Radiusfrakturen, die mit einem Fixateur externe versorgt wurden, zeigten Kuner et al. (65^{EIII}) in 84 Prozent gute bis sehr gute Resultate nach dem Score von Gartland und Werley trotz einer Komplikationsrate von 48 Prozent. Der Anteil der intraartikulären Frakturen betrug 71 Prozent. Auffallend ist die Rate von 59 Prozent additiven Verfahren besonders zur zusätzlichen Stabilisierung höhergradiger intraartikulärer Frakturen des distalen Radius. Spongiosa zur Stabilisierung erfolgte bei 13 Patienten (17,1 Prozent). Eine Osteoporose wurde bei drei Patienten diagnostiziert, ihr Einfluss auf die Ergebnisse jedoch nicht dokumentiert.

Die Versorgung ähnlicher Populationen mit der π -Platte zeigen die aktuellen Untersuchungen von Zingg (155^{EIII}). In der heterogenen Gruppe blieben Typ C3-Frakturen aus der Studie ausgeschlossen. Welcher Score zur Ergebnisermittlung herangezogen wurde, kam nicht zur Darstellung. Die Rate der Komplikationen war nicht zu ermitteln und die Rate der Materialentfernungen beschrieb 42,6 Prozent. Als Ergebnis postulieren die Autoren für mehr als 88 Prozent ihrer Patienten ein gutes Resultat. In einer weiteren aktuellen Studie mit π -Platten behandelten Keller et al. (56^{EIII}) vorwiegend osteoporotische, intraartikuläre Frakturen. Der DASH-Score lag bei 14,4 Punkten, eine Materialentfernung musste bei 37 Patienten nach vier Monaten vorgenommen werden. Als Komplikation wurden ein Repositionsverlust, eine Sehnenruptur und eine Nervenirritation angegeben. In einer

Vergleichsstudie von Rozental (116^{EIII}) über verschiedene dorsale Plattensysteme bei instabilen Radiusfrakturen ergab sich bei den π -Platten eine signifikant höhere Rate an sehnensbedingten Komplikationen. Der DASH-Score umfasste alle fünf Plattensysteme und lag bei 14,5 Punkten.

In allen vorgestellten Studien fällt bei den Komplikationen eine unterschiedliche Definition und Wertung im Behandlungsverlauf auf. So beschreiben Sakhaii et al. (123^{EIIa}) zehn Prozent Komplikationen, fügen jedoch an, dass es zusätzlich in sechzehn Fällen zu einer Schraubenlockerung kam, die aber in der Komplikationsstatistik nicht erfasst wurden. Bei Dumont (21^{EIIa}) sind nach 26 Wochen zum Untersuchungstermin 52 Prozent der radiologischen Ergebnisse verfügbar. Eine Aussage über die Häufigkeit eines Repositionsverlustes für alle untersuchten Patienten konnte somit nicht erbracht werden. Zum Vergleich lag bei unserer Studie die Komplikationsrate in Gruppe A bei acht Fällen (28 Prozent). Hierunter fiel eine Instabilität des DRUG. In Gruppe B mit insgesamt zwölf Komplikationen (36 Prozent) lagen drei Instabilitäten des DRUG vor. Insgesamt fand sich nur in der Studie von Rikli (109^{EIII}) ein entsprechender Vermerk über Instabilitäten am DRUG.

Auffallend war die Korrelation zwischen der Häufigkeit von Komplikationen mit und ohne begleitende Arthroskopie sowie bei primärer Versorgung mit einem Fixateur extern. Die Wahrscheinlichkeit ein CRSS postoperativ zu entwickeln erhöhte sich bei den arthroskopisch assistierten Osteosynthesen. Auch das Auftreten der Pininfekte stand in direkter Korrelation mit dem Fixateur extern. Rikli (109^{EIII}) beschrieb bei der primären Stabilisierung komplexer Verletzungsmuster eine Komplikationsrate von 41 Prozent.

Der Hauptanteil der Komplikationsrate bei den mit einem Fixateur extern versorgten DRF in der Arbeit von Kuner (65^{EIII}) bildeten die Läsionen des Ramus superficialis des Nervus radialis mit einem Anteil von 16 Prozent. In der Veröffentlichung von Dumont (21^{EIIa}) lag die Rate der CRSS bei 4,8 Prozent und die der Nervenläsionen bei 12 Prozent. Unklar bleibt in der Arbeit von Matschke die Anzahl der Komplikationen. Immerhin geben die Autoren an, dass lediglich 41 der 197 Patienten untersucht werden konnten, so dass davon auszugehen ist, dass nicht alle Komplikationen erfasst werden konnten. Auch bei Dumont (21^{EIIa}) ist die Anzahl später Komplikationen mit einer Rate von nur 52 Prozent radiologisch untersuchten Patienten kritisch zu bewerten. Orbay (89^{EIII}) hatte in seiner Studie nur ein CRSS zu verzeichnen. Zingg (155^{EIII}) beschreibt den Anteil der Sehneirritationen mit 18 Prozent, davon eine Sehnenruptur, fünf CRSS, eine sekundäre Dislokation, zwei Schraubenlockerungen, vier Tenolysen und eine Arthrolyse.

Die Häufigkeit der Materialentfernung lag bei unseren kleindimensionierten 2,4 mm winkelstabilen Formplatten aus Titan auf eigenen Wunsch bei sechs Patienten (8 Prozent) nur in Gruppe A und bei einer Altersverteilung zwischen 38 und 50 Jahren. Eine medizinisch notwendige Indikation bestand bei keinem Patienten. Der durchschnittliche DASH Score lag bei 6,8 Punkten. Die funktionellen und radiologischen Scores zeigten insgesamt gute bis sehr gute Resultate. Einen Vergleich dieser Daten mit anderen Osteosyntheseverfahren ergibt sich aus der Literatur nur für die π -Platten. Die Häufigkeiten einer vorzeitigen Materialentfernung werden mit 42 bis 75 Prozent angegeben (56^{EIII}, 155^{EIII}).

Bei der Plattenlage bestand zwischen dem palmaren oder dorsalen Zugang keine signifikante Differenz in den Ergebnissen. Der DASH-Score lag für die dorsalen Plattenosteosynthesen bei 15,6 und für die palmaren Plattenosteosynthesen bei 17,6 Punkten. Repositionsverluste traten häufiger bei der palmaren Plattenosteosynthese mit gleichzeitiger Defektauffüllung mit Spongiosa auf. Diese Betrachtung folgt den Ergebnissen einer aktuellen Studie von Rozental

(117^{EIII}) beim Vergleich zwischen palmarer und dorsaler Plattenlage. Es zeigte sich beim palmaren Zugang eine höhere Inzidenz an Repositionsverlusten bei jedoch geringerer Rate an plattentypischen Komplikationen. Die kombinierten Zugänge der vorliegenden Studie zeigten in allen Scores ein relativ weniger gutes Abschneiden mit einem DASH-Score von 18,2 Punkten und 70 Prozent guten bis sehr guten Resultaten nach dem Score von Gartland und Werley. Da die kombinierten Osteosynthesen aber bei entsprechend komplexen Verletzungsmustern durchgeführt wurden, ist eine signifikante Aussage nicht möglich. Ring et al. (112^{EIII}) beschreiben bei der kombinierten Versorgung komplexer Verletzungen des distalen Radius mit Typ C3.2-Frakturen 96 Prozent gute bis sehr gute Resultate nach dem Score von Gartland und Werley. Unsere Erfahrung bestätigt, dass die Plattenlage den Erfordernissen des Verletzungsmusters angepasst und gegebenenfalls mit einem Fixateur extern entweder primär oder zusätzlich kombiniert stabilisiert werden sollte. Dies wird auch in der aktuellen Literatur empfohlen (64^{EIII}, 109^{EIII}, 112^{EIII}, 114^{EIII}, 119^{EIII}). In der Publikation von Ruch (119^{EIII}) lag bei der gleichzeitigen Versorgung von vorwiegenden Hochrasanztraumen mit Typ C3-Frakturen durch eine palmare Platte und einem Fixateur extern der durchschnittliche DASH-Score bei 18 Punkten, bei Rikli (109^{EIII}) lag der DASH-Score bei 16,4 Punkten. Allerdings untersuchte er eine durchgehend heterogene Population.

Neben der Versorgung komplexer intraartikulären Mehrfragmentfrakturen stellen auch die Impressionsfrakturen mit einer dorsalen Abkippung von gelenknahen Fragmenten einen weiteren Diskussionspunkt dar. Bis vor einigen Jahren wurde ebenfalls für dies Verletzungsmuster eine Stabilisierung mit dem Fixateur extern besonders bei osteoporotischen Knochen und dislozierten intraartikulären Mehrfragmentfrakturen empfohlen. Durch das Design der mit 2,4 mm recht klein dimensionierten winkelstabilen Plattensysteme wurde entsprechend den biomechanischem Aspekten des 3-Säulen-Modells nach Rikli (106^{EIII}) die Platte anatomisch vorgeformt und kann palmar, dorsal und radial angepasst werden. Vorteil sind die dorsal und palmar kleinen, sogenannten limitierten Zugänge mit Reduzierung der Zugangsmorbidität besonders bei den dorsalen Osteosynthesen und der Stabilisierung von radio-dorsal und dorso-ulnar. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, die dislozierten, intraartikulären Mehrfragmentfrakturen mit zum Teil kleineren gelenktragenden Fragmenten im Gegensatz zu den konventionellen (21^{EIIa}), den 3,5 mm, 2,7 mm und 2,4 mm winkelstabilen Platten (133) sicher zu fixieren. Damit kann zunehmend auf eine metaphysäre Defektauffüllung verzichtet werden (64, 138). Zusätzlich wird durch den verminderten Anpressdruck der Platte am Knochen eine Störung der Durchblutung am Periost reduziert mit dem Resultat einer geringeren Pseudarthrosenbildung (138) und ungestörter Kallusbildung.

Das Verriegelungssystem zwischen der Platte und den Schrauben soll zu einem erhöhten Schraubenhalt im osteoporotischen Knochen führen. Allerdings konnte Osada in seiner Studie (90) keinen signifikanten Unterschied in der Stabilität und Ausreißfestigkeit von sechs unterschiedlichen palmarer und dorsaler Platten an Kadavermodellen feststellen. Auch eine Untersuchung (91) mit verschiedenen palmarer winkelstabilen Implantaten konnte keine statistisch signifikante Unterscheidung hinsichtlich der Stabilität aufweisen. Beide Studien prüften allerdings nur extraartikulären Frakturen ohne Osteoporose. In der aktuellen Literatur bei der Behandlung osteoporotischer distaler Radiusfrakturen waren weder in der Arbeit von Uzdil (147^{EIIa}) oder Orbay (89^{EIII}) sekundäre Korrekturverluste zu verzeichnen. Die Arbeit von Walz (149^{EIIa}) zeigte hingegen hohe Repositionsverluste von 40 Prozent bei den konventionellen Plattenosteosynthesen gegenüber 4,6 Prozent bei den winkelstabilen Platten. Bei der vorliegenden Studie waren ein Fall (3 Prozent) in Gruppe A und zwei Fälle (6 Prozent) in Gruppe B zu verzeichnen.

Inwieweit sich Korrekturverluste mit Verwendung winkelstabilen Osteosynthesen vermeiden lassen, ist Gegenstand einer Veröffentlichung von Reiter et al. (105). Die Autoren kommen zu dem Schluß, dass ein Korrekturverlust letztlich bei allen winkelstabilen Implantaten auftreten kann und abhängig ist von der Implantatverankerung und der Knochenstruktur. In ihrer Untersuchung zeigte sich besonders der palmare Neigungswinkel bei den versorgten distalen Radiusfrakturen betroffen. In der vorliegenden Studie konnte hierzu keine statistisch signifikante Aussage getroffen werden. Der Einfluß der Plattenlage beim Repositionsverlust bei palmaren winkelstabilen Osteosynthesen wurde auch von Drobetz (20) diskutiert. Es zeigte sich, dass eine möglichst subchondrale Platzierung der distalen Schrauben erfolgen sollte, um die radiale Länge zu erhalten. In unserer Studie erlitten zwei Patienten mit palmarer Plattenlage und ein Patient mit dorsaler Plattenlage einen Repositionsverlust. Die beiden palmaren Osteosynthesen beschrieben osteoporotische Frakturen, die zusätzlich zur Stabilisierung und Defektauffüllung mit Spongiosa unterfüttert wurden. Im Ergebnis zeigte kein Patient mit Repositionsverlust eine klinische Relevanz. Die anfängliche Defektauffüllung mit verschiedenen Knochenersatzmaterialien lies sich mit zunehmender Erfahrung reduzieren.

Das Thema der Kostenanalyse und ihre Bewertung bei der Anwendung der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte und dem vorgestelltem Behandlungsalgorithmus wurde von uns schon 2003 in einer Arbeit vorgestellt (130^{Ella}) und wird daher an dieser Stelle nicht mehr erörtert. Nach Koop et al. (59) ist eine Beurteilung der Qualität einer medizinischen Versorgung nur möglich über die Erfassung der Ergebnisqualität, d.h. des Ausmaßes, bei dem die angestrebten Gesundheitsziele tatsächlich erreicht werden. Dies führt zu einer kritischen Auseinandersetzung zwischen optionaler Therapie und Kosten. In seiner Veröffentlichung über Verletztenrenten und das Ausmaß der Kostenentwicklung nach unbefriedigenden distalen Radiusfrakturen kommen Radek et al. (102) zu dem Schluss, daß es sich aus Gründen einer Kostenentwicklung in keinem Fall lohnt, Kompromisse in Hinblick auf die Qualität der Behandlung in Kauf zu nehmen.

Allgemein wird es in Zukunft immer mehr zur Aufgabe des behandelnden Arztes, eine Brücke zwischen der Diskrepanz einer hoch spezialisierten Maximalversorgung und der finanziellen Belastbarkeit der Gesellschaft zu schlagen. In der Entscheidung zu einer Therapie werden daher sowohl Behandlungsrichtlinien als auch Kosten-Nutzen-Betrachtungen zu einem Kriterium ärztlichen Ermessens.

4.3 Zusammenfassung der Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden prospektiven Studie präsentierten die Daten zweier relativ homogener Populationen. Trotz der geringen Fallzahl in beiden Gruppen (Gruppe A mit 28, Gruppe B mit 33 Patienten) konnte durch die Methodik eine Evidenzgraduierung Typ IIa erreicht werden.

Gemäß unserem Behandlungsalgorithmus und den Empfehlungen einiger Autoren sollte bei unterschiedlichen Verletzungsmustern mit Einschluß relevanter Begleitverletzungen eine differenzierte Versorgung der distalen Radiusfraktur durchgeführt werden. Speziell die hochenergetischen Traumen mit wesentlichen Begleitverletzungen profitieren nach den Erkenntnissen der vorliegenden Studie und den aktuellen Veröffentlichungen von einem zweizeitigen Vorgehen mit primärer Anlage eines Fixateurs externe. Eine in zweiter Sitzung begleitende Arthroskopie gestattet anschließend eine zeitnahe und suffiziente Behandlung der relevanten Begleitverletzungen. Für die Stabilisierung hat sich in dieser Studie wie auch in der Literatur das Verfahren nach dem Drei-Säulen-Prinzip von Rikli etabliert mit einer dem Verletzungsmuster entsprechenden Versorgung durch eine palmare, dorsale oder kombinierte Plattenosteosynthese. Die osteoporotisch assoziierten Typ A3- oder Typ C1-Frakturen ohne Begleitverletzung benötigen in der Regel nur ein einzeitiges Vorgehen mit palmarer oder dorsaler Plattenosteosynthese. Ein möglicher Vorzug eines Zuganges konnte in der Studie nicht bewiesen werden, auch wenn in der Literatur allgemein eine Tendenz nach palmar zu verzeichnen ist. Als vorteilhaft erwies sich die kleindimensionierte 2,4 mm winkelstabile Formplatte, mit insgesamt geringer Morbidität und Komplikationsrate im Vergleich zu alternativen Plattensystemen oder minimalinvasiven Verfahren.

Anhand der vorliegenden Resultate konnte gezeigt werden, dass einer guten anatomisch-radiologischen Rekonstruktion unter Berücksichtigung biomechanischer Aspekte bedingt durch die Begleitverletzungen, eine gute Funktion folgt. Hervorzuheben ist, dass die Rate der sehr guten bis guten Ergebnisse in allen Scores trotz der komplexen Verletzungsmuster mit hoher Beteiligung relevanter Begleitverletzungen und hochenergetischen Traumen in Gruppe A über 75 Prozent lag, wie auch in Gruppe B mit ausschließlich osteoporotisch assoziierten instabilen distalen Radiusfrakturen. In der gegenwärtigen Literatur beschreiben nur sehr wenige Arbeiten ähnliche Verletzungsmuster, weitere Kriterien zum Erreichen einer homogenen Population fehlen in der Regel.

Insgesamt wird deutlich, dass ein direkter Vergleich unserer Ergebnisse mit denen der aktuellen Literatur nicht möglich ist. Es fehlen analoge Studien mit identischer Evidenzgraduierung, Population und Definitionen bezüglich der Komplikationen und Begleitverletzungen. Wird dennoch ein Vergleich mit konventionellen Plattensystemen und dem Fixateur externe angestrebt, zeigen unsere Resultate sehr gute radiologische, funktionelle und subjektive Ergebnisse mit relativ geringen Komplikationsraten und einer frühzeitigen, schmerzfreien Mobilisation obwohl in der Regel in der Literatur weniger komplexe Verletzungsmuster behandelt werden. Auch im Hinblick auf alternative winkelstabile Plattensysteme mit unterschiedlichen Behandlungsalgorithmen zeigen sich trotz komplexer Verletzungen in unserer Population gute und sehr gute Resultate und bestätigen die Erfahrungen aktueller Publikationen.

Welchen Einfluss Begleitverletzungen, Komplikationen, Alter und Verletzungsmechanismus auf die Ergebnisse haben, kann nur durch langfristige, kontrollierte und randomisierte Studien ermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit beeinflussten vorwiegend Läsionen des TFCC Komplexes, des CRSS, der Sinterung und die Läsion des Ramus superficialis des Nervus

radialis die Scores. Damit bekräftigen unsere Untersuchungen, dass ein differenziertes Behandlungsvorgehen bei Verletzungen des TFCC Komplexes, der ligamentären Strukturen und der distalen Ulna angezeigt ist. Als wesentliche Ursache für die Komplikationen waren die kombinierten Zugänge und der Fixateur externe verantwortlich. Jedoch erwiesen sich nur wenige Komplikationen als behandlungsbedürftig und eine operative Revision kam nicht vor. Die Knocheninterponate konnten in den zwei Jahren der Studiendauer mit zunehmender Erfahrung reduziert werden, was den Erfahrungen anderer Autoren entspricht.

Um eine Behandlungsrichtlinie aufstellen zu können, bedarf es kontrollierter Studien, die zeigen, welche Verfahren langfristig die besseren Resultate erbringen. Als notwendige Bedingung sind zuvor eine einheitliche Methodik, Behandlungsziel und eine Bewertung der Ergebnisse zu definieren.

V Zusammenfassung der Studie

5.1 Zusammenfassung

Das Prinzip der Plattenosteosynthese zeigte in der Vergangenheit überwiegend gute Resultate und gilt als etabliertes und sicheres Verfahren bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen. Trotzdem wurde über Probleme und Komplikationen bei konventionellen Plattensystemen, abhängig vom Zugangsweg, der Knochenqualität und der Häufigkeit einer vorzeitigen Materialentfernung berichtet.

Ziel der vorliegenden prospektiven Studie war es, die Anwendbarkeit einer kleindimensionierten 2,4 mm anatomisch angepassten winkelstabilen Formplatten zur Versorgung komplexer distaler Radiusfrakturen mit osteoporotischen Knochen und mit gelenknahen intraartikulären multiplen Fragmenten zu beurteilen sowie die Ergebnisse unseres Behandlungskonzeptes vorzustellen.

Gruppe A (n=28) bestand aus dislozierten, intraartikulären distalen Radiusfrakturen (Typ C ohne Osteoporose) und in Gruppe B (n=33) befanden sich osteoporotisch assoziierte Frakturen (Typ A3 und Typ C). Die Frakturen wurden mit einer 2,4mm winkelstabilen Formplatte (Synthes®) nach dem 3-Säulen-Prinzip entweder palmar, dorsal oder kombiniert versorgt. Je nach Verletzungsmuster erfolgte zunächst eine primäre Stabilisierung mit einem Fixateur extern und späterer Plattenosteosynthese sowie gegebenenfalls Arthroskopie.

Die Analyse unserer Daten zeigte für Gruppe A bei 78 Prozent der Patienten ein gutes bis sehr gutes Resultat beim Score nach Gartland und Werley mit einem DASH-Score von 13,9 Punkten. Der radiologische Score nach Lidström zählte 89 Prozent gute bis sehr gute Resultate. In Gruppe B hatten ebenfalls 78 Prozent der Patienten gute bis sehr gute Resultate beim Score nach Gartland und Werley mit einem DASH Score von 20,3 Punkten und 75 Prozent guten bis sehr guten radiologischen Ergebnissen nach dem Score nach Lidström. Die arthroskopisch assistierten distalen Radiusfrakturen mit versorgten relevanten Begleitverletzungen wiesen 73 Prozent gute bis sehr gute Ergebnisse beim Score nach Gartland und Werley mit einem DASH-Score von 19,1 Punkten und 77 Prozent guten bis sehr guten radiologischen Resultaten nach Lidström auf.

Es bleibt das „goldene Ziel“ eine stabile, anatomiegerechte Fixation der Fraktur zu erreichen, die eine frühzeitig Bewegung und Rehabilitation ermöglicht. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen bei allen Patienten eine stabile Retention dislozierter, intraartikulärer und osteoporotisch assoziierter distaler Radiusfrakturen höherer Verletzungsgrade. Damit sind die Resultate mit denen der gegenwärtigen Literatur bei winkelstabilen Plattensystemen vergleichbar, auch wenn diese häufig weniger komplexe Verletzungsmuster des distalen Radius aufwiesen.

Unser Behandlungsalgorithmus bei intraartikulären Mehrfragmentfrakturen besonders nach Hochrasanztraumen und relevanten Begleitverletzungen mit zweizeitigem Vorgehen und primärer Stabilisierung durch den Fixateur externe hat sich im Vergleich zu den Daten aus der Literatur bewährt. Unter Beachtung der biomechanischen Stabilität sollten Begleitschäden einer zeitigen Behandlung zugeführt werden. Das vorgestellte Verfahren inklusive der assistierten Arthroskopie ist eine adäquate Option bei der Diagnostik und Behandlung von Begleitverletzungen.

Weitere prospektive, randomisierte Studien sind zu fordern, um klare Leitlinien zur Behandlung komplexer, distaler Radiusfrakturen zu erstellen. Die im Rahmen der DRG-

Abrechnungsmodalitäten eingeführten Klinikinformationssysteme könnten für eine entsprechende Qualitäts- und Datenerfassung die notwendige Grundlage bilden.

5.2 Summary

The principle of internal fixation with plates showed in the past mainly good results and is considered to be a safe treatment for distal radius fractures. Never the less some authors report about problems and complications when using conventional plate systems depending on approach and bone quality with consecutive early removal of implants.

The aim of the present prospective study was to evaluate the suitability of a small-dimensioned 2,4mm anatomical adapted locked plate for internal fixation of complex distal radius fractures with osteoporotic bone and articular fractures with multiple small fragments close to the joint line as well as to show the results of our treatment concept.

Group A (n=28) consist of dislocated intraarticular distal radius fractures (AO Type C without osteoporosis) and group B (n=33) were made of osteoporotic fractures (AO Type A3 and C). Fractures were treated according to the 3-column-principle by internal fixation with a 2,4 mm locked plate (Synthes®), whether palmar, dorsal or combined. Depending on the fracture pattern primary stabilization was performed by fixateur extern and secondary internal fixation with a plate as well as arthroscopy when necessary.

Analysis of our data show for group A in 78% good or very good results using the Gartland and Werley score with a DASH score of 13,9 points. The radiologic score of Lidström showed 89% good and very good results. Group B showed as well in 78% of the patients good or very good results using the Gartland and Werley score with a DASH score of 20,3 points and 75% good and very good results using the radiologic Lidström score. Fractures that were treated with adjuvant arthroscopy to address accompanying injuries showed in 73% of the patients good or very good results using the Gartland and Werley score with a DASH score of 19,1 points and 77% good and very good results using the radiologic Lidström score.

It remains the „golden goal“ to achieve a stable and anatomical fixation of the fracture to allow early motion and rehabilitation. The present results show in all patients a stable retention of dislocated, intraarticular and osteoporotic distal radius fractures with complex injury patterns. The results are comparable to those of the present literature for locked plates, though they often demonstrate less complex injury patterns of the distal radius. Our algorithm of treatment for intraarticular complex fracture, especially following highenergy trauma and relevant adjuvant injuries with a two step procedure and primary stabilization with fixateur extern, has proven itself as suitable comparing data of the present literature. Considering biomechanical stability adjuvant injuries should be addressed by early treatment. The presented procedure including assisted arthroscopy is an adequate option for diagnosis and treatment of adjuvant injuries.

Further prospective randomized studies are required to draw up clear guidelines for treatment of complex distal radius fractures. The in context with DRG-billing-modalities introduced clinical information systems could be the basis for an adequate registration of quality and data.

VI Empfehlung für die Praxis

Zum Abschluss der Untersuchung soll der klinische Nutzen der vorliegenden Studie in den folgenden Empfehlungen zusammenfasst werden:

1. Die 2,4 mm winkelstabilen Formplatten sind besonders zur Fixierung dislozierter intraartikulärer Mehrfragmentfrakturen mit kleinen gelenknahen Fragmenten auch bei osteoporotischer Knochenqualität sehr gut geeignet
2. Eine weitere sehr gute Indikation stellen die dislozierten intraartikulären und die osteoporotischen Frakturen mit metaphysären Defekten dar
3. Durch den Einsatz der 2,4 mm winkelstabilen Formplatten kann die Indikation für Knochenersatzmaterialien zur zusätzlichen Stabilisierung reduziert werden
4. Das zweizeitige Behandlungskonzept mit primärer Versorgung durch einen Fixateur extern und anschließender Diagnostik und Therapie behandlungsbedürftiger Begleitverletzungen erwies sich als vorteilhaft für eine adäquate Behandlung komplexer Frakturen des distalen Radius
5. Mit unserem Behandlungskonzept unter Verwendung der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte ist in der Regel eine frühfunktionelle Behandlung schon zwei bis drei Tagen postoperativ möglich
6. Durch das kleindimensionierte Plattendesign und der anatomische Formgebung ist eine geringe Morbidität zu erwarten
7. Frakturen des distalen Radius können als Zeichen einer generalisierten Osteoporose gelten, die dann einer adäquaten Therapie zugeführt werden sollte

VII Literatur

7.1 Literaturquellen

1. AG Glossar des Deutschen Netzwerk EbM (Stand 09/2006) Kunz R Lühmann D , Windeler J, Lelgemann M, Donner-Banzhoff
2. Bade H (1991) Pathomorphologie des Handgelenks bei Fehlstellungen des distalen Radius nach knöchern verheilten Fraktur, *Handchir Mikrochir Plast Chir* 23:3-10
3. Bayer, K-H (2005) Überlegungen zur evidenzbasierten Medizin (EbM) in Hinblick auf ihre Eignung als Werkzeug, um die bisherige Medizin zu reformieren, *Manuelle Medizin* 43: 400-403
4. Beaulé P-E, Dervin GF, Giachino AA, Rody K, Grabowski J, Fazekas A (2000) Self-reported disability following distal radius fractures: The influence of hand dominance, *J Hand Surg* 25A:476-482
5. Bengné U, Johnell O (1985) Increasing incidence of forearm fractures, *Acta Orthop Scand* 56:150-160
6. Beyermann K, Krimmer H, Lanz U (1999) TFCC-Läsionen. Diagnostik und Therapie, *Orthopäde* 28:891-898
7. Black (1996) Why we need observational studies to evaluate the effectiveness of health care, *BMJ*, 312 aus: www.eucomed.be/docs/HTA%20position20%Paper-20%-20%Final.pdf
8. Bohringer G, Schädel-Höpfner M, Junge A, Gotzen L (2001) Die arthroskopische Therapie frischer Discus articularis-Verletzungen bei distalen Radiusfrakturen, *Handchir Mikrochir Plast Chir* 33(4):245-251
9. Breusch SJ, Kuhn KD (2003) Knochenzemente auf Basis von Polymethylmethacrylat, *Orthopäde* 32(1): 41-50
10. Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF (1997) The effects of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study, *J Hand Surg Am* 22: 258–262
11. Brug E, Joosten U, Püllen M (2000) Zum Thema: Frakturtherapie im hohen Alter, *Orthopäde* 29: 318-326; Evidence Level III
12. Carter PR, Frederick HA, Laseter GF (1998) Open Reduction and Internal Fixation of Unstable Distal Radius Fractures With a Low-Profile Plate: A Multicenter Study of 73 Fractures, *J Hand Surg* 23A: 300-307; Evidence Level IIa
13. Catalano LW, Cole RJ, Gelberman RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borrelli J (1997) 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* 79:1290–1302; Evidence Level III
14. Chen AC, Chan YS, Yuan LJ, Ye WL, Lee MS, Chao EK (2002) Arthroscopically assisted osteosynthesis of complex intra-artikular fractures of the distal radius, *J Trauma* 53(2):354-359; Evidence Level III
15. Chidgey LK (1995) The distal radioulnar joint: problems and solutions, *J Am Acad Orthop Surg* 3:95-109
16. Dahlen HC, Frank WM, Sabauri G, Amlang M, Zwipp H (2004) Fehlklassifikation extraartikulärer distaler Radiusfrakturen in konventionellen Röntgenaufnahmen *Unfallchirurg* 107:491-498
17. Dirisamer A, Grampp S (2002) Radiologische Diagnostik der Osteoporose, *Journal für Mineralstoffwechsel* 9(4):7-15
18. Doi K, Hattori Y, Otsuka K, Abe Y, Yamamoto H (1999) Intra-articular Fractures of the distal aspect of the radius: Arthroscopically assisted reduction compared

- with open reduction and internal fixation, *J Bone Joint Surg (Am)* 81:1093-1110; Evidence Level Ib
19. Drobetz H, Kutscha-Lissberg E (2003) Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system, *International Orthopaedics* 27:1-6; Evidence Level III
 20. Drobetz H, Bryant AL, Pokorny T, Spitaler R, Leixnering M, Jupiter JB (2006) Volar Fixed-Angle Plating of Distal Radius Extension Fractures: Influence of Plate Position on Secondary Loss of Reduction—A Biomechanic Study in a Cadaveric Model, *J Hand Surg*; 31A: 615.e1- 615.e9
 21. Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Stürmer KM (2003) Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen, *Chirurg*, 74:827-833; Evidence Level IIa
 22. Dumont C, Stürmer KM (2003) Palmare Plattenosteosynthese bei instabiler distaler Radiusextensionsfraktur, *Operat Orthop Traumatol*,15:130–50
 23. Edwards II CC, Haraszi CJ, McGillivray GR, Gutow AP (2001) Intra-articular distal radius fractures: Arthroscopic Assessment of radiographically assisted reduction, *J Hand Surg* 26A:1036-1041; Evidence Level IIa
 24. Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U (1999) Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der dorsalen/palmaren Abstützplatte, *Orthopäde* 28:853-863; Evidence Level III
 25. Fernandez DL, Flury MC (1994) History, evolution and biomechanics of external fixation of the wrist joint. *Injury* 25 [Suppl 4]:2±13
 26. Fernandez DL, Jupiter JB (1996) *Fractures of the distal radius*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 49–50
 27. Frahm R (2004) Bildgebende Diagnostik des ulnaren Handgelenkschmerzes, *Orthopäde* 33:645-656
 28. Gartland John J, Werley Charles W (1951) Evaluation of healed Colles fracture, *JBJS Vol. 33-A*,4:895-907
 29. Germann G, Wind G, Harth A (1999) Der DASH-Fragebogen—Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31:149–152
 30. Germann G, Harth A, Wind G, Demir E (2003) Standardisierung und Validierung der deutschen Version 2.0. des „Disability of arm, shoulder, hand“ (DASH)-Fragebogens zur Outcome-Messung an der oberen Extremität, *Unfallchirurg* 196:13-19
 31. Geissler, WB (1996) Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius , *J Bone Joint Surg (Am)* 78:357-365
 32. Grampp S, Jergas M, Glüer CC, Lang P, Brastow P, Genannt HK (1993) Radiological diagnosis of osteoporosis: current methods and perspectives, *Radiol Clin North Am* 31:1133-1145
 33. Grechenig W, Fellingner M, Seibert F-J, Plecko M, Peicha G (2004) Distal radius fractures – The value of wrist arthroscopy in the acute setting, *Eur J Trauma* 30:353-360; Evidence Level III
 34. Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C (2003) The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery, *BMC Musculoskeletal Disorders* 4:11
 35. Gupta R, Bozentka DJ, Osterman AL (2001) Wrist arthroscopy: principles and clinical applications, *J Am Acad Orthop Surg* 9(3):200-209; Evidence Level III

36. Gutwald R, Alpert B, Schmelzeisen R (2003) Principle and stability of locking plates, *Keio J Med* 52(1):21-24
37. Handlungsleitlinie Osteoporose aus Empfehlungen zur Prävention und Therapie der Osteoporose Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft, *Arzneiverordnung in der Praxis, Sonderheft*, 1. Auflage, Februar 2003
38. Handroll HH, Madhok R (2002) Managing fractures of the distal radius in adults, *Acta Orthop Scand (Suppl 305)* 73:45-48; Evidence Level Ia
39. Handroll HH, Madhok R (2003) Update of Cochrane Database Syst Rev 2001; (3):CD003209 Surgical interventions for treating distal radial fractures in adults; Evidence Level Ia
40. Handoll HHG, Madhok R (2006) Surgical interventions for treating distal radial fractures in adults, *The Cochrane Database of Systematic Review Issue 2*, *Cochrane Library (ISSN 1464-790X)*; Evidence Level Ia
41. Hansis M (1999) Die Sudeck'sche Dystrophie. Eine unvermeidbare Verletzungskomplikation bei der distalen Radiusfraktur? *Zentralblatt für Chirurgie*, Vol: 124 (4):479-482; Abstrakt
42. Hegeman JH, Oskam J, van der Palen J, Ten Duis HJ, Vierhout PAM (2004) The distal radius fracture in elderly women and the bone mineral density of the lumbar spine and hip, *Journal of Hand Surg* 29B(5):473-476
43. Hempfling H (1998) Bedeutung des Ellengriffs in der Therapie distaler Radiusfrakturen, *Trauma Berufskrankheit* 1:40-48; Evidence Level III
44. Hempfling H (1999) Arthroskopisch assistierte Versorgung distaler Radiusfrakturen. Indikation, Technik, Ergebnisse, *Arthroskopie* 12:125-136; Evidence Level IV
45. Hempfling H (2004) Die Läsionen des Handgelenkdiskus, *Orthopäde* 33:657-675
46. Huber FX, Hillmeier J, Herzog L, McArthur N, Kock H-J, Meeder PJ (2006) Open Reduction and Palmar Plate-Osteosynthesis in Combination With a Nanocrystalline Hydroxyapatite Spacer in the Treatment of Comminuted Fractures of the Distal Radius, *J Hand Surg* 31B (3): 298-303, Evidence Level IIa
47. Illarramendi A, González della Valle A, Segal E, De Carli P, Maignon G, Galluci G (1998) Evaluation of simplified Frykman and AO classifications of fractures of the distal radius, *Int Orthop* 22:111-115
48. Itoh S, Tomioka H, Tanaka J, Shinomiya K (2004) Relationship Between Bone Mineral Density of the Distal Radius and Ulna and Fracture Characteristics, *J Hand Surg* 29A: 123-130
49. Jupiter JB, Fernandez DL, Toh CL, Fellman T, Ring D (1996) Operative treatment of volar intraarticular fractures of the distal end of the radius, *J Bone Joint Surg Am*;78:1817-28; Evidence Level III
50. Jupiter JB (1997) Complex articular fractures of the distal radius: classification and management, *J Am Acad Orthop Surg* 3:119-129;
51. Jupiter JB, Fernandez DL (2001) Complications following distal radial fractures, *J Bone Joint Surg Am*; 83:1243-1265; Evidence Level IV
52. Jupiter JB, Ring D, Weitzel PP (2002) Surgical treatment of redisplaced fractures of the distal radius in patients older than 60 years, *J Hand Surg (Am)* 27(4):714-723; Evidence Level III
53. Jutberger H, Sinclair H, Malmqvist B, Obrant K (2003) Screening for postmenopausal osteoporosis. Women with distal radius fractures should be evaluated for bone density, *Lakartidningen* Jan 9;100 (1-2):31-4
54. Kambouroglou GK, Axelrod TS, (1998) Complications of the AO/ASIF Titanium Distal Plate system (π plate) in Internal Fixation of the Distal Radius: A Brief Report, *J Hand Surg* 23A: 737-741; Evidence Level IV

55. Kanis JA (1994) Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report, WHO Study Group, WHO Collaborating Centre for Metabolic Bone Disease, *Osteoporos Int* 4(6):368-81
56. Keller M, Steiger R (2006) Open reduction and internal fixation of distal radius extension fractures in women over 60 years of age with the dorsal radius plate (π -plate), *Handchir Mikrochir Plast Chir*, Apr;38(2): 82-89; Evidence Level III
57. Knirk JL, Jupiter JB (1986) Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults, *J Bone Joint Surg Am* 5: 647-659; Evidence Level III
58. Köck FX, Borisch N, Koester B, Grifka J (2003) Das komplexe regionale Schmerzsyndrom Typ I (CRPS I). Ursachen, Diagnostik und Therapie, *Orthopädie* 32:418-431
59. Koop I, Müller W, Lorenz W (2003) Die zentrale Rolle von Outcome in Leitlinien und Disease-Management Programmen, *Deutsche Gesellschaft für Chirurgie, Mitteilungen* 02/03:147-151
60. Kopylov P, Johnell O (1993) fractures of the distal end of the radius in young adults: a 30 year follow up, *J Hand Surg (Br)* 2, 18(1): 45-49; Evidence Level III
61. Koshimune M, Kamano M, Takamatsu K, Ohashi H (2005) A randomized comparison of locking and non-locking palmar plating for unstable Colles' fractures in the elderly, *Journal of Hand Surgery*; 30B:5:499-503; Evidence Level IIa
62. Kreder HJ, Hanel DP, McKee M, Jupiter J, McGillivray, Swiontkowski MF (1996) Consistency of AO fracture classification for the distal radius, *J Bone Joint Surg (Br)* 78-B:726-31
63. Kreder HJ (2002) Commentary. Review: evidence on surgical interventions for distal radial fractures is inconclusive, *EBM* 92 Volume 7
64. Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R (2004) Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur, *Unfallchirurg* 107:460-467; Evidence Level III
65. Kuner EH, Mellios K, Berwarth H (2002) Behandlung der komplizierten distalen Radiusfraktur mit dem Fixateur externe, *Unfallchirurg* 105:199-207; Evidence Level III
66. Lang S (2006) Die Rolle randomisierter kontrollierter Studien bei der medizinischen Bewertung von Routineverfahren, *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 49: 272-277
67. Letsch R, Infanger M, Schmidt J, Kock H-J (2003) Operative treatment of fractures of the distal radius with plates – a comparison of palmar and dorsal plate position, *Arch Orthop Trauma Surg* 123: 333-339; Evidence level III
68. Leung F, Zhu L, Ho H, Lu W, Chow SP (2003) Palmar plate fixation of AO type C2 fracture of distal radius using a locking compression plate – a biomechanical study in a cadaveric model, *Journal of Hand Surgery (Br)* 28B:3:263-266
69. Lidström, A (1959) Fractures of the distal end of the radius. A clinical and statistical study of end results. *Acta Orthop Scand (Suppl)* 41:1-118
70. Lindau T, Arner M, Hageberg L (1997) Intraarticular lesions in distal fractures of the radius in young adults, *Journal of Hand Surgery (Br)* 22B: 5: 638-643; Evidence Level III
71. Lindemann-Sperfeld L, Pilz F, Marintschew I, Otto W (2003) Der distale Speichenbruch. Minimalinvasive Kirschnerdrahtosteosynthese. Indikation und Ergebnisse, *Chirurg* 74:1000-1008; Evidence Level III
72. MacKenney P J, McQueen M M , Elton R (1999) Prediction of Instability of Fractures of the Distal Radius, aus: www.eRadius.com

73. Mallmin H, Ljunghall S (1994) Distal radius fracture is an early sign of general osteoporosis: bone mass measurements in a population-based study, *Osteoporos Int* 4 (6):357-361
74. Margaliot Z, Haase SC, Kotsis SV, Kim HM, Chung KC (2005) A Meta-Analysis of Outcomes of External Fixation Versus Plate Osteosynthesis for Unstable Distal Radius Fractures, *J Hand Surg* 30A: 1185.e-1185.e17; Evidence Level Ia
75. Martini AK, Fromm B (1991) Die sekundäre Arthrose des Handgelenkes bei in Fehlstellung verheilten und nicht korrigierter distaler Radiusfraktur, *Handchir Mikrochir Plast Chir* 23:249-254
76. Matschke S, Kruhl Ch, Wentzensen A (2004) Erste Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten, *Trauma Berufskrankh*, 6(Suppl 1):19-26; Evidence Level IIa
77. May M M, Lawton J N, Blazar P E (2002) Ulnar Styloid Fractures Associated With Distal Radius Fractures: Incidence and Implications for Distal Radioulnar Joint Instability, *J Hand Surg*, 27A:965-971
78. McKay SD, MacDermid JC, Roth JH, Richards RS (2001) Assessment of Complications of Distal Radius Fractures and Development of a Complication Checklist, *J Hand Surg*, 26A:916–922
79. McQueen MM, Hajducka C, Court-Brown CM (1996) Redisplaced unstable fractures of the distal radius. A prospective randomized comparison of four methods of treatment, *J Bone Joint Surg (Br)* 78-B:404-409; Evidence Level Ib
80. Meier R, Krettek C, Krimmer H (2003) Bildgebende Verfahren am Handgelenk, *Unfallchirurg* 106:999-1009;
81. Melone Charles P, Jr (1984) Articular fractures of the distal radius, *Orthop Clin North Am* 15:217-236
82. Melone Charles P, Jr (1993) Distal radius fractures: Patterns of articular fragmentation, *Orthop Clinics of North Am*, Vol 24:239-253
83. Moneim MS (1981) The tangential posteroanterior radiograph to demonstrate scapholunate Dissociation, *J Bone Joint Surg* 63 A(8):1324-1326
84. Moore DC, Hogan KA, Crisco JJ III, Akelman E, DaSilva MF, Weiss APC (2002) Three-dimensional *in vivo* kinematics of the distal radioulnar joint in malunited distal radius fractures, *J Hand Surg*, 27A:233–242
85. Moser VL, Pommersberger K-J, Pessenlehner C, Meier M, Krimmer H (2004) Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur, *Operat Orthop Traumatol* 16:380-396
86. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J (1990) Comprehensive classification of fractures of long bones, Springer, Berlin – HD – New York
87. Oestern H-J, (2003) Aktueller Stand der Behandlung von Radiusfrakturen, *Trauma Berufskrankh* 5 (Suppl 1):522-525; Evidence Level III
88. Orbay JL, Fernandez DL (2002); Volar fixation for dorsally displaced features of the distale radius: A preliminary report, *J Hand Surg (Am)* 27:205-217; Evidence Level IIa
89. Orbay JL, Fernandez DL (2004); Volar fixed-angle plate fixation for unstable distale radius fractures in the elderly patient; *J Hand Surg (Am)* 29:96-102; Evidence Level III
90. Osada D, Viegas SF, Shah MA, Morris RP, Patterson RM (2003) Comparision of Different Distal Radius Dorsal and Volar Fraktur Fixation Plates: A Biomechanical Study, *J Hand Surg*; 28A: 94-104
91. Osada D, Fujita S, Tamai K, Iwamoto A, Tomizawa K, Saotome K (2004) Biomechanics in Uniaxial Compression of Three Distal Radius Volar Plates, *J Hand Surg* 29A: 446-451

92. Otto W (2000) Minimalinvasive Osteosynthesetechniken bei distalen Radiusfrakturen, Trauma Berufskrankh 2(Suppl 1):5-7; Evidence Level IV
93. Palmer AK (1990) Triangular fibrocartilage disorders: injury pattern and treatment, Arthroscopy 6:125-132
94. Peicha G, Seibert FJ, Grechenig W, Fellingner M, Clement H (2000) Die arthroskopisch unterstützte Osteosynthese distaler intraartikulärer Radiusfrakturen, Operative Orthopädie und Traumatologie; 12:109-121 (Heft 2)
95. Peine R, Rikli DA, Hoffmann R, Duda G, Regazzoni P (2000) Comparison of three different plating techniques for the dorsum of the distal radius: A biomechanical study, J Hand Surg 25A:29-33; Evidence Level IIb
96. Petravic B, Balk R, Faensen M, Hagemann M et al (1998) Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur bei Erwachsenen und Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses, Trauma Berufskrankheit 1:33-39; Evidence Level IIa
97. Pilz F, Lindemann-Sperfeld L, Winter S, Wieland O (2000) Distale Radiusfrakturen: Behandlungskonzept und Erfahrungen, Trauma Berufskrankh 2:313-319; Evidence Level III
98. Poigenfürst J., Tuchnan A. (1978) Bedeutung der ulnaren Bandverletzung beim Speichenbruch an typischer Stelle, Handchirurgie 10: 121-124
99. Povacz P, Breitfuß H, Klampfer H (1996) Ist der statische Fixateur externe eine geeignete Methode zur Behandlung von Mehrfragmentfrakturen des distalen Speichenendes ? Handchir Mikrochir Plast Chir 28:302–305
100. Prommersberger KJ, Froehner SC, Schmitt RR, Lanz UB (2004) Rotational deformity in malunited fractures of the distal radius, J Hand Surg 29A:110-115
101. Quarck F (2002) Die distale Radiusfraktur, eine Metaanalyse verschiedener Behandlungsformen und deren Ergebnisse, Promotionsarbeit an der Medizinischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Evidence Level IIa
102. Radek E, Köhler T, Münch K, Matschke S, Wentzensen A, (2003) Verletztenrenten auf unbestimmte Zeit nach distalen Radiusfrakturen, Trauma Berufskrankh, 5:253-259
103. Rappold G, Leixnering M, Pezzeri C (2001) Diagnostik und Therapie karpaler Begleitverletzungen bei distalen Radiusfrakturen, Handchir Mikrochir Plast Chir 33(4):221-228
104. Raspe H (1996) Evidence based medicine: Modischer Unsinn, alter Wein in neuen Schläuchen oder aktuelle Notwendigkeit? Z ärztl Fortbild (ZaeF) 90: 553-562
105. Reiter F-O, Hockertz TJ, Gruner A, Reilmann H (2005) Lassen sich Korrekturverluste bei winkelstabilen Osteosynthesen vermeiden?, Trauma Berufskrankh; 7(Suppl): 65-68
106. Rikli DA, Regazzoni P (1996) Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases, J Bone Joint Surg (Br) 78-B:588-92; Evidence level III
107. Rikli DA, Küpfer K, Bodoky A, Long term results of the external fixation of distal radius fractures, Journal of Trauma, 44(6):970-976; Evidence Level III
108. Rikli DA, Regazzoni P (1999), Distale Radiusfrakturen, Schweiz Med Wochenschr 129:776-785
109. Rikli DA, Rosenkranz J, Ragazzoni P (2003) Complex fractures of the distal radius, Eur J Trauma 29:199-207; Evidence Level III
110. Rikli DA (2004) Clinical notes: Distal radius fractures, AO Journal Club, Orthop trauma dir 05:9-15; Evidence Level IV
111. Rikli DA, Businger A, Babst R (2005) Die dorsale Doppelplattenosteosynthese am distalen Radius, Oper Orthop Traumatol; 17:624-640

112. Ring D, Prommersberger K, Jupiter JB (2004) Combined dorsal and volar plate fixation of complex fractures of the distal part of the radius, *JBJS Vol. 86-A*:1646-1652; Evidence Level III
113. Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, Buechler U, Hastings H 2nd (1998) Prospective Multicenter Trial of a Plate for Dorsal Fixation of Distal Radius Fractures; *J Hand Surg 22A (5)*: 777-784; Evidence Level IIa
114. Rogachefsky RA, Lipson SR, Applegate B (2001) Treatment of severely comminuted intraarticular fractures of the distal end of the radius by open reduction and combined internal and external fixation, *J Bone Joint Surg, 83A*:509–519; Evidence Level III
115. Rose S, Frank J, Marzi I (1999) Diagnostische und therapeutische Bedeutung der Arthroskopie bei der distalen Radiusfraktur, *Zentralblatt für Chirurgie, Vol: 124 (11)*: 984-982; Abstrakt
116. Rozental T D, Beredjikian P K , Bozentka D J (2003) Functional outcome and complications following two types of dorsal plating for unstable fractures of the distal part of the radius, *J Bone J Surg Am 85 (10)*:1957-1960; Evidence Level III
117. Rozental TD, Blazar PE (2006) Functional Outcome and Complications After Volar Plating for Dorsally Displaced, Unstable fractures of the Distal Radius, *J Hand Surg; 31A*: 359-365: Evidenve Level III
118. Ruch DS, Yang CC, Smith BP (2003) Results of acute arthroscopically repaired triangular fibrocartilage complex injuries associated with intra-articular distal radius fractures, *Arthroscopy 19(5)*:511-516; Evidence Level III
119. Ruch DS, Yang CC, Smith BP (2004) Results of Palmar Plating of the Lunate Facet Combined With External Fixation for the Treatment of High-Energy Compression Fractures of the Distal Radius, *J Orthop Trauma 18*:28–33; Evidence Level III
120. Ruch DS, Papadonikolakis A (2006) Volar versus dorsal plating in the management of intra-articular distal radius fractures, *Journal of Hand Surgery; 31(1)*: 9-16; Evidence Level III
121. Rueger M, Linhardt W, Sommerfeldt DW (1998) Differentialindikation zur Behandlung der distale Radiusfraktur , *Trauma Berufskrankheit 1*:6-14; Evidence Level IV
122. Sackett DL (1996) Evidence based medicine: what it is and what it isn't, *BMJ 312*: 71-72, Abstract
123. Sakhaii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H (2003) Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen, *Unfallchirurg 4*:272–280; Evidence Level IIa
124. Sarmiento A, Pratt, GW, Berry NC, Sinclair WF (1975) Colles Fracture: Functional Bracing in Supination, *J Bone Joint Surg, 57A*:311-317; Abstrakt
125. Schädel-Höpfner M, Böhringer G, Junge A, Celik I, Gotzen L (2001) Arthroskopisch gesicherte Begleitverletzungen des skapholunären Bandapparates bei distale Radiusfrakturen, *Handchir Mikrochir Plast Chirurgie 33(4)*:229-233
126. Schädel-Höpfner M, Iwinska-Zelder J, Bohringer G, Braus T, Kloose KJ, Gotzen L (2001) Magnetresonanztomographie oder Arthroskopie in der Diagnostik skapholunärer Bandschäden bei distalen Radiusfrakturen, *Handchir Mikrochir Plast Chirurgie 33*:234-238
127. Schmacke N (2006) Evidenzbasierte Medizin und Psychotherapie: die Frage nach den angemessenen Erkenntnismethoden, *Psychother Psych Med, 56*: 202-209
128. Schneiders W, Amlang M, Rammelt S, Zwipp H (2005) Häufigkeit der traumatischen und chronischen skapholunären Bandläsion bei distaler Radiusfraktur, *Unfallchirurg; 108*:715-720

129. Schoonhoven van J, Prommersberger K-J, Krimmer H, Lanz U (1999) Läsionen der skapholunären Bandverbindung, *Trauma Berufskrankh*; 1:173-181
130. Schupp A, Tuttlies C, Möhlig T, Siebert HR (2003) Der distale Speichenbruch Winkelstabile Osteosynthese mit 2.4 mm Formplatten. Ist der Aufwand gerechtfertigt? *Chirurg* 74:1009–1017; Evidence Level IIa
131. Schnürer SM, Gopp U, Kühn K-D, Breusch SJ (2003) Knochenersatzwerkstoffe, *Orthopäde* 32: 2–10
132. Seibert FJ, Peicha G, Greichenig W, Schippinger G, Passler JM, Fellingner M (1998) Distal radial fractures „loco typico“ Arthroscopically assisted treatment of distal intraarticular fractures of the radius – midterm results, *Arthroskopie* 11: 259-270
133. Siebert HR (2003) Plattenosteosynthese von dorsal, *OP Journ* 1:34-40
134. Siebert HR, Klönz A (2005) Distale Radiusfraktur, *Unfallchirurg* 108:135-153
135. Simic PM, Weiland AJ (2003) Fractures of the distal aspect of the radius: Changes of treatment in the past two decades, *J Bone Joint Surg (Br)* 85:552-563
136. Simic PM, Robison J, Gardner MJ, Gelbermann RH, Weiland AJ, Boyer MI (2006), Treatment of distal radius fractures with a low-profile dorsal plating system: An outcomes assessment, *Journal of Hand Surgery*; 31A: 3:382-386; Evidence Level IV
137. Singer BR, McLaughlan GJ, Robinson CM, Christie J (1998) Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender, *J Bone Joint Surg (Br)* 80(2):243-248
138. Stahel PF, Infanger M, Bleif IM, Heyde CE, Ertel W (2006) Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese, *Trauma Berufskrankh* 7(Suppl 1): 27-32
139. Statistische Bundesamt, Wiesbaden 2004
140. Stengel D, Porzolt F (2003) Evidence based medicine: Randomisierung nicht zwingend erforderlich, *Deutsches Ärzteblatt* 100, Ausgabe 33
141. Strobel MJ (2002) *Manuel of Arthroscopic Surgery*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
142. Swan K, Capo JT, Virak T (2003) Distal radius plating options, *Curr Opin Orthop* 14:238-244
143. Thielke KH, Spors-Schrödter L, Wasgner T, Soleymani H, Hillrichs B, Echtermeyer V (2003) Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius: Lösung einer Problemfraktur? *Akt Traumatol* 6: 245–250; Evidence Level III
144. Trumble TE, Schmitt S, Vedder NB, (1994) Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures, *J Hand Surg* 19A:325-340; Evidence Level III
145. Trumble TE, Culp R, Hanel DP, Geissler WB, Berger RA (1998) Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius, *J Bone Joint Surg (Am)* 80:582-600; Evidence Level III
146. Trumble TE, Culp RW, Hanel DP (1999) Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. *Instr Course Lect*; 48:465–80
147. Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, Winker KH (2001) Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen, *Akt Traumatol* 31:141–148; Evidence Level IIa
148. Völlinger M, Partecke BD (2003) Nachbehandlung nach distalen Unterarmfrakturen und Handwurzelverletzungen, *Orthopäde* 32:380-385
149. Walz M, Kolbow B, Auerbach F (2004) Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen, *Unfallchirurg* 107:664-670; Evidence Level: IIa

150. Wakefield AE und McQueen MM (2000) The role of physiotherapy and clinical predictors of outcome after fracture of the distal radius, *J Bone Joint Surg (Br)* 82-B:972-6; Evidence Level Ib
151. Wegscheider K (2005) Klinische Prüfungen –Ein Überblick, *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 48: 515-523
152. Wiemer P, Köster G, Felderhoff J, Weber U (1999) Frakturen am distalen Radius. Wandel der therapeutischen Strategien, *Orthopäde* 28:846-852; Evidence Level IV
153. Wilhelm K, Kettler M, Strassmair M (2001) SL-Bandrekonstruktion mit Mitek-Fadenankerdübeln, *Unfallchirurg* 104: 127-130
154. Woltmann A, Wagner F, Beisse R, Bühren V (2004) Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius, *Trauma Berufskrankh* 6 (Suppl 2):251-257; Evidence Level III
155. Zingg U, Rillmann P, Metzger U, Platz A (2005) Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der AO/ASIF Titan-Pi-Platte, *Unfallchirurg* 108: 206-214; Evidence Level III

,

7.2 Evidenzgraduierungsschema

Das Evidenzgraduierungsschema des Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) in der aktuellen Version (2001) (http://www.cebm.net/levels_of_evidence.asp)		
Grad	Therapie, Ätiologie	Diagnose
1a	Systematisches Review von randomisiert-kontrollierten Studien	Systematisches Review von 1b-Studien, unabhängig validierte Entscheidungsregel
1b	Randomisiert-kontrollierte Studie	Validierende Kohortenstudie unabhängiger verblindeter Tests, einmalig validierte Entscheidungsregel
1c	Alles-oder-Nichts-Prinzip	Alles-oder-Nichts-Prinzip
2a	Systematisches Review von Studien des Grades 2b oder besser	
2b	Kohortenstudie mit Kontrollgruppe	Explorative Kohortenstudie unabhängiger verblindeter Tests, unvalidierte Entscheidungsregel
2c	Populationsbezogene Versorgungsforschung (Outcome-Forschung)	–
3a	Systematisches Review von Studien des Grades 3b oder besser	
3b	Fall-Kontroll-Studie	Kohortenstudie an nicht-konsekutiven Patienten oder unvollständige Referenzdiagnostik
4	Fall-Serie ohne Kontrollgruppe	Fall-Kontroll-Studie, Referenzdiagnostik war abhängig vom Indextest oder unverblindet
5	Unbelegte Expertenmeinung, Ergebnisse nicht-klinischer Forschung	

entnommen aus S. Sauerland, Bundesgesundheitsblatt- Gesundheitsforschung-
Gesundheitsschutz 2006

VIII Tabelle der Studie aller mit der 2,4 mm winkelstabilen Formplatte (mit Gruppe A = 28, Gruppe B = 33 und den Exkludierten = 8 Patienten) versorgten Patienten

Alter	m=1,w=2	Unfallursache	Melone	AO	Osteoporose	Q	PSU	ASK	TFCC	SL	LT	Karpal	NUZ	DASH	G&W	Bt	Lidström	rad Lidström	sub Bew	VAS	Kraft	Ext	Flex	Rad	Ulnar	Sup	Pro	dp	Böhler	Diastase	ia Stufe	Ulnarvariaz	Komplikation
62	2	Sturz aus Höhe	2a	C2	ja								14	87,5	schlecht	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	5	2 zu 22	35	35	15	25	90	90	-3	31	> 2 mm	6	Sinterung	
49	2	häusl. Unfall	5	C3		5	ja						24	15,8	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	4	12 zu 24	50	40	25	30	90	85	0	21	> 2 mm	-1	R. superfic.	
73	2	Stolpersturz	2b	C3	ja	5	ja	2d					20	15,8	gut	gut	mäßig	mäßig	sehr gut	4	8 zu 20	80	50	20	30	90	90	-7	20	> 2 mm	-1	MC Fraktur	
62	2	Stolpersturz	2b	C2	ja			2b				1	20	18,3	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	2,5	32 zu 30	50	60	20	45	80	80	12	30	> 2 mm	3		
76	2	Stolpersturz	2a	C2	ja			1					12	5,8	gut	sehr gut	mäßig	mäßig	gut	0	15 zu 12	70	70	20	30	80	80	0	28	> 2 mm	3	R. superfic.	
19	1	Verkehrsunfall	2b	C3		1	ja	1d		3			12	5	mäßig	mäßig	gut	gut	mäßig	1	28 zu 50	30	60	5	40	90	90	2	19		-1		
22	2	Stolpersturz	2a	C1				1	ja		2		28	1,6	excellent	gut	sehr gut	sehr gut	3	28 zu 32	90	85	40	60	90	90	10	22		0			
27	2	Sport	2a	C2				1					12	11,6	gut	gut	sehr gut	sehr gut	1	12 zu 26	50	45	15	25	80	80	10	24		0			
29	2	Sport		A3				1					20	5	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	1	34 zu 40	75	75	30	45	90	90	10	22		0			
30	2	Treppensturz	2a	C2				1					27	0,8	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	0	40 zu 40	80	80	30	40	90	80	10	21		0			
34	2	Sport		A2									20	3,3	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	0	32 zu 44	70	70	30	35	90	90	10	22		0	CRSS		
36	1	Sturz aus Höhe	2b	C2									26	29,2	mäßig	mäßig	gut	schlecht	3,5	44 zu 58	60	50	20	15	80	80	-8	22		3			
38	1	Sturz aus Höhe	5	C3				1					26	19,2	gut	gut	sehr gut	mäßig	1	30 zu 64	65	55	10	35	90	90	10	21		1	EPL Ruptur		
38	1	Sport	2b	C2					ja	1a	1		18	3,3	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	1	36 zu 40	90	60	30	45	90	90	8	20		1			
41	1	Sport	2b	C2					ja	1d			33	2,5	excellent	sehr gut	gut	sehr gut	1	78 zu 68	60	80	40	40	90	90	-5	22		-3			
44	2	Sport		A3					ja	1a			24	15	excellent	sehr gut	gut	sehr gut	1	24 zu 20	85	75	20	40	90	90	-5	22		0			
45	1	Stolpersturz	2a	C1					ja		2		12	10	excellent	gut	sehr gut	gut	2	56 zu 54	80	70	20	40	80	80	4	24		-2			
47	1	Sturz aus Höhe	5	C2				1	ja	2b			18	5,8	excellent	sehr gut	sehr gut	gut	0	45 zu 50	60	55	25	40	80	85	12	20		-1			
47	1	Sport	2b	C2							1 bis 2		13	1,6	excellent	sehr gut	sehr gut	gut	1	55 zu 50	80	80	20	40	90	90	12	28		0			
48	1	Sturz aus Höhe	5	C2				4	ja	1a			30	55,8	mäßig	schlecht	sehr gut	mäßig	6,5	40 zu 64	40	50	15	40	45	80	9	20		0			
49	2	Stolpersturz		A3				1	ja		2		35	45,8	mäßig	gut	sehr gut	mäßig	3	20 zu 28	40	45	20	45	85	90	0	20		-1			
49	2	Stolpersturz	2b	C3				1					14	D	excellent	gut	sehr gut	gut	1	10 zu 20	65	60	30	40	80	80	4	22		-1			
50	1	Sturz aus Höhe	2b	C3				4	ja	1a			24	6,6	gut	gut	sehr gut	sehr gut	1	44 zu 56	60	65	20	40	75	70	11	30		1			
51	2	Stolpersturz	2a	C2					ja	1a/d			34	5,8	gut	gut	sehr gut	gut	1,5	28 zu 30	70	60	25	40	90	90	8	22		1			
52	2	Verkehrsunfall	3	C2				1	ja		2		15	38,3	mäßig	mäßig	sehr gut	mäßig	4	10 zu 28	35	40	15	25	70	80	6	22		0	CRSS		
52	1	Sturz aus Höhe	2b	C2					ja	1d			16	38,3	mäßig	mäßig	sehr gut	mäßig	6	28 zu 36	35	40	0	35	80	80	7	24		0			
55	2	Glätteis	2a	C2					ja				30	13,3	gut	sehr gut	gut	gut	1	26 zu 34	60	60	25	20	80	80	8	22		5	Sinterung		
59	1	Sport	5	C3	ja			1	ja	1b/1d	1 bis 2	1	24	5	excellent	sehr gut	sehr gut	gut	1	18 zu 28	70	60	20	40	80	80	0	22		0			
59	1	Sturz aus Höhe	2a	C2									28	18,3	gut	mäßig	sehr gut	mäßig	5	18 zu 34	50	35	15	30	50	90	10	28		0			
59	2	häusl. Unfall		A3									17	0	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	1	28 zu 30	75	75	25	50	90	90	0	20		-2			
60	2	Glätteis	2a	C3	ja								32	30	gut	mäßig	gut	schlecht	4,5	18 zu 28	60	45	20	45	90	90	22	20		0			
61	2	Stolpersturz	2b	C3				1	ja	2b			19	36,6	gut	gut	mäßig	mäßig	4	20 zu 36	70	65	30	38	80	80	-12	18		0	Infekt		
61	1	Sturz aus Höhe	2b	C2						ja		1	24	2,5	gut	gut	sehr gut	gut	1	34 zu 30	70	70	15	45	90	90	5	25		0	Infekt		
62	2	Glätteis		A3									21	1,6	excellent	gut	sehr gut	mäßig	3,5	28 zu 30	75	70	20	30	90	90	-6	26		1			
63	1	Stolpersturz	2b	C3	ja				ja				18	63,3	mäßig	mäßig	schlecht	mäßig	5	10 zu 50	40	45	35	40	80	70	-17	12		2	R. superfic.		
63	2	Stolpersturz	2a	C2	ja					2b	2 bis 3	1	25	5	excellent	sehr gut	sehr gut	sehr gut	1	28 zu 38	60	50	30	30	90	90	1	21		-3			
64	2	Stolpersturz	2a	C2				1					34	5	gut	gut	sehr gut	mäßig	3	28 zu 20	80	65	40	65	90	90	6	26		-2			
65	2	Stolpersturz	1	C2	ja				ja	1a	1 bis 2		16	28,3	gut	mäßig	gut	mäßig	3	12 zu 20	55	20	15	30	70	80	-2	18		0	CRSS		
65	2	Stolpersturz	1	C2	ja								17	25	gut	gut	gut	gut	2	20 zu 25	90	40	10	40	90	90	-2	28		0	R. superfic.		
66	2	Verkehrsunfall	2a	C2	ja			4					21	25	gut	gut	gut	gut	2	10 zu 15	50	70	20	30	90	90	3	16		-5			
68	2	Stolpersturz	2b	C2				1					24	5	gut	gut	gut	gut	1	10 zu 18	60	40	30	10	90	90	-8	24		1			
69	2	Stolpersturz	2b	C3	ja			2	ja		2		15	28,3	mäßig	gut	gut	gut	5	16 zu 22	40	40	5	40	70	80	-4	22		-3			
69	2	Stolpersturz	3	C2	ja			5					14	21,6	gut	gut	schlecht	gut	2	8 zu 20	80	60	20	40	90	90	-20	22		-2	Sinterung		
69	1	Stolpersturz	2b	C2									33	5	mäßig	gut	gut	gut	3	34 zu 28	30	50	5	45	80	90	4	16		-1			
70	1	Stolpersturz	2b	C3	ja			1					14	5,8	excellent	mäßig	mäßig	sehr gut	1	22 zu 36	45	60	20	30	90	90	-12	22		0	Infekt		
70	2	Glätteis		A3	ja								14	10,8	mäßig	mäßig	gut	gut	2	14 zu 20	40	20	20	30	90	90	9	21		4			
71	2	Stolpersturz		A3	ja			1					26	19,2	gut	gut	sehr gut	gut	3	12 zu 24	50	70	25	40	90	90	12	22		0			
72	2	Sport		A3	ja			4					24	3,3	gut	sehr gut	gut	sehr gut	0	18 zu 24	70	60	20	30	90	90	-10	30		3	Infekt		
72	2	Stolpersturz	1	C1	ja			5					13	2,5	gut	sehr gut	gut	gut	1	22 zu 24	60	70	10	10	90	90	-6	30		0			
72	2	Stolpersturz	2b	C2								1	14	20	gut	gut	gut	gut	2	12 zu 22	50	60	25	30	70	90	-10	18		-2			
73	2	Haushaltssturz	5	C3	ja			1					12	12,5	mäßig	mäßig	sehr gut	sehr gut	2	20 zu 28	30	50	10	40	40	15	20		1				
73	2	Verkehrsunfall		A3	ja			1					12	1,6	excellent	sehr gut	mäßig	sehr gut	0	25 zu 30	50	60	20	40	90	90	-12	32		2			
73	2	Haushaltssturz	2b	C2					ja	1b	1 bis 2	1	18	11,6	gut	gut	gut	gut	2	14 zu 18	40	50	30	30	90	90	0	18		0			
74	2	Stolpersturz		A3	ja			5					18	12,5	gut	gut	sehr gut	gut	2	22 zu 32	45	55	20	20	80	80	5	21		0			
76	2	Stolpersturz	2a	C2	ja			1					11	7,5	excellent	gut	sehr gut	gut	0	13 zu 20	50	40	25	20	90	90	8	26		2			
77	2	Sport	2a	C1					1	ja			15	7,5	gut	gut	mäßig	gut	1	20 bds	60	40	10	40	90	90	-14	22		1			
78	2	Stolpersturz	2a	C1	ja			4					17	1,6	excellent	sehr gut	sehr gut	gut	1	16 zu 18	70	60	35	30	90	90	0	26		1			
79	2	Stolpersturz	3	C3	ja			1					26	11,6	excellent	gut	sehr gut	sehr gut	1	15 zu 23	60	55	25	30	80	80	6	22		0			
79	2	Synkope		A3			</																										

IX Danksagung

Hiermit bedanke ich mich herzlich für die Unterstützung bei meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. med. H.R. Siebert in Schwäbisch Hall und bei Herrn Professor Dr. med. I. Marzi in Frankfurt am Main.

Einen weiteren Dank möchte ich der Chefarztsekretärin Frau T. Rößler und den Mitarbeiterinnen aus der unfallchirurgischen Ambulanz aussprechen.

Vielen Dank meiner wundervollen Ehefrau Frauke Tuttlies.

Meinen Eltern

X Lebenslauf

Angaben zur Person

Name	Tuttlies
Vorname	Carsten
geboren am	02.12.1962
in	Rheinhausen, jetzt Duisburg
Familienstand	verheiratet
Nationalität	deutsch

Schulbildung

06/69 bis 05/73	Grundschule
06/73 bis 07/81	Fachhochschulreife
09/81 bis 08/82	Praktikum Sparkasse Geldern
08/82 bis 06/84	Gymnasium, Abitur

Zivildienst

07/84 bis 10/85	Pflegestation Altenheim „Stadt Kamp-Lintfort“ , AWO
-----------------	---

Berufsausbildung

10/85 bis 04/86	Praktikum Bergbau, Zeche Friedrich-Heinrich, Kamp-Lintfort
04/86 bis 03/89	Studiengang Bergbau an der RWTH Aachen
10/89 bis 09/95	Studiengang Humanmedizin an der RWTH Aachen
10/95 bis 09/96	PJ an der RWTH Aachen
11/96	Ärztliche Prüfung
09/97 bis 02/99	AIP in der Thorax, Herz- und Gefäßchirurgie, RWTH Aachen bei Herrn Prof. Dr. med. Messmer
05/99 bis 06/01	Assistenzarzt Orthopädie in der GP Dres. Jensen, Jensen und Bongaerts in Hamburg
06/01 bis 6/02	Assistenzarzt Orthopädie Park-Klinik Manhagen, Fachklinik für Arthroskopische Operationen und Endoprothetik
07/02 bis 04/03	Assistenzarzt Orthopädie Johanniter KH, Stendal, CA Herr Dr. med. A. Benthien
05/03 bis 04/05	Assistenzarzt in der Unfall,- Hand- u. Wiederherstellungschirurgie Diakoniekrankenhaus Schwäbisch Hall bei Herrn Prof. Dr. med. Siebert
09/05 bis 11/06	Assistenzarzt Orthopädie bei Herrn Dr. med. K. Lehnhardt, Bad Dürkheim
25/10/06 seit 04.2007	Facharztanerkennung für Orthopädie niedergelassen als Facharzt für Orthopädie in Berlin

Veröffentlichung	Der distale Speichenbruch - Winkelstabile Osteosynthese mit 2,4 mm Formplatten. Ist der Aufwand gerechtfertigt? A. Schupp, C. Tuttlies, T. Möhlig, H. R. Siebert; Chirurg 2003, 74, 1009-1017
------------------	---

XI Erklärung

Ich, Carsten Tuttlies, erkläre, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel:

„Die distale Radiusfraktur: Ergebnisse der operativen Versorgung komplexer Verletzungsmuster mit winkelstabilen 2,4 mm Formplatten. Eine prospektive Anwendungsstudie bei bestimmten Verletzungsmustern.“

in der Chirurgischen Klinik II, Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Ev. Diakoniekrankenhauses Schwäbisch Hall unter Betreuung und Anleitung von Herrn Professor Dr. med. H. Siebert ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Carsten Tuttlies

Berlin den 17.04.2008