Aus der Chirurgischen Abteilung
des St.-Elisabeth-Hospitals Herten

Leitender Arzt: Prof. Dr. med. F.-W. Schütter

Die distale Radiusfraktur

Eine retrospektive Studie über die Behandlungsergebnisse distaler Radiusfrakturen unter Verwendung von autologer Spongiosa im Vergleich zum ß-Tricalciumphosphat / chronOs™ als vollsynthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial zur Bruchlückenauffüllung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Marco Sträter

2006

Als Inaugraldissertation gedruckt mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Bernd Nürnberg, Dekan

Referent: Prof. Dr. med. F.-W. Schütter

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. J. Windolf

Allgemeiner Teil

1. Einleitung 8

2. Fragestellung 9

3. Allgemeines

3.1	Epidemiologie	10
3.2	Alters- und Geschlechtsverteilung	10
3.3	Ätiologie und Historie	10
3.4	Unfallmechanismus	11
3.4.1	Sturzmechanismus der klassischen Radiusfraktur loco typico	12
3.5	Prävention	12
3.6	Anatomie des Handgelenkes	13
3.7	Gelenkwinkel nach Böhler	15
3.8	Physiologische Ulnavarianz	16

4. Begleitverletzungen

4.1	Abriss des Processus styloideus ulnae	17
4.2	Gefäßverletzungen	17
4.3	Nervenverletzungen	17
4.4	Sehnenverletzungen	18
4.5	Sonstige seltene Begleitverletzungen	18

5. Einteilung der distalen Radiusfraktur

5.1	Allgemeine Untersuchungen des Handgelenkes	19
5.1.1	Erhebung der Anamnese	19
5.1.2	Klinische Untersuchung	19
5.1.3	Radiologische Untersuchung	22
5.2	Klassifikation nach Frykman	23
5.3	Klassifikation nach Colles & Smith	27
5.3.1	Colles-Fraktur	27
5.3.2	Smith-Fraktur	28
5.4	Barton-Fraktur / Reversed Barton-Fraktur	29
5.5	Chauffeurfraktur / Hutchinsonfraktur / Backfire Fracture	30
5.6	Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)	31
5.7	Instabilitätskriterien nach Letsch	33
5.8	Instabilitätskriterien nach Wittner	33

6. Therapieoptionen

6.1	Allgemeines	34
6.2	Konservative Therapie	35
6.2.1	Indikation	35
6.2.2	Reposition & Ruhigstellung	35
6.3	Operative Therapie	37
6.3.1	Indikation	37
6.3.2	Optionen der operativen Therapie	38
6.3.2.1	Offene Reposition und Schraubenosteosynthese	38
6.3.2.2	Offene Reposition und Plattenosteosynthese mittels dorsalem Zugang	38
6.3.2.3	Offene Reposition und Plattenosteosynthese mittels volarem Zugang	40
6.3.2.4	Kirschner-Drahtosteosynthese	41
6.3.2.5	Kirschner-Drahtosteosynthese nach Kapandji	43
6.3.2.6	Fixateur externe	44

7. Bruchlückenauffüllung

7.1	Allgemeines	47
7.2	Knochenersatzmaterialien	48
7.2.1	Allgemeines	48
7.2.2	Autologe Spongiosa	49
7.2.3	Vorteile der autologen Spongiosa	49
7.2.4	Nachteile der autologen Spongiosa	50
7.3	Synthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial	50
7.3.1	Allgemeines	50
7.3.2	Eigenschaften des ß-Tricalciumphosphat / chronOs™	50
7.3.2.1	Chemische Eigenschaften	50
7.3.2.2	Biomechanische Eigenschaften	51
7.3.2.3	Physikalische Eigenschaften	51
7.4	Indikation zur Verwendung von synthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial / chronOs™	51
7.4.1	Vorteile des ß-Tricalciumphosphat	52
7.4.2	Nachteile von ß-Tricalciumphosphat	52

8. Folgeschäden

8.1	Fehlstellungen	53
8.2	Pseudarthrosen	54
8.3	Instabilität des Radioulnargelenkes	54
8.4	Chronische Schmerzzustände	55
8.4.1	Befund	55
8.4.2	Diagnose	55
8.4.3	Therapie	55
8.5	Das posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom	56
8.5.1	Das frühe, akute Karpaltunnelsyndrom	56
8.5.2	Das späte Karpaltunnelsyndrom	56
8.5.3	Die häufigsten klinischen Tests zur Erkennung eines Karpaltunnelsyndroms	57
8.5.4	Stadieneinteilung des Karpaltunnelsyndroms	58
8.5.5	Therapie des Karpaltunnelsyndroms	58
8.6	Algodystrophie (Morbus Sudeck)	59
8.6.1	Kriterien nach van den Wildenberg zur Diagnosestellung eines Morbus Sudeck	60
8.6.2	Einteilung der Sudeck'schen Algodystropie	61

9. Therapieoptionen posttraumatischer Schäden

9.1	Allgemeines	62
9.2	Ulnaköpfchenresektion	63
9.3	Verkürzungsosteotomie der Ulna	63
9.4	Korrekturosteotomie des distale Radius	64
9.5	Arthrodese	65

Spezieller Teil

10. Materialien und Methoden

10.1	Erhebung der Daten	66
10.2	Einschlußkriterien	66
10.3	Ausschlußkriterien	67
10.4	Erhebungsbogen	67

11. Ergebnisse der Nachuntersuchung

11.1 Patientenkollektiv

11.1.1	Gesamtkollektiv	69
11.1.2	Untersuchungskollektiv	71

11.2 Altersverteilung

11.2.1	Altersverteilung im Gesamtkollektiv	72
11.2.2	Altersverteilung im Untersuchungskollektiv	73
11.2.3	Altersverteilung in Gruppe 1	74
11.2.4	Altersverteilung in Gruppe 2	75
11.2.5	Altersverteilung in Gruppe 3	76

11.3 Geschlechts- und Seitenverteilung

11.3.1	Geschlechtsverteilung Gruppe 1-3	77
11.3.2	Seitenverteilung Gruppe 1-3	77

11.4 Einteilung der Frakturen nach der Frykman Klassifikation

11.4.1	Verteilung der Frakturen im Untersuchungskollektiv	78
11.4.2	Verteilung der nach Frykman klassifizierten Frakturen in Gruppe 1-3	79

11.5 Score nach J.J. Gartland Jr. & C.W. Werley

11.5.1	Allgemeines zum Gartland & Werley Score	80
11.5.2	Ergebnisse des Gartland & Werley Score	83
11.5.3	Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 1	84
11.5.4	Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 2	85
11.5.5	Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 3	86

11.6 DASH-Score

11.6.1	Allgemeines zum DASH-Score	87
11.6.2	Fragenkatalog zur Erlangung des DASH-Scores	89
11.6.3	Gesamtergebnis der Gruppen 1-3	91
11.6.4	Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 1	92
11.6.5	Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 2	93
11.6.6	Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 3	94

11.7 Winkelmessung nach der Neutral-Null-Methode

11.7.1	Winkelmessung nach der Neutral-Null-Methode	95
11.7.2	Physiologische Winkelmaße für die Pro- und Supination	96
11.7.3	Physiologische Winkelmaße für die Dorsalextension und Palmarflexion	96
11.7.4	Physiologische Winkelmaße für die Radial- und Ulnaabduktion	97

11.8 Verteilung der Bewegungsausmaße

11.8.1	Verteilung der Bewegungsausmaße zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei Frakturen des rechten Handgelenkes	98
11.8.2	Verteilung der Bewegungsausmaße zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei Frakturen des linken Handgelenkes	99

11.9 Handkraftmessung

11.9.1	Handkraftmessung mittels Vigirometer der Firma Orthopaedia	100
11.9.2	Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 1	102
11.9.3	Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 2	103
11.9.4	Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 3	104

11.10 Radiologische Ergebnisse der Nachuntersuchung

11.10.1	Achsabweichung in Gruppe 1-3	105
11.10.2	Ulnavorschub in Gruppe 1-3	106
11.10.3	Arthrose	107
11.10.4	Scapholunäre-Dissoziation	107

11.11 Allgemeine Ergebnisse der Nachuntersuchung

11.11.1	Allgemeine Ergebnisse der Nachuntersuchung	108

11.12 Komplikationen

11.12.1	Komplikationen	110

11.13 Operationstechnik und Nachbehandlung im Elisabeth-Hospital-Herten

11.13.1	Operationstechnik	111
11.13.2	Nachbehandlung	112
11.13.3	Krankengymnastik und Parafin-Bäder in Gruppe 1	113
11.13.4	Krankengymnastik und Parafin-Bäder in Gruppe 2	113
11.13.5	Krankengymnastik und Parafin-Bäder in Gruppe 3	114

Diskussion

12. Diskussion

12.1	Patientenkollektiv	116
12.2	Altersabhängigkeit	118
12.3	Klassifikation	119
12.4	Verteilung der Frakturarten	120
12.5	Gartland & Werley Score	121
12.6	DASH-Score	122
12.7	Handfunktion unter Berücksichtigung subjektiver und objektiver Parameter	123
12.8	Messung der Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode	124
12.9	Handkraftmessung	124
12.10	Beurteilung des radiologischen Befundes	125
12.11	Resorption des Knochenersatzmaterials	125
12.12	Morbus Sudeck als Komplikation	126
12.13	Verbesserung der Beweglichkeit	127
12.14	Prognose	127

13. Zusammenfassung 128

14. Literaturverzeichnis 130

Danksagung

Lebenslauf

Abstract

Allgemeiner Teil

1. Einleitung

Die distale Radiusfraktur ist die häufigste Fraktur des menschlichen Knochens. Aus diesem Grund bedarf der Bruch der körperfern gelegenen Speiche einer besonderen Aufmerksamkeit. Keiner Fraktur des menschlichen Körpers wurde in der Entwicklung von Operationsmethoden und Implantaten so viel Beachtung geschenkt.
Der Anspruch der Patienten an die Versorgung und dem funktionellen Ergebnis ist in der heutigen Medizin immens gestiegen.
Ein gut funktionierendes Handgelenk mit guter Handgriffstärke ist Grundvoraussetzung zur Verrichtung alltäglicher manueller Fähigkeiten. Dazu gehören z.B. die selbstständig durchzuführende Körperhygiene, der Toilettengang, das Ankleiden, Kochen sowie die selbstständige Nahrungsaufnahme. All diese Dinge genießen für eine gehobene Lebensqualität einen hohen Stellenwert. Eine verminderte Selbstständigkeit geht mit einer erhöhten Mortalität einher. Um genau diese gute Funktion nach erlittenem Trauma zu erhalten, bedarf es der regelrechten, achsgerechten Wiederherstellung der Anatomie des frakturierten Handgelenkes.
Bei den häufig auftretenden Impaktierungsfrakturen mit relativem Ulnavorschub, durch Einstauchung und auftretendem Substanzdefekt, spielt die Auffüllung der Bruchlücke eine entscheidende Rolle, um die regelrechte Länge des Radius ohne resultierenden Ulnavorschub nach Abschluss der Bruchheilung wieder herzustellen.

2. Fragestellung

Mit der vorliegenden Arbeit sollen das Therapiekonzept und die Behandlungsergebnisse der distalen Radiusfraktur am St.-Elisabeth-Hospital Herten, für den Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2003, in Bezug auf die Bruchheilung im Vergleich zur Bruchlückenauffüllung mit autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm zu vollsynthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial ß-Tricalciumphosphat / chronOs™ an 51 Patienten, untersucht werden.
Mit dem Nachuntersuchungszeitraum von ein bis vier Jahren sollen vor allem Spätergebnisse gewonnen werden.

Unter diesen Aspekten soll zu folgenden Fragen Stellung genommen werden:

1. Welche Behandlungsergebnisse werden bei der Defektfüllung mit chronOs™ erzielt?
2. Wie stellt sich der Vergleich mit der Implantation von körpereigener Spongiosa dar?
3. Welche Vor- bzw. Nachteile ergeben sich für die oben genannten Verfahren?
4. Gibt es Unterschiede in der perioperativen Morbidität?

3. Allgemeines

3.1 Epidemiologie

Die distale Radiusfraktur ist mit einem Anteil von ca. 17% aller Frakturen der häufigste Knochenbruch des menschlichen Körpers. Bei Verletzungen der oberen Extremitäten steht sie mit 14%, bezogen auf Unterarmfrakturen sogar mit 75%, an erster Stelle.
Jährlich treten im Mittel 290 dieser Frakturen pro 100.000 Einwohner auf [1,9,65,86].

3.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Bei der Verteilung in Bezug auf Geschlecht und Alter zeigt sich bei der distalen Radiusfraktur ein biphasischer Verlauf. Zum einen finden sich männliche Patienten mit Brüchen im Bereich der handgelenksnahen Speiche vor allem im jüngeren Lebensalter. Arbeits- sowie Sportunfälle sind in dieser Verteilung ausschlaggebend. Mit einer Spitze um das 70. Lebensjahr findet sich der zweite Gipfel, welcher das weibliche Geschlecht mit einem Verhältnis von 3,2 : 1 dominieren lässt. Die postmenopausale Osteoporose spielt in dieser Lebenskaskade beim weiblichen Geschlecht die entscheidende Rolle. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit mit einer Spitze Ende Januar, Anfang Februar ist aufgrund der Wetterverhältnisse mit Schnee sowie Glatteis, und der damit verbundenen vermehrt auftretenden Stürze zu verzeichnen [9,65].

3.3 Ätiologie und Historie

Da der Mensch bei jeglicher Art von Unfällen versucht den drohenden Sturz reflektorisch durch Abstützen auf seine Hände abzufangen, kommt es aufgrund der exponierten Lage der handgelenksnahen Speiche besonders häufig zu Verletzungen in diesem Bereich.

Die Hauptursache einer Fraktur im distalen Anteil des Radius ist in 90% der Fälle ein Hyperextensionstrauma des Handgelenkes. Der klassische Unfallmechanismus der körperfernen Speichenfraktur ist der Sturz auf die ausgestreckte, dorsal extendierte Hand. Hierbei kommt es zu einem Bruch im umschriebenen Bereich, welcher dann auch als Fraktur an typischer Stelle, „loco typico“ bezeichnet wird. Das Fragment dieses Bruches luxiert häufig nach dorsal [91,104].

Dieser, mit 90% am häufigsten auftretende Frakturtyp mit nach dorsal abgekipptem Fragment, wird synonym auch als Extensionsfraktur nach Colles bezeichnet. Abraham Colles beschrieb 1814 nach präparatorischen Untersuchungen am Handgelenk erstmals diesen Frakturtyp bei distalen Radiusfrakturen [19].

Kommt es zu einem Sturz auf die volar-flektierte Hand, der als Unfallmechanismus wesentlich seltener auftritt, disloziert in Folge der Krafteinwirkung das Fragment zur Beugeseite. Diese Flexionsfraktur tritt nur mit einem Anteil von 6,4% aller Handgelenksfrakturen auf und wird auch als Smith Fraktur nach Sir Robert W. Smith bezeichnet (1807-1873), der diesen Frakturtyp 1847 zum ersten Mal beschrieben hat [106].

3.4 Unfallmechanismus

Das Stolpern mit Fall nach vorn und nachfolgender reflektorischer Abfangbewegung der ausgestreckten Hand gilt als Hauptunfallursache. Herzrhythmusstörungen mit synkopalen Anfällen sowie zerebrale Minderperfusionen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle als Ursache eines Sturzes.
Eine Studie von H. Minne an einem großen Patientenkollektiv zeigt, dass die distale Radiusfraktur hauptsächlich bei älteren Menschen zu finden ist. In diesem Zusammenhang spielt die häufig verminderte Knochendichte des alten Menschen eine große Rolle. Bei zuvor bestehender Osteoporose kann es bereits bei Bagatelltraumen ohne große Gewalteinwirkung leicht zu Frakturen im distalen Bereich des Unterarmes kommen [73].

Durch die vermehrte und zunehmende Rasanz im Straßenverkehr, sowie die zunehmende Anzahl der sogenannten „Fun-Sportarten“, wie z.B. Inlineskaten, ist in den letzten Jahrzehnten auch der junge Mensch von einer Fraktur im Bereich des distalen Radius betroffen [73,91].

Der Winkel der extendierten Hand sowie die Krafteinwirkung spielen bei der Frakturentwicklung nach stattgehabtem Sturz eine große Rolle. Extensionswinkel von 40-90º, sowie die einwirkende Kraft von 300 kp beim erwachsenen Mann mittleren Alters und 200 kp bei der erwachsenen Frau im mittleren Alter sind die prädestinierenden Faktoren zum Eintreten eines Bruches im Bereich der handgelenksnahen Speiche. Im fortgeschrittenen Alter und osteoporotisch vorbelasteten Knochen reicht bereits, nach den von H. Minne geführten Studien, eine verminderte Krafteinwirkung von 150 kp beim erwachsenen Mann mittleren Alters, und 100 kp bei der erwachsenen Frau mittleren Alters zur Entwicklung einer Radiusfraktur aus [73,81].

3.4.1 Sturzmechanismus der klassischen Radiusfraktur loco typico

Colles-Fraktur

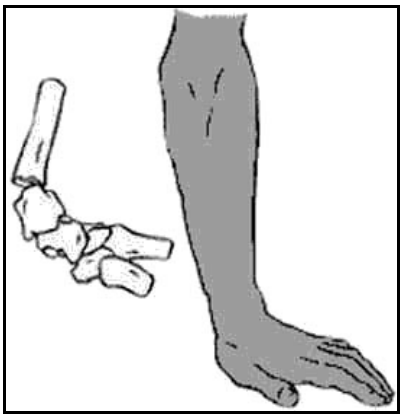


Abb. 1:
Sturz auf die dorsal extendierte Hand

Smith-Fraktur

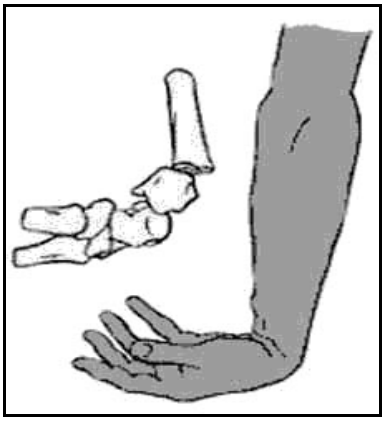


Abb. 2:
Sturz auf die volar flektierte Hand

3.5 Prävention

Zur primären Prävention der distalen Radiusfraktur gehört die allgemeine Unfallverhütung. Diese kann bei älteren Menschen durch gesteigertes geistiges und körperliches Training verbessert werden. Sturzverursachende Erkrankungen, wie z.B. Herzrhythmusstörungen, zerebrale Minderperfusionen, Anfallsleiden, Morbus Parkinson, usw. sollten stets behandelt und gut eingestellt sein. Eine medikamentöse Behandlung der Patienten mit ausgeprägter Osteoporose z.B. mit Kalzium, Vitamin D Präparaten und Biphosphonaten führt zu einer Verbesserung der durch die Erkrankung allgemein herabgesetzten Knochendichte und gehört ebenfalls zur Primärprophylaxe [73].
Wohnungen älterer Menschen sollten altersgerecht eingerichtet sein, um eine häusliche Unfallverhütung durch offensichtlich vermeidbare Stürze zu gewährleisten.
Festes Schuhwerk, sowie sichere Gehhilfen sollten im höheren Alter benutzt werden, um eine Fallneigung zu vermindern.

Bei jüngeren Patienten, die Sportarten mit einem hohen Unfallrisiko betreiben, sollte die dafür vorgesehene Schutzkleidung getragen werden. Dadurch können die gefährdeten Körperabschnitte zumindest teilweise geschützt und das Verletzungsrisiko gesenkt werden.

3.6 Anatomie des Handgelenkes

Der distale Radius ist Hauptpfeiler des Handgelenkes und dient der Kraftübertragung vom Unterarm auf die Hand.
Der distale Anteil des Radius bildet mit seinen zwei konkav gebogenen Gelenkfacetten, der Fossa scaphoidea und der Fossa lunata, das Radiokarpalgelenk. Zwischen Ulna und der proximalen Handwurzelknochenreihe befindet sich der Discus triangularis (triangulärer fibrocartilaginärer complex, TFC). Dies ist eine Faserknorpelplatte, welche am Handgelenk eine dem Meniskus am Kniegelenk zu vergleichende Pufferfunktion besitzt. Dieser Discus triangularis ist an der ulnaren Seite des Radius befestigt.
Im ulnaren Anteil des distalen Radius findet sich eine dritte Gelenkfläche, die mit der körperfernen Elle das distale Radioulnargelenk bildet (DRUG).
Die proximale Handwurzelknochenreihe bildet, von radial nach ulnar mit dem Os scaphoideum, dem Os lunatum und dem Os triquetum den distalen Anteil des Handgelenkes [27].

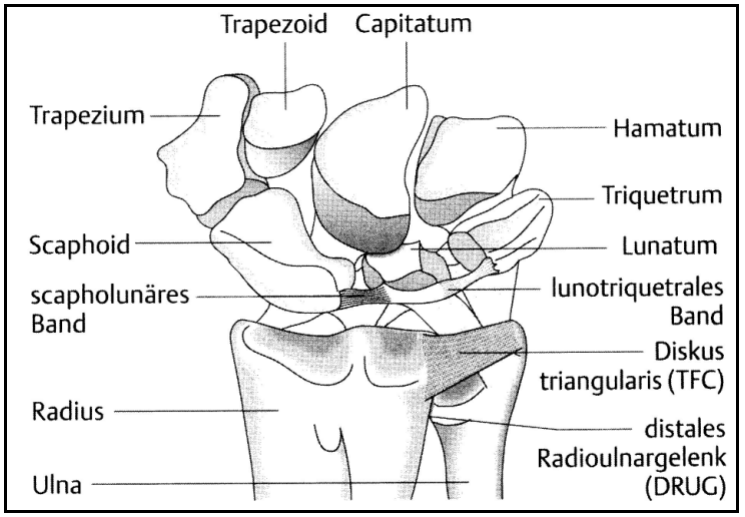


Abb. 3: Anatomie des Handgelenkes [27]

Das Handgelenk erhält seine Stabilität durch die zahlreichen extrinsischen und intrinsischen karpalen Bänder. Die extrinsischen Bänder verbinden sowohl den distalen Anteil des Radius und der Ulna mit Handwurzelknochen der ersten und zweiten Reihe, als auch einige Handwurzelknochen miteinander. Die intrinsischen Bänder verbinden hingegen lediglich die Handwurzelknochen untereinander [27].

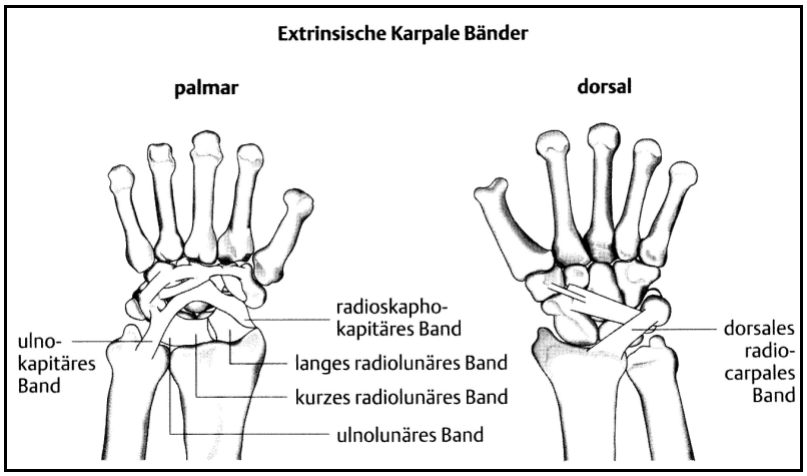


Abb. 4: extrinsische karpale Bänder palmar und dorsal [27]

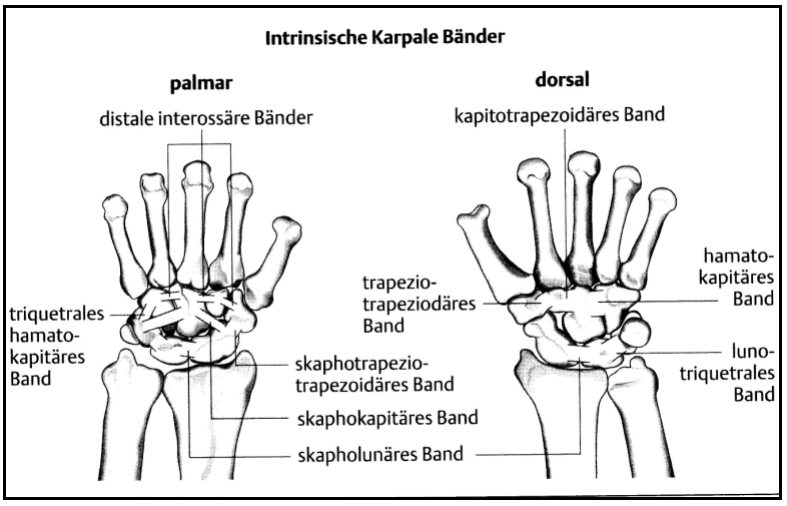


Abb. 5: intrinsische karpale Bänder palmar und dorsal [27]

3.7 Gelenkwinkel nach Böhler

Im posterior-anterioren Strahlengang der konventionellen Röntgenaufnahme bildet die Parallele zur Gelenkfläche (A) des distalen Radius einen Winkel von 30º gegenüber der Senkrechten zur Längsachse des Radius (B). Dieser Winkel (UI) wird Radiusbasiswinkel genannt (Abb. 6).
In der streng seitlichen Aufnahme findet sich eine physiologische Flexion des Radius von 8-10º nach palmar bzw. volar, der sogenannte palmare bzw. volare Neigungswinkel (PI) (Abb. 7).
Diese Gelenkwinkel wurden von Lorenz Böhler beschrieben und besitzen für die Beurteilung der Frakturen des distalen Radius, deren Therapie und Prognose, eine enorme Wichtigkeit. Eine noch größere Rolle spielen diese Gelenkwinkel bei der Beurteilung der Repositionsergebnisse. Die regelrechte Wiederherstellung dieser Böhlerwinkel und somit die achsgerechte Stellung sind Ziele der Behandlung der distalen Radiusfaktur, um die vollständige Funktionalität des Handgelenkes im Anschluss an die Bruchheilung wiederherzustellen [11,12,27,82].

Gelenkwinkeldarstellung des Handgelenkes nach Böhler:

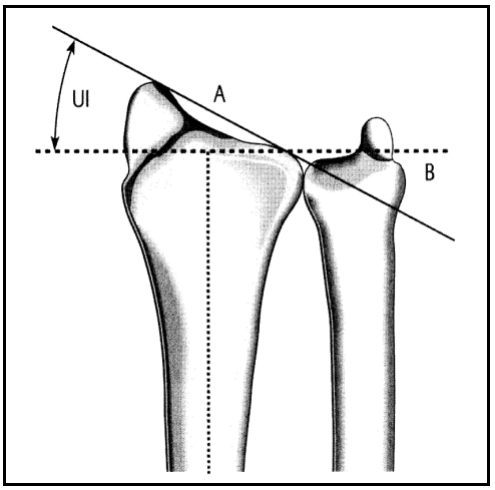


Abb. 6: Radiusbasiswinkel UI 30º [27]

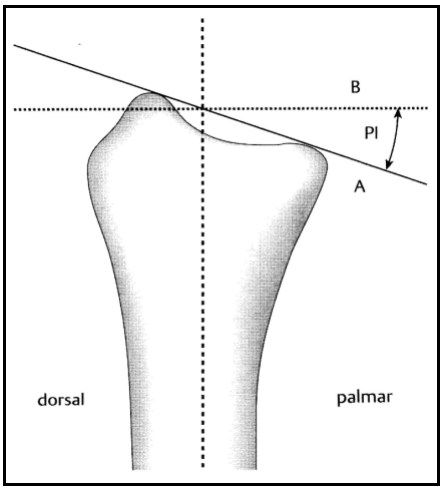


Abb. 7: Volarer Neigungswinkel PI 8-10º [27]

3.8 Physiologische Ulnavarianz

Die Längenrelation vom distalen Radius zur distalen Ulna unterliegt individuellen Schwankungen. Bei fraglichen pathologischen Befunden sollte immer ein Vergleich zur Gegenseite erfolgen.

Die Radiale Länge (RL / Abb. 8a) wird in der Röntgenaufnahme im posterior-anteriorem Strahlengang bestimmt. Sie entspricht dem Abstand zwischen der Senkrechten zur Achse des Radius durch die Spitze des Processus styloideus radii (a) und der Senkrechten in Höhe der distalen Gelenkfläche des Ulnaköpfchens (b) [2,27].

Die Ulnavarianz (UV / Abb. 8b) ist der Abstand zwischen der Parallelen zur Fossa lunata (a) und der distalen Gelenkfläche des Ulnaköfchens (b). In 60% der Fälle befindet sich die distale Gelenkfläche des Ulnaköfchens und des ulnaren Randes des Radius auf gleicher Höhe. Eine Varianz bis zu plus, sowie minus vier Millimeter wird als physiologische Schwankungsbreite toleriert [2,27].

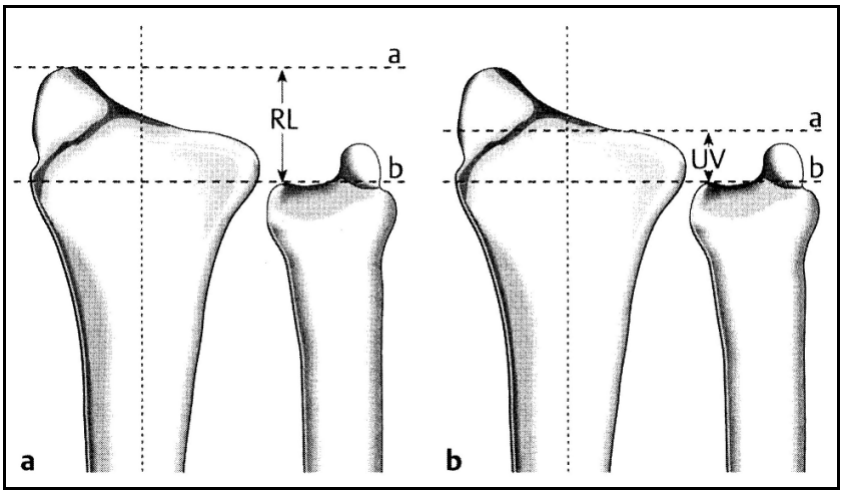


Abb. 8: physiologische Ulnavarianz [27]
RL: Radiale Länge
UV: Ulnavarianz
a: Spitze des Processus styloideus radii
b: distale Gelenkfläche des Ulnaköfchens

4. Begleitverletzungen

4.1 Abriss des Processus styloideus ulnae

Der Abriss des Processus styloideus ulnae ist mit 40% die häufigste Begleitverletzung der distalen Radiusfraktur. Einige Autoren postulieren in dem zusätzlichen Abriss des Processus styloideus ulnae eine wesentliche Bedeutung in Bezug auf die Instabilität der Fraktur. Der Processus dient als wesentliche Ansatzstelle des Discus triangularis (TFC). Des weiteren kommt es zu einer Zerreißung des Ligamentum collaterale ulnae.
In einer Studie von Castaign zeigen sich in 77,5% der Fälle, in denen es zu einem Abriss des Processus styloideus ulnae gekommen ist, keine vollständigen knöchernen Ausheilung, sondern die Bildung einer straffen Pseudarthrose, während die Radiusfraktur jedoch ausheilt [20,37,60,82,120].

4.2 Gefäßverletzungen

Verletzungen größerer Gefäße, wie der A. radialis bzw. A. ulnaris, sind bei den isolierten distalen Radiusfrakturen eher die Ausnahme und in der Literatur prozentual nicht verzeichnet. Aufgrund des sehr seltenen Auftretens sind diese Begleitverletzungen hier zu vernachlässigen. Eine direkte Mitverletzung dieser Gefäße findet sich eher bei schweren Kombinationsverletzungen des Handgelenkes als Folge von Hochrasanztraumen und Amputationsverletzungen. Die klinische Überprüfung auf Vorhandensein der Pulse sowie die Kontrolle des Kapillarpulses gehören unabdingbar zu den Untersuchungen und müssen dokumentiert werden.

4.3 Nervenverletzungen

Die durch ein Trauma direkt auftretende Schädigung von Nerven gehört wie die Gefäßverletzung ebenfalls zu den sehr seltenen Begleitverletzungen distaler Radiusfrakturen. Sie treten auch bei Hochrasanztraumen nur sehr selten auf. Eine prozentuale Angabe ist in der Literatur hierfür ebenfalls nicht vorhanden. Kompressionssyndrome des N. medianus in Form eines akuten Karpaltunnelsyndroms werden in der Regel nur bei Flexionsfrakturen beobachtet. Hier kann es zu einer Irritation des N. medianus durch das Fragment kommen.

Die Reposition der auf den Nerven drückenden Komponente schafft prompte Entlastung. Ein durch ein Frakturhämatom möglicherweise entstandenes Karpaltunnelkompressionssyndrom muss dringend operativ durch Spaltung des Retinaculum flexorum, sowie durch Ausräumung des Hämatoms, versorgt werden [61,67,93].

4.4 Sehnenverletzungen

Aufgrund einer Fraktur im Bereich des distalen Radius kann es im umschriebenen Bereich zu einer Störung der Blutzirkulation und somit der Nährstoffversorgung kommen. Betroffen hiervon ist vor allem die Sehne des M. extensor pollicis longus. Die direkte Verletzung spielt keine Rolle. Vielmehr kommt es in 2,9% der Fälle wenige Wochen, sogar bis zu 20 Jahre, posttraumatisch zu nekrosebedingten Sekundärrupturen. Diese Sekundärrupturen sind sowohl durch die bereits schon oben erwähnten posttraumatischen Ernährungsstörungen des Sehnengleitlagers, sowie durch mechanische Läsionen bei arthrotischen Veränderungen des Radiokarpalgelenkes bedingt. Die Streckfähigkeit des Daumes ist durch die Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus aufgehoben. Der distale Sehnenstumpf des M. extensor pollicis longus kann mit der Sehne des M. pollicis brevis vernäht und somit die Sekundärruptur operativ versorgt werden. Sollte dies aufgrund hochgradig degenerativer Veränderungen nicht möglich sein, so kann eine Verlagerung der Sehne des M. extensor indicis zur Wiederherstellung der vollständigen Funktionalität des Daumens führen [23,56,79,96,122].

4.5 Sonstige seltene Begleitverletzungen

Bei der Entstehung distaler Radiusfrakturen wirken in der Regel nicht nur rein axiale Kräfte auf das Handgelenk ein. Hinzu treten zusätzlich Scherkräfte, Radial- und Ulnarduktion, sowie Pro- und Supination. Daraus können je nach Rasanz des Traumas sehr seltene Begleitverletzungen wie Scaphoidfrakturen, perilunäre Luxationsfrakturen (De Quervain) oder scapholunäre Dissoziationen auftreten. Diese Kombinationsverletzungen werden im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt.

5. Einteilung der distalen Radiusfraktur

5.1 Allgemeine Untersuchungen des Handgelenkes

5.1.1 Erhebung der Anamnese

Eine ausführliche Anamneseerhebung gibt schon erste wichtige Hinweise auf die Diagnose. Zunächst sollte der Unfallhergang erörtert werden. Die Abklärung der Sturzursache sowie die Haltung des Handgelenkes bei dem Sturz ist ein wichtiges Indiz. Vorerkrankungen wie bestehende Osteoporose oder vorangegangene Frakturen mit bereits vorhandenen Fehlstellungen oder eine zuvor bekannte Instabilität im Handgelenk geben Aufschluß über mögliche Ausmaße des neu aufgetretenen Schadens. Angaben zu Hochrasanztraumen, sowie Erfassung der genauen Schmerzlokalisation sind ebenfalls wichtige Informationen zur Diagnosesicherung.

5.1.2 Klinische Untersuchung

Das betroffene Handgelenk wird in der Regel in einer Schonhaltung dargeboten. Eine eigenständige Bewegung im Handgelenk findet je nach Ausmaß der Verletzung aufgrund der erheblichen Schmerzen nicht mehr statt.
Die Inspektion des verletzten Handgelenkes sollte zur besseren Beurteilbarkeit immer im Vergleich zur Gegenseite erfolgen. Die Form der knöchernen Bezugspunkte, wie Processus styloideus radii und ulnae, unterliegen starken individuellen Variationen.

Bei der Inspektion ist zunächst zu erkennen, ob eine geschlossene oder offene Fraktur vorliegt.
Bei der geschlossenen Fraktur ist zu klären, ob es sich um eine dislozierte oder nicht dislozierte Fraktur handelt. Dies lässt sich manchmal bereits schon durch die erste klinische Untersuchung feststellen.
Grobe Fehlstellungen des Handgelenkes deuten bereits auf eine höhergradige Dislokation hin. Kommt es zu einer erheblichen Verschiebung des Fragmentes nach dorsal, so kommt es zu einer Fehlstellung, die einer Gabel gleicht, und auch als Fourchette- bzw. Gabelrückenfehlstellung bezeichnet wird. Eine weitere grobe Fehlstellung im Handgelenk ist die als Bajonett bezeichnete Achsabweichung. Hierbei kommt es zu einer gleichzeitigen Abweichung des Fragmentes nach dorsal und speichenwerts (Abb. 9,10) [9,78].

Bei genauer Untersuchung des Handgelenkes ist häufig ein Knochenreiben zu spüren.

Die offenen Frakturen sind in erstgradig offene Frakturen mit Hautverletzung aufgrund von Durchspießungen von Knochenfragmenten aus dem Inneren der Weichteilhülle heraus von den zweitgradigen mit einer Verletzung der Haut von außen und den drittgradigen, mit Beteiligung von Haut, Muskulatur, Gefäßen und Nerven abzugrenzen.

Die Prüfung der Beweglichkeit sollte ebenfalls im Vergleich zur Gegenseite erfolgen.
Diese muss, soweit möglich, die Winkelmaße der Dorsalextension, Palmarflexion sowie Radialduktion und Ulnarduktion am Handgelenk nach der Neutral-Null-Methode erfassen.
In der Praxis ist jedoch aufgrund der starken Schmerzen die Durchführung der Beweglichkeitsprüfung auf der verletzten Seite nicht möglich.

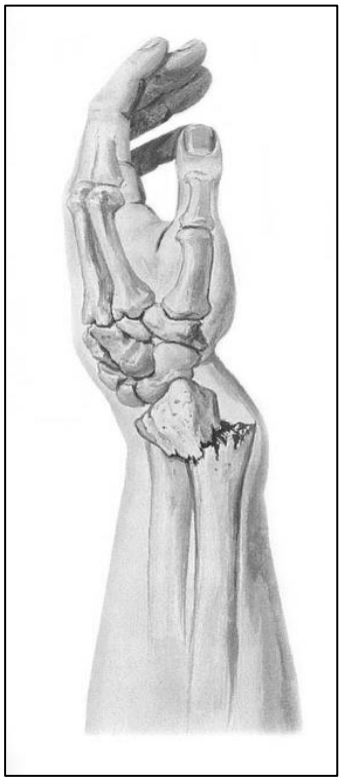


Abb. 9:
Fourchette-Fehlstellung [78]

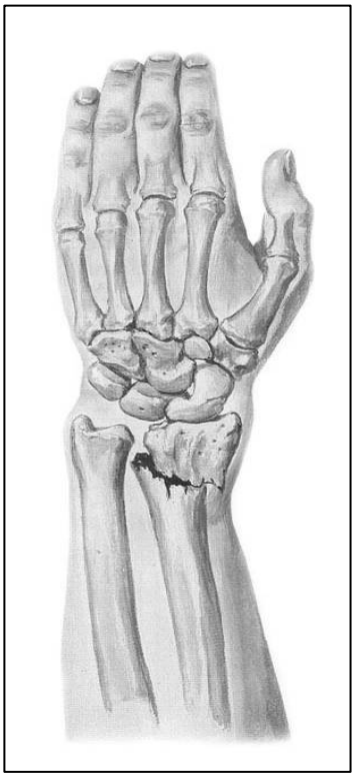


Abb. 10:
Bajonett-Fehlstellung [78]

Zu jeder Untersuchung gehören grundsätzlich die Palpation der A. radialis und ulnaris, sowie die Kontrolle nervaler Ausfälle der Hand.
Die Sensibilitätsprüfung kann mittels Dreipunkt Schnelltest rasch erfolgen (Abb. 11). Hierbei werden in der Hohlhand und den beugeseitigen Fingern durch das Aufsetzen einer spitzen Nadel die Sensibilität des N. ulnaris, D V sowie ulnarer Anteil D IV und des N. medianus, D I bis radialer Anteil IV kontrolliert. Auf dem Handrücken kann durch dasselbe Vorgehen die Sensibilität des N. radialis, im Bereich D I bis radialseitiger Anteil DIII überprüft werden. Parästhesien in den umschriebenen Gebieten weisen auf Begleitverletzungen der jeweiligen nervalen Versorgungsgebiete hin.
Die Ergebnisse der arteriellen Versorgung der Hand sowie der nervalen Integrität müssen unbedingt dokumentiert werden [9].

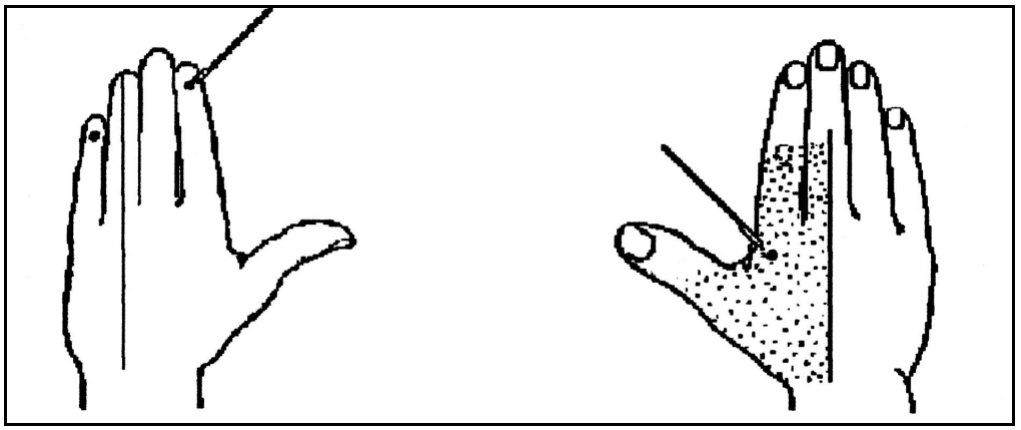


Abb. 11: Dreipunkt-Schnelltest bei Ausfall sensibler Äste [9]
Palmar: N. ulnaris und N. medianus
Dorsal: N. radialis

5.1.3 Radiologische Untersuchung

Im Anschluß an die klinische Untersuchung werden Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in zwei Ebenen angefertigt. Die erste Ebene erhält man durch eine Aufnahme im posterior-anterioren Strahlengang (Abb. 12). Die zweite Ebene sollte stets streng seitlich erfolgen (Abb. 13). Anhand der Röntgenbilder können die Frakturen klassifiziert und somit ihre Komplexität beurteilt werden. Handelt es sich um einen einfachen Bruch oder um einen komplizierten Trümmerbruch mit vielen kleinen Fragmenten? All diese Kriterien nehmen sowohl Einfluss auf die anschließende Art der Behandlungsmöglichkeiten, als auch auf die Prognose der vollständigen Wiederherstellung der Funktion und somit die Gebrauchsfähigkeit des Handgelenkes.

Sollten die konventionellen Röntgenaufnahmen nicht ausreichen, um das knöcherne Ausmaß der Fraktur im Bereich des distalen Radius, z.B. durch Luxationen von Handwurzelknochen, oder ausgedehnte Zerstörung sichern zu können, sollte in Ausnahmefällen ein CT des Handgelenkes angefertigt werden.
Bei speziellen Fragestellungen von Weichteilverletzungen, Verletzungen von Bandstrukturen, scapholunärer Dissoziation oder gar Verletzungen des Discus articularis kann auch hier in Ausnahmefällen eine Magnetresonanztomographie erfolgen [82].

Abb. 12: Handgelenk li. p.a.

Abb. 13: Handgelenk li streng seitlich

5.2 Klassifikation nach Frykman

1967 führte G. Frykman eine Klassifikation ein, die bislang die weiteste Verbreitung zur Einteilung der distalen Radiusfrakturen gefunden hat. Unterteilt werden hierbei extra- und intraartikuläre Frakturen mit und ohne Beteiligung des Processus styloideus ulnae [16,30,104,123].

Einteilung querverlaufender, extraarticulärer Frakturen:

Frykman I

In diese Kategorie gehören die extraartikulären Extensionsfrakturen mit querverlaufender Frakturlinie ohne Gelenkbeteiligung. Hierbei ist lediglich der distale Anteil des Radius betroffen (Abb. 14).

Frykman II

Dieser Bruch gleicht der in Kategorie I bereits beschriebenen Fraktur. Hinzu tritt lediglich die Beteiligung des Processus styloideus ulnae (Abb. 15).

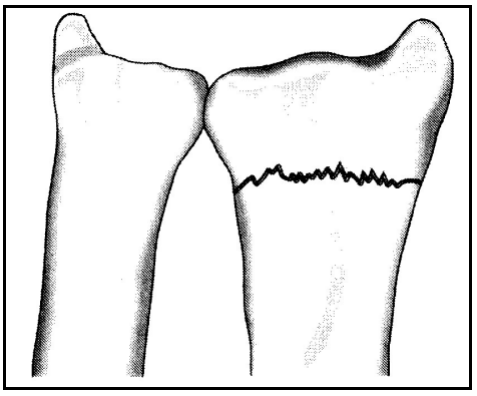


Abb. 14: Frykman I

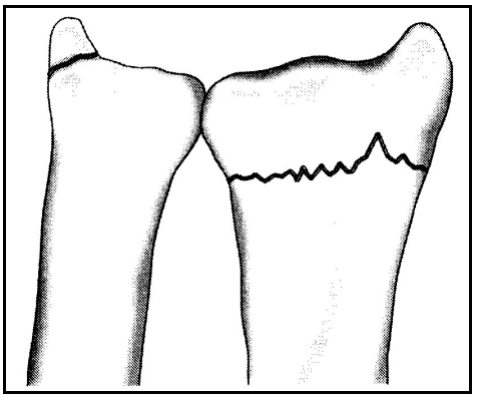


Abb. 15: Frykman II

Einteilung intraarticulärer Frakturen mit Beteiligung des Radiocarpalgelenkes:

Frykman III

Intraartikuläre Frakturen, die im lateralen Anteil des Radius schräg verlaufen und somit weitestgehend einen kompletten Abriss des Processus styloideus radii zur Folge haben (Abb. 16).

Frykman IV

Intraartikuläre durch den Processus styloideus radii schräg verlaufende Fraktur mit zusätzlicher Fraktur des Processus styloideus ulnae (Abb. 17).

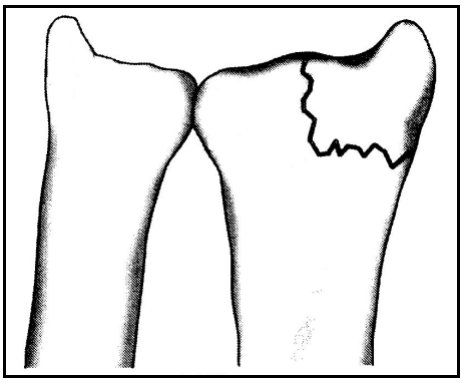


Abb. 16: Frykman III

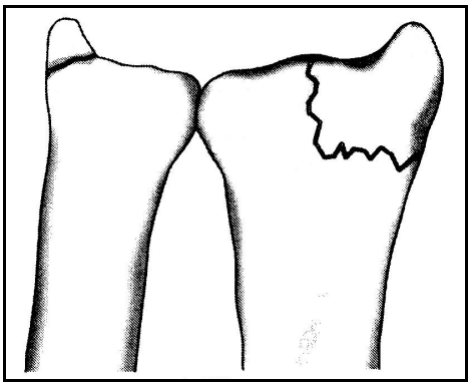


Abb. 17: Frykman IV

Einteilung intraarticulärer Frakturen mit Beteiligung des Radioulnargelenkes:

Frykman V

Hierbei kommt es zu einer querverlaufenden Fraktur im distalen Anteil des Radius ohne Gelenkbeteiligung. Das Radioulnargelenk ist teilweise mit einem Einriss der radio-ulnaren Bandverbindungen mit verletzt. Diese ist jedoch nur sehr schwierig diagnostisch zu erfassen. Ein MRT kann in der heutigen Zeit darüber Aufschluß geben (Abb. 18).

Frykman VI

Zu den bereits in Frykman V beschriebenen Verletzungen tritt zusätzlich die Mitbeteiligung des Processus styloideus ulnae auf (Abb. 19).

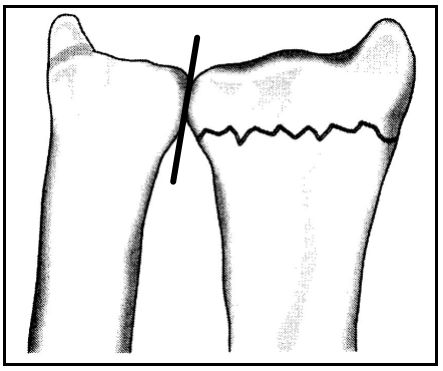


Abb.18: Frykman V

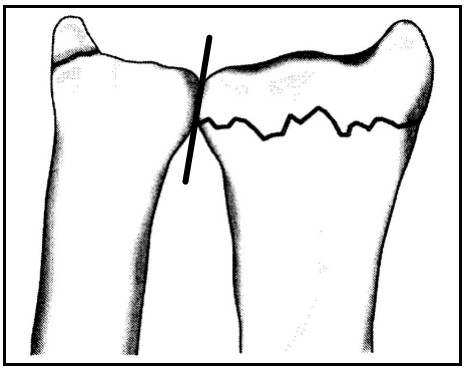


Abb. 19: Frykman VI

Kombinationsverletzung mit Beteiligung des Radiocarpal- und Radioulnargelenkes:

Frykman VII

Diese Fraktur ist eine Kombination aus Frykman III und V. Somit beinhaltet sie die schräg- und querverlaufenden Frakturlinien im distalen Radius mit Gelenkbeteiligung (Abb. 20).

FrykmanVIII

Die Verletzungen sind der Einteilung nach Frykman VII gleich, nur dass es hierbei zusätzlich zu einer Fraktur des Processus styloideus ulnae kommt (Abb. 21).

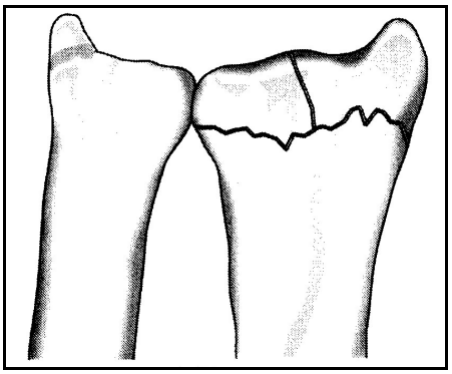


Abb. 20: Frykman VII

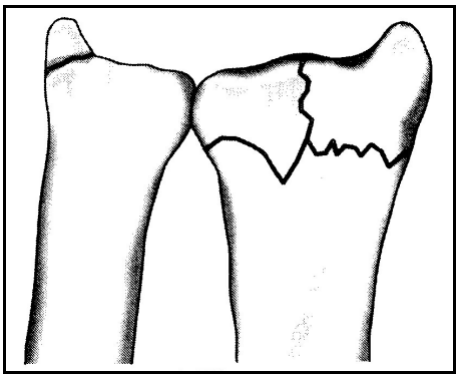


Abb. 21: Frykman VIII

5.3 Klassifikation nach Colles & Smith

5.3.1 Colles-Fraktur

Dieser Frakturtyp wurde bereits 1814 von Abraham Colles nach präparatorischen Untersuchungen am Handgelenk erstmals beschrieben, und ist in der Regel Folge eines Sturzes auf die ausgestreckte Hand mit Stellung des Unterarmes in Pronation und Dorsalextension. Die Frakturlinie dieses extraartikulären Bruchs verläuft zwei bis drei Zentimeter proximal der Gelenkfläche des distalen Radius. Das Fragment ist nach dorsal verschoben und abgekippt [9,19,35,91,104].

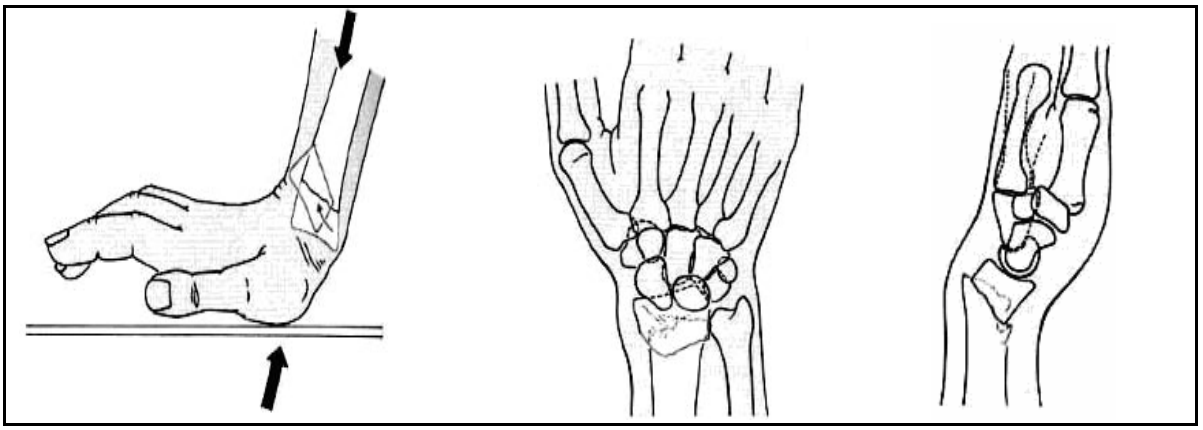


Abb. 22: Sturz auf extendierte Hand mit Verschiebung des Fragmentes nach dorsal [9]

5.3.2 Smith-Fraktur

Die Smith-Fraktur wird nach Sir Robert W. Smith benannt, der diesen Frakturtyp 1847 zum ersten Mal beschrieben hat. Sie tritt als Folge eines Sturzes auf den Handrücken oder durch ein direktes Trauma gegen den Handrücken bei Palmarflexion auf. Hierbei verläuft ähnlich der Colles-Fraktur die Bruchlinie zwei bis drei Zentimeter proximal der Gelenkfläche. Allerdings ist das Fragment nach palmar verschoben und abgekippt. Die Smith Fraktur wird auch als umgekehrte Colles-Fraktur bezeichnet [9,91,102,104,106,110].

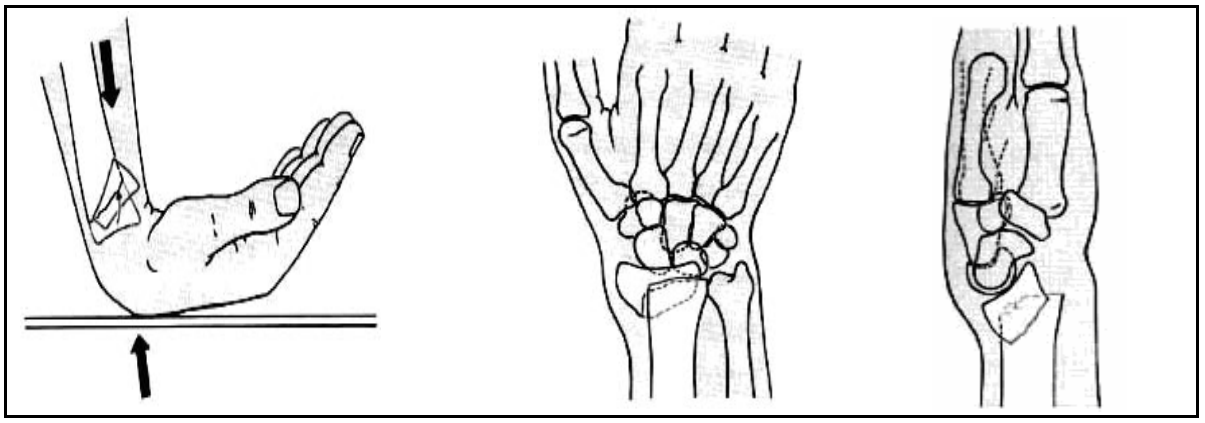


Abb. 23: Sturz auf die flektierte Hand mit Verschiebung des Fragments nach volar [9]

5.4 Barton-Fraktur / Reversed Barton-Fraktur

Pattee und Thompson beschreiben die Barton-Fraktur mit einem Anteil von 1,7% als eine seltene Sonderform der Radiusextensionsfrakturen. Bei der Barton Fraktur kommt es zu einem Abbruch der dorsalen Kante des distalen Radius (Abb. 24).
Ein volarer Kantenabbruch wird als „reversed Barton“ bezeichnet (Abb. 25). Beide Frakturen sind aufgrund ihrer Gelenkbeteiligung intraartikuläre Frakturen [35,89].

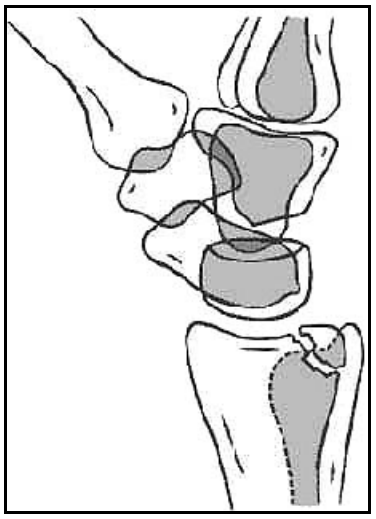


Abb. 24: Barton-Fraktur

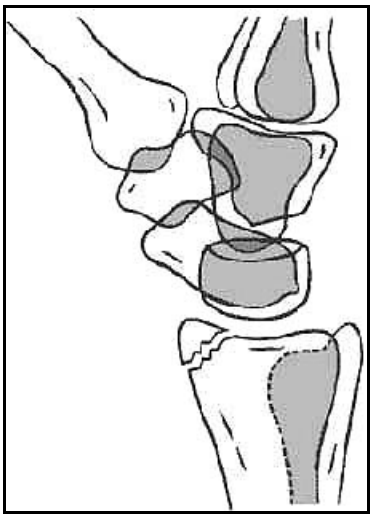


Abb. 25: Reversed Barton-Fraktur

5.5 Chauffeurfraktur / Hutchinsonfraktur / Backfire Fracture

Die Begriffe Chauffeurfraktur, Hutchinsonfraktur und Backfire Fracture werden als Synonym für die isolierte Fraktur des Processus styloideus radii benutzt. Bei Autochauffeuren des frühen 20. Jahrhunderts wurde vermehrt ein Bruch des Radiusstyloids der rechten Hand beobachtet. Beim Anlassen der damaligen Automobile mittels Kurbel kam es aufgrund des Zurückschlagens derselbigen gegen das Handgelenk zu einem Hyperextensionstrauma des radialen Randes des distalen Radius. Das Röntgenbild zeigt im posterior-anteriorem Strahlengang eine sagittalverlaufende Frakturlinie im Bereich des Processus styloideus radii. Diese reicht distal bis in das Radiokarpalgelenk und ist somit als intrarticuläre Fraktur zu deuten [38,91].

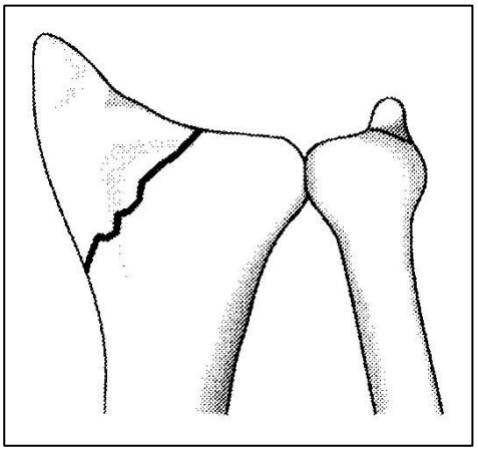


Abb. 26: Chauffeurfraktur

5.6 Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen hat eine umfassende Klassifikation erstellt.
Diese hat gegenüber allen bislang genannten Klassifikationen den Vorteil, dass sie eine direkte Umsetzbarkeit in ein therapeutisches Vorgehen besitzt.
Jeder Röhrenknochen bzw. jedes Röhrenknochenpaar wird mit einer Ziffer versehen. Weiterhin wird jeder Knochen in drei Segmente unterteilt, und zwar in das proximale, das diaphysäre und distale Segment. Aus dieser Zuordnungsmöglichkeit ergibt sich für den distalen Unterarm die Knochensegmentzahl 23.
Des Weiteren folgt eine Einteilung der Frakturen am Unterarm in drei Kategorien: A, B und C. Jede dieser drei Kategorien besteht wiederum aus drei Gruppen mit jeweils drei weiteren Untergruppen. Zusammengenommen können dadurch insgesamt 27 Frakturkategorien des distalen Unterarmes klassifiziert werden. Die jeweiligen Kategorien entsprechen einem zunehmenden Schweregrad, ebenso wie die Gruppen und Untergruppen innerhalb einer Kategorie.
[75,76,82,104,123].

Die Untergruppen können bei zusätzlicher Begleitverletzung der Ulna, jeweils in weitere sechs Untergruppen eingeteilt werden. Hierbei werden folgende Komponenten berücksichtigt:

- Abrissfrakturen des Processus styloideus ulnae
- Einfache subcapitale Ulnafrakturen
- Mehrfragmentfraktur des Halses der Ulna
- Ulnaköpfchenfrakturen
- Ulnaköpfchenfrakturen mit subcapitaler Ulnafraktur
- Ulnafraktur des Halses

Die Frakturen der Gruppen A2 und A3 sind im wesentlichen Domäne der konservativen Therapie. Hierbei kann gegebenenfalls eine Ergänzung durch die Kirschner-Drahtosteosynthese erfolgen [76,82].
Eine K-Drahtosteosynthese sollte aber auf jeden Fall bei Frakturen der Einteilung A3 und C1 durchgeführt werden [76,82].
Die B1 Frakturen stellen die Indikation für eine Schraubenosteosynthese.
Frakturen des Typs B2 und 3 sind Indikation für eine Plattenosteosynthese.
Ein Fixateur externe kommt als Therapie der Wahl bei Frakturen vom Typ C2 und C3 in betracht [76,82].

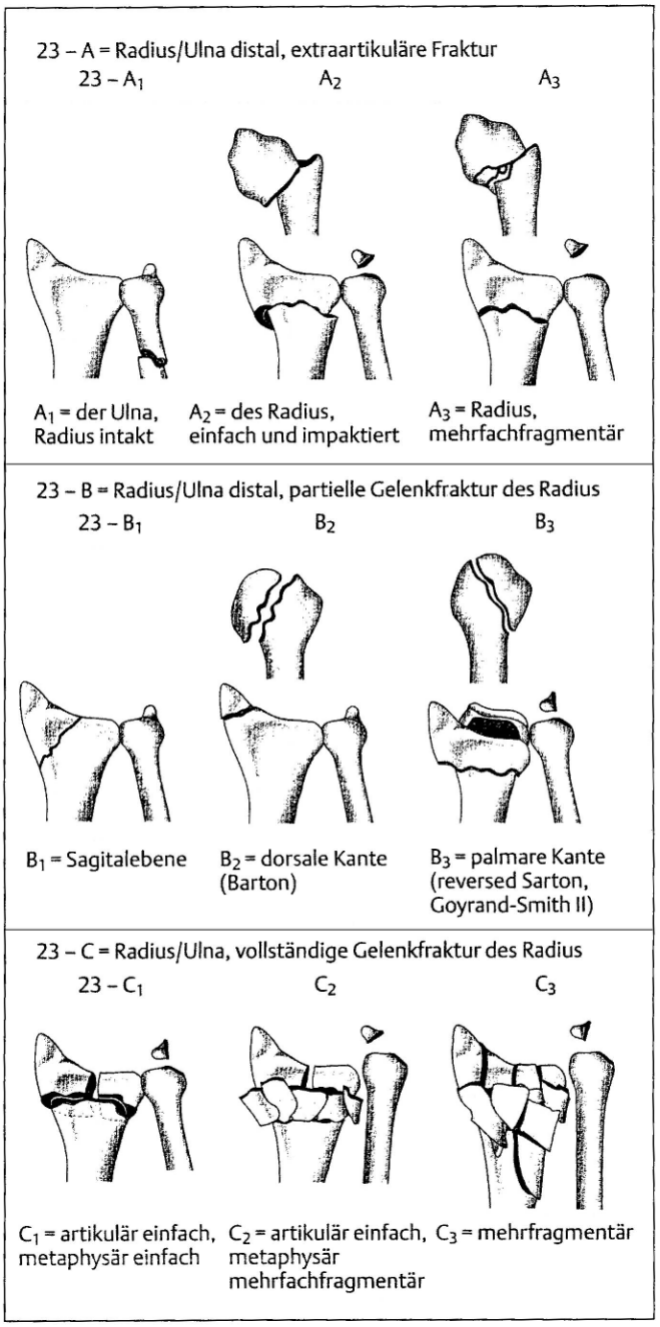


Abb. 27: AO Klassifikation

5.7 Instabilitätskriterien nach Letsch

Für die Instabilität distaler Radiusfrakturen hat R. Letsch die nachfolgenden drei Kriterien aufgestellt. Treffen zwei dieser drei zu, handelt es sich um einen instabilen Bruch der körperfernen Speiche, der einer umgehenden operativen Versorgung zugeführt werden sollte [63].

1. Klinisch relevanter Ulnavorschub, der hauptsächlich mit einer Ruptur des distalen Radioulnargelenkes einhergeht.
2. Abriss des Processus styloideus ulnae, der in der Regel durch eine Ruptur des Ligamentum collaterale ulnare zustande kommt.
3. Mehrfragmentfrakturen.

5.8 Instabilitätskriterien nach Wittner

B. Wittner bezieht sich bei den von ihm aufgestellten Instabilitätskriterien distaler Radiusfrakturen auf die extraartikulären Brüche. Hierbei reicht das Vorkommen eines der nachfolgenden sieben Kriterien aus, um eine Fraktur als instabil zu bezeichnen. Wittner empfiehlt in diesem Falle eine operative Versorgung [123].

.

1. Vorhandensein einer dorsalen oder volaren Trümmerzone
2. Vorliegen einer volaren Dislokation
3. Distale radioulnare Dissoziation
4. Abriss des Processus styloideus ulnae, sowie jede andere dislozierte Ulnafraktur
5. Abriss des ulnaren Seitenbandes
6. Dorsale Dislokation >20º
7. Ulnavorschub >3mm

6. Therapieoptionen

6.1 Allgemeines

Das primäre Ziel der Therapie der distalen Radiusfraktur ist die knöcherne Ausheilung des Bruches und Beseitigung einer Achsfehlstellung, sowie die Wiederherstellung der von Böhler beschriebenen Gelenkwinkel. Eine Rekonstruktion der Gelenkflächen zu den Handwurzelknochen sowie die Wiederherstellung der Länge des Radius mit Beseitigung eines relativen Ulnavorschubes sind ebenso wichtige Kriterien. Die primären Repositionsergebnisse müssen dauerhaft fixiert werden. Das wichtigste Ziel der Therapie ist die möglichst rasche Wiederherstellung einer uneingeschränkten Funktion des frakturierten Handgelenkes. Aufgrund der zunehmenden Anforderungen der manuellen Fertigkeiten im Berufsleben sowie der Erhaltung der Selbstversorgung vor allem älterer Menschen besteht heutzutage eine hohe Erwartungshaltung an den therapierenden Arzt, sowie an die Ergebnisse der angestrebten Therapie [6,10,43,51,87,90,101,112,127].

Diese angestrebten Therapieziele können nach Weller nur durch kritische Stellung der Operationsindikation unter Berücksichtigung des Verletzungsausmaßes erreicht werden. Dies bedeutet, dass die operative Versorgung nicht immer Mittel der ersten Wahl ist. Je nach Frakturtyp kann durch eine konservative Behandlung mit einem geringeren Risiko durchaus eine bessere Funktionalität erreicht werden [116].

Je nach Ausmaß und Stellung der Fraktur, sowie in Abhängigkeit vom Alter, können distale Radiusfrakturen unterschiedlich behandelt werden. Zur Auswahl steht je nach Indikation die konservative oder die operative Therapie.

6.2 Konservative Therapie

6.2.1 Indikation

Die konservative Therapie der distalen Radiusfraktur kommt zur Anwendung, wenn ein primär gutes Repositionsergebnis durch einen immobilisierenden Verband zuverlässig retiniert werden kann. Dies trifft für stabile extraartikuläre Frakturen, geringgradig verschobene Stauchungsbrüche, sowie gering dislozierte intraartikuläre Frakturen zu. Weitere Kriterien der konservativen Therapie der distale Radiusfraktur sind eine frakturbedingter Ulnavorschub von < 3mm, sowie eine dorsale Neigung des Fragmentes von < 20º in der streng seitlichen Röntgenaufnahme [6,12,51,74,82,105].

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) empfiehlt die konservative Therapie bei Frakturen der Kategorie 2A [82].

6.2.2 Reposition & Ruhigstellung

Am Anfang einer jeder Frakturtherapie steht, sofern diese notwendig ist, die Fraktureinrichtung. Alle verschobenen Frakturen müssen zunächst in eine physiologische Position gebracht werden.
Ist die Indikation zur konservativen Therapie nach den oben aufgeführten Kriterien gestellt, können Radiusfrakturen durch eine dorsale Gipsschiene retiniert werden.
Bei einfach dislozierten Frakturen, die durch eine Reposition einer konservativen Therapie zugeführt werden, können die während der Fraktureinrichtung benötigten Traktionskräfte sowohl aktiv durch den reponierenden Arzt als auch passiv durch Aufhängung der Hand in einem sogenannten „Mädchenfänger“ ausgeübt werden.
Im Falle des Aushanges zur Fraktureinrichtung werden der Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger bei rechtwinkelig gebeugtem Ellenbogengelenk mittels „Mädchenfänger“ aufgehängt. Dadurch wird ein Zug in vertikaler Richtung ausgeübt. Der Oberarm wird mit einem Gurt zur Erzeugung eines Gegenzuges mit Gewichten zwischen 3 und 7 Kg belastet. Bei diesem Gegenzug muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer Kompression des Gefäßnervenbündels des Oberarmes kommt [Abb. 36].

Die Reposition sollte unter ausreichender Analgesie durchgeführt werden. Hierfür kommen die lokale Bruchspaltanästhesie, die Leitungsanästhesie im Bereich des subaxillären Plexus brachialis, sowie die Kurznarkose in Frage. Im Anschluß erfolgt die endgültige Reposition bei der Extensionsfraktur durch Druck auf das Fragment von dorsal und durch Zug am ersten und zweiten Finger nach distal, volar und ulnar. Hierbei sollte die volare Kortikalis des Fragmentes über der volaren Kortikalis des proximalen Radiusanteil verhakt werden. Dadurch wird ein Abrutschen der Fraktur vermieden. Die Reposition erfolgt unter gleichzeitiger Bildwandlerkontrolle.

Die Anlage einer dorsalen Unterarmgipsschiene für einen Zeitraum von 2-3 Wochen sorgt für eine Ruhigstellung der Fraktur. Ist der Processus styloideus ulnae bei dem Bruch des distalen Radius mitbeteiligt, so wird nach Reposition eine Oberarmgipsschiene für 2-3 Wochen angelegt, um die Umwendbewegung im distalen Radioulnargelenk aufzuheben. Je nach Beschwerdesymptomatik kann die Oberarmgipsschiene nach 2-3 Wochen für weitere 1-2 Wochen auf eine Unterarmgipsschiene gewechselt werden.
Das Ziel der Reposition ist die Wiederherstellung der von Böhler beschriebenen Gelenkwinkel. Dies ist die Voraussetzung für ein späteres gutes funktionelles Ergebnis. Es müssen engmaschige Röntgenkontrollen an den Tagen 1, 4, 8, 14, 28 nach Reposition und Gipsanlage durchgeführt werden, um ein Abrutschen der Fraktur frühzeitig zu erkennen [6,9,16,26,48,51,82,99,105,113].

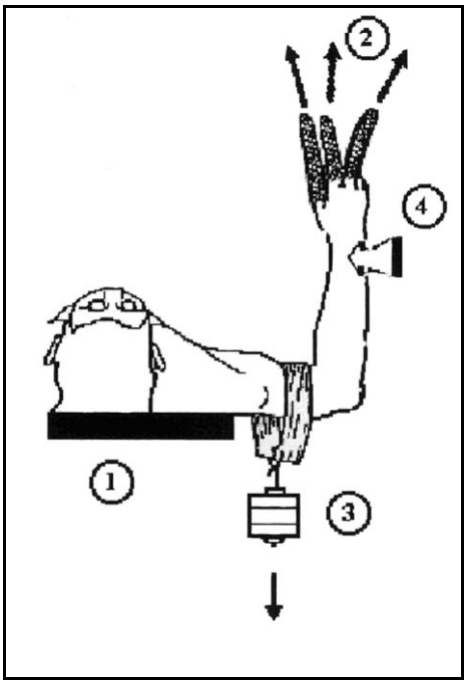


Abb. 28: Reposition der Fraktur mit
Aushang im „Mädchenfänger“ [9]

1. Rückenlage
2. Mädchenfänger an DI-DIII mit vertikal gerichtetem Zug
3. Gegenzug mit Gewichten ca. 3-7kg
4. manueller Druck auf das dislozierte Fragment von dorsal unter Durchleuchtung
5. Anlage einer Gipsschiene im Aushang
6. Stellungskontrolle des Handgelenkes in zwei Ebenen

6.3 Operative Therapie

6.3.1 Indikation

Die Indikation zur operativen Therapie einer distalen Radiusfraktur besteht bei allen primär offenen Frakturen.
Anzeichen einer Kompression des N. medianus, sowie Durchblutungsstörungen der betroffenen Hand, die auf Gefäßverletzungen hindeuten, die einer Revaskularisation bedürfen, gelten ebenfalls als zwingende Operationsindikation.
Alle instabilen Frakturen (s. 5.7 u. 5.8 auf S.33), z.B. die metaphysäre Trümmerfraktur, müssen einer operativen Therapie zugeführt werden.
Frakturen, bei denen keine befriedigende Brucheinstellung gelingt, oder deren Reposition durch Retention in einer Gipsschiene nicht in einer physiologischen Position gehalten werden kann, müssen der operativen Therapie zugeführt werden.
Die Flexionsfraktur mit nach palmar abgekipptem Fragment (Smith-Fraktur), zählt zu den Frakturen mit unzureichender Repositionsmöglichkeit und muss aus diesem Grund ebenfalls operativ versorgt werden.
Der Speichenbruch mit einem Ulnavorschub > 3mm weist auf eine höhergradige Einstauchung mit erheblichem Substanzdefekt hin. Bei einer Ausheilung mit einem deutlichen Ulnavorschub kommt es bei der Radialabduktion zu einem Impingement, und somit zu einer Bewegungseinschränkung und Schmerzsymptomatik im betroffenen Handgelenk.
Frakturen, die bei einem konservativen Therapieversuch sekundär dislozieren, müssen ebenfalls operiert werden. Die Operation sollte jedoch spätesten wegen der fortschreitenden Frakturkonsolidierung bis zum 21. Tag nach erlittenem Trauma durchgeführt werden [10].
Alle intraartikulären Frakturen mit Stufenbildung müssen operativ korrigiert werden, um eine vorzeitige Arthrosebildung des Handgelenkes mit all ihren Komplikationen zu vermeiden.
Luxationsfrakturen, Frakturen mit Beteiligung der Handwurzelknochen sowie Extensionsfrakturen mit einer Achsabweichung von > 20º gehören ebenfalls zu den Indikationen der operativ zu versorgenden Handgelenksbrüchen [4,6,10,19,45,51,61,67,83,87,90,94,106,108,111].

6.3.2 Optionen der operativen Therapie

Entscheidend für das gewählte operative Verfahren sind die Fraktureinteilung sowie die Begleitverletzungen. Hier kommen je nach Klassifikation des Bruches die offene oder geschlossene Schraubenosteosynthese, die offene Reposition und Plattenosteosynthese von dorsal oder volar, sowohl die klassische Kirschner-Drahtosteosynthese als auch die K-Drahtosteosynthese nach Kapandji und der Fixateur extern als Möglichkeiten in betracht.

6.3.2.1 Offene Reposition und Schraubenosteosynthese

Abrissfrakturen des Processus styloideus radii können durch die technisch einfache Methode der reinen Schraubenosteosynthese versorgt werden. Eine 3,5mm Spongiosaschraube wird nach Vorbereitung eines Kanales als Zugschraube eingebracht. Hoffmann hält bei dieser Art der Versorgung eine Ruhigstellung für nicht erforderlich. Wüstner-Hofmann hingegen empfiehlt zur Erholung der Weichteile die Anlage einer Unterarm Gipsschiene für zwei Wochen. Im Anschluss sollte dann eine frühfunktionelle Nachbehandlung erfolgen [43,44,82,126].

6.3.2.2 Offene Reposition und Plattenosteosynthese mittels dorsalem Zugang

Die Extensionsfraktur wird in der Regel von einem dorsalen Zugang aus versorgt. Die Operation erfolgt in Rückenlage. Der verletzte Arm wird auf einem Armtisch in Abduktion- und Pronationsstellung gelagert. Eine Blutleere bis 300 mmHg sollte wenn möglich angelegt werden. Die Vorteile liegen hierbei in der deutlich besseren Übersicht im Operationsgebiet, sowie die Einschränkung des Blutverlustes. Eine absolute Kontraindikation der Blutleere ist die Verletzung arterieller Gefäße, da hierbei der Blutfluss wichtig ist, um das suffiziente Ergebnis der Gefäßrekonstruktion, direkt beurteilen zu können.
Der Hautschnitt erfolgt als gerade Längsinzision, wahlweise leicht geschwungene S-Inzision, über dem distalen Anteil des Radius. Im Anschluss wird die Subcutis gespalten und von der darunterliegenden Fascie abpräpariert. Hierbei ist auf Schonung der sensiblen Äste des N. radialis und N. ulnaris zu achten. Nun folgt die Spaltung des Retinaculum extensorum zwischen den Fächern der Mm. extensores carpi radialis brevis et longus sowie dem M. extensor pollicis longus. Das Periost sowie die Gelenkkapsel werden längs inzidiert. Die Fraktur wird nun in ihre physiologische Stellung reponiert. Eine Radius T-Platte wird entsprechend den physiologischen Verhältnissen gebogen und zunächst proximal provisorisch mit einer Schraube fixiert.

Die Platte kann so gegebenenfalls noch korrigiert werden. Im Anschluss werden die restlichen Schraubenlöcher der Platte besetzt. Das Endergebnis wird unter dem Bildwandler kontrolliert und dokumentiert.
Nach ausgiebiger Wundspülung erfolgt der schichtweise Wundverschluss. Das Retinaculum extensorum wird nach Anbringen des Osteosynthesemateriales wieder verschlossen, um Sehnenrupturen durch Metall-Sehnenkontakt zu vermeiden [6,12,14,15,24,35,71,72,76].

Die dorsal eingebrachte Platte kann aufgrund des Kontaktes zu einigen Strecksehnen, hauptsächlich der Sehne des M. pollicis longus, durch ein Gleiten der Sehnen auf den Schraubenköpfen Beschwerden verursachen. Im schlimmsten Fall kann es zu Rupturen von Strecksehnen kommen.
[13,93,101,112,126].

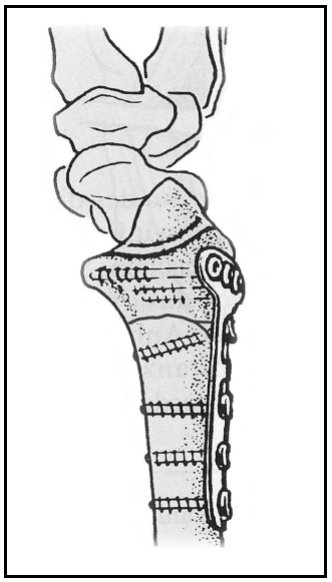


Abb. 29:
dorsale Plattenosteosynthese re. seitlich [76]

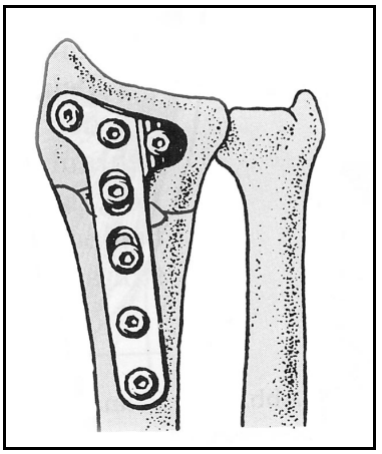


Abb. 30:
dorsale Plattenosteosynthese re. p.a. [76]

6.3.2.3 Offene Reposition und Plattenosteosynthese mittels volarem Zugang

Die Operation erfolgt in Rückenlage. Der verletzte Arm wird auf einem Armtisch in Abduktions- und Supinationsstellung gelagert. Eine Blutleere sollte auch hier, nach den oben bereits genannten Kriterien, angelegt werden.
Bei diesem Zugang erfolgt der Hautschnitt von der Thenarfalte ausgehend über den distalen Anteil des Radius. Es erfolgt die Längsinzision des Retinaculum flexorum und somit die Eröffnung des Karpaltunnels. Dadurch wird einer Einengung des N. medianus vorgebeugt. Der sensible Thenarast des N. medianus sowie die A. radialis werden gemieden. Die Fraktur stellt sich durch radialseitige Inzision des M. pronator quadratus und anschließend ulnare Verlagerung dar. Die Gelenkkapsel kann in Querrichtung zur Inspektion der Gelenkflächen eröffnet werden. Im Anschluss erfolgt die offene Reposition und Wiederherstellung der physiologischen Stellung der Fraktur. Eine Radius T-Platte wird angebogen, platziert und im proximalen Anteil provisorisch mit einer Schraube fixiert. Bei regelrechtem Sitz nach BV-Kontrolle werden die restlichen Plattenlöcher mit Schrauben versehen. Das Endergebnis wird mittels Bildwandler kontrolliert und dokumentiert. Nach ausgiebiger Wundspülung sollten die Kapsel sowie der M. pronator quadratus mit U-Nähten adaptiert werden. Das volar eingebrachte Osteosynthesematerial liegt geschützt in einem Weichteilmantel ohne Sehnenkontakt.
Je nach Beschwerdesymptomatik sollte eine postoperative Ruhigstellung für die Dauer von 2-3 Wochen in einer Unterarmgipsschiene erfolgen. Bei jüngeren Patienten ohne osteoporotische Anamnese kann eine frühfuntionelle krankengymnastische Beübung aus dem Gips heraus erfolgen.
[10,12,14,24,25,35,52,71,72].

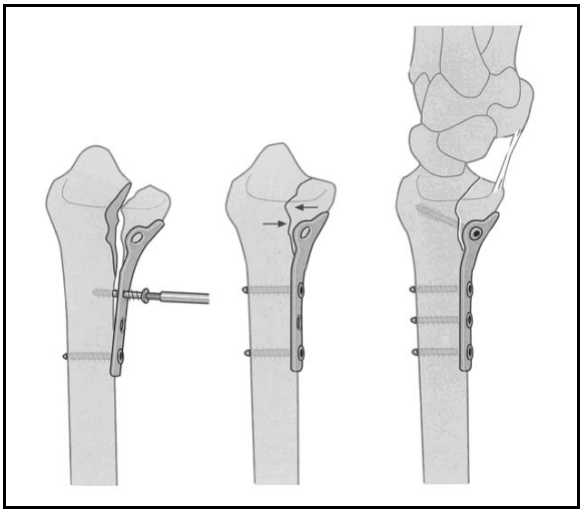


Abb. 31: volare Plattenosteosynthese li. [82]

6.3.2.4 Kirschner-Drahtosteosynthese

Die Kirschner-Drahtosteosynthese ist ein einfaches, halboffenes Verfahren, welches zur Stabilisierung instabiler Frakturen dient. Sie wurde 1952 von De Palma entwickelt und von Willenegger modifiziert. Die Indikation für dieses Verfahren ist die extraarticuläre Fraktur des älteren Menschen. Bei intraarticulären Extensionsfrakturen ohne Trümmerzone und guter Repositionsmöglichkeit, sowie bei kindlichen Frakturen ist diese Versorgung ebenfalls indiziert [21,62,119].

Die Spickung mit K-Drähten sollte in Allgemeinnarkose durchgeführt werden, kann aber auch in Plexusanästhesie geschehen. Die Bruchspaltanästhesie reicht nicht aus, um das schmerzempfindliche Periost auszuschalten.
Die Spickung mit Kirschner-Drähten beschränkt sich auf die Fixation des primären Repositionsergebnisses. Demnach kann dieser Versorgungstyp nur so gut sein, wie die Fragmente nach primärer Reposition zueinander stehen.
Die Voraussetzung zur K-Drahtosteosynthese ist der intakte Processus styloideus radii, da hierdurch, je nach angewandter Methode, mindestens ein Draht zu liegen kommt [4,36,62,85,126].

Bei der Kirschner-Drahtosteosynthese wird zunächst die Fraktur geschlossen reponiert. Mit dem Daumenballen der einen Hand wird das Repositionsergebnis fixiert. Dazu muss zusätzlich das Fragment über die eigenen Finger als Hypomochlion gedrückt werden. Im Anschluss erfolgt eine kleine Inzision der Haut zwischen dem ersten und zweiten Strecksehnenfach. Danach wird der K-Draht über der Tabatiere, durch den Processus styloideus radii, zur Radiusgegenkorticalis, mit einem Winkel von 25-30º zur Achse des Unterarmes eingebracht. Ein zweiter Draht wird über den gleichen Zugangsweg eingebracht. Dieser soll in beiden Ebenen etwas versetzt zum ersten Draht sein und in der Bohrrichtung entweder etwas steiler oder flacher eingebracht werden, um eine Rotationsstabilität des Fragmentes zu erreichen. Die Drahtenden werden eingekürzt, umgebogen und unter die Haut versenkt. Das Handgelenk wird durch einen Gipsverband ruhig gestellt [4,62,85,126] (Abb. 40).

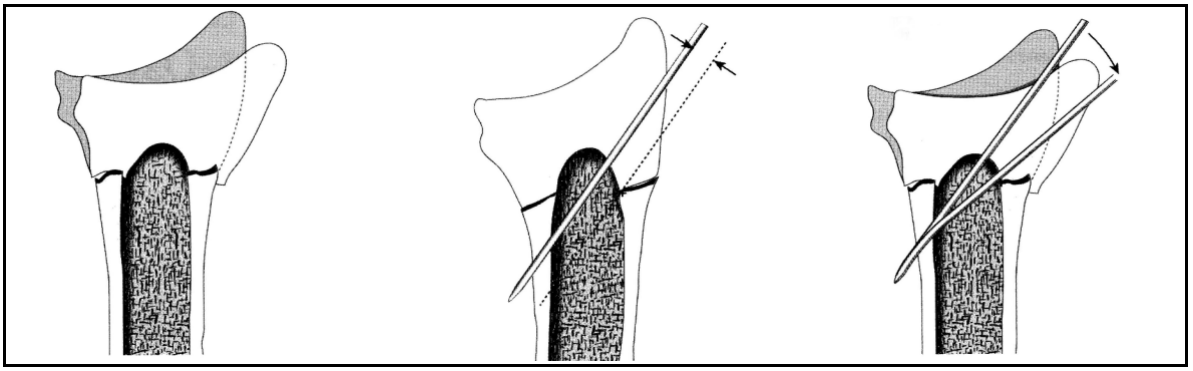


Abb. 32: Klassische K-Draht Osteosynthese [45]

Bray empfiehlt die Platzierung des ersten Drahtes ebenfalls zwischen dem ersten und zweiten Strecksehnenfach. Der zweite K-Draht sollte aber bei seiner Methode zwischen dem vierten und fünften Stecksehnenfach eingebracht werden. Dies soll eine bessere Rotationsstabilität bieten. Die Gipsruhigstellung erfolgt zunächst für sechs Wochen. Danach sollte das Handgelenk aus einer Unterarmgipsschiene heraus in der Beweglichkeit beübt werden [13].

Eine weitere alternative Methode der K-Draht Spickung stellt Habernek vor. Hierbei sollen insgesamt drei Drähte platziert werden, welche divergierend in der Gegencorticalis des Radius verankert werden. Die distalen Enden der Drähte sollen umgebogen und eingeschlagen werden um eine Durchwanderung zu verhindern [36].

Der Vorteil der Kirschner-Drahtosteosynthese ist die einfache Technik mit deutlich geringerer Traumatisierung des umgebenen Gewebes. Hinzutritt die kürzere Operationszeit und klinische Aufenthaltsdauer.

Als Nachteil muss die anschließende Immobilisierung des Handgelenkes im Gipsverband genannt werden. Das Ergebnis der K-Drahtversorgung ist nicht übungsstabil.

Böhler hatte bereits 1929 eine interessante Sonderform der Osteosynthese mittels K-Drähte bei distalen Radiusfrakturen als Therapieform genutzt. Diese wurde von vielen Autoren aufgefasst und immer wieder neu modifiziert. Böhler reponiert die Fraktur zunächst im Mädchenfänger. Danach verankert er einen K-Draht in den Metacarpalknochen. Einen weiteren Draht brachte er distal des Ellenbogengelenkes entweder in der Ulna, dem Radius oder in beiden Unterarmknochen ein. Die Ruhigstellung erfolgte im Anschluß in einem Gipsverband, in welchen die aus der Haut herausschauenden distalen Enden der Drähte eingebunden wurden [11,45].

6.3.2.5 Kirschner-Drahtosteosynthese nach Kapandji

Die intrafokale Kirschner-Drahtosteosynthese nach Kapandji ist eine Sonderform der Versorgung mittels K-Drähte. Zwei dorsale und ein dritter lateraler K-Draht werden zunächst senkrecht in den Frakturspalt eingebracht, anschließend erfolgt die Neigung von 45º nach distal und die Verankerung in der proximalen Gegencorticalis des Radius. Das Fragment wird durch das Anheben der Drähte auf 45º reponiert. Die kippachsennahe Lage der Drähte bietet bei der infrafokalen Spickung den besten Rückhalt gegen eine sekundäre Dislokation [42,45,50,115].

Die konventionelle Kirschner-Drahtosteosynthese wird nach Hoffman, der die Frakturen nach den Kriterien der AO einteilt, nur bei Frakturen des distalen Radius der Kategorie A2.2 und A2.3 angewandt.
Nach Kapandji wird von Hoffmann nur die Fraktur der Kategorie A3 versorgt. Im Widerspruch zum Erstbeschreiber stuft Hoffmann diesen Versorgungstyp nicht als übungsstabil ein. Aus diesem Grund stellt er das Handgelenk zusätzlich nach dem Eingriff in einem Gipsverband ruhig [43].

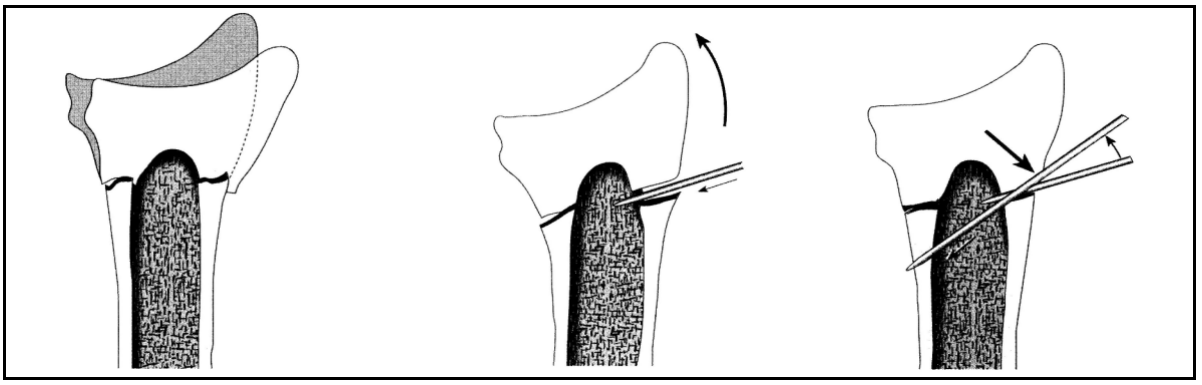


Abb. 33: Kirschner-Drahtosteosynthese nach Kapandji [45]

6.3.2.6 Fixateur externe

Anderson und O`Neil entwickelten 1944 die Extensions-Distraktions-Methode zur Ruhigstellung distaler Radiusfrakturen [82].

Nach Henning ist die Anlage eines Fixateur externe bei distalen Radiusfrakturen die konsequente und logische Fortführung der Reposition durch Zug und Gegenzug [39].

Der Fixateur extern nach dem Prinzip der AO erfordert vier Pins. Von den vier Pins werden jeweils zwei im proximalen und distalen Anteil der Fraktur platziert. Der erste Pin wird ins Os metacarpale II möglichst weit distal eingebracht. Ein zweiter wird im distalen Anteil der Fraktur des Radius, in einem Winkel von 45º zur Frontalebene und einem Neigungswinkel von 30º in der Sagittalebene platziert. Es folgt die Anbringung des Verbindungsrohres mit den vier Kupplungsbacken. Nach Einrichtung der Fraktur werden zwei Kupplungsbacken festgezogen. Die anderen, noch freien Kupplungsbacken, dienen nun als Zielgerät für die beiden verbliebenen noch zu platzierdenden Pins. Davon wird einer im Os metacarpale II, der andere im Radius verankert. Zu den korrespondierenden Pins sollte ein Winkel von 60º angestrebt werden [3,7,70,83,121].

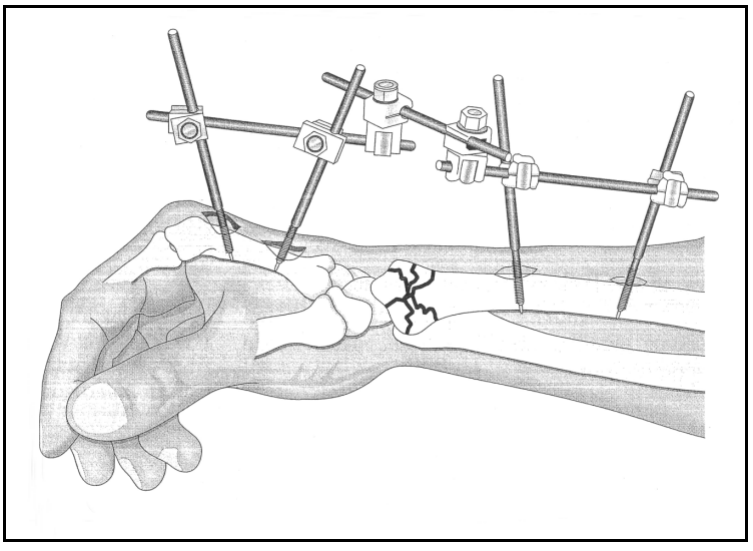


Abb. 34: Fixateur externe [74]

Herzberg stellt nach einer vergleichenden theoretischen Studie einige durch Extrapolation gewonnene Hinweise zur Nutzung von Fixateur externe Systemen auf [41].

- Die Montage des Fixateures sollte so dicht wie möglich am Hautniveau erfolgen. Mit dem wachsenden Abstand zum Knochen nehmen die von den Nägeln ausgeübten Hebelkräfte zu. Dies führt zu einer Zunahme der Ausbrüche der Pins aus ihren Verankerungen.
- Da die Hebelkräfte ebenfalls mit der zunehmenden Entfernung zur Fraktur zunehmen, sollte die Fixierung so nah wie möglich an den Fragmenten erfolgen.
- Der Durchmesser der Pins sollte möglichst groß sein. Dadurch werden die auf den Knochen einwirkenden Kräfte im Bohrloch auf eine möglichst große Fläche verteilt.
- Werden mehr als zwei Pins pro Ebene benutzt, sollte der Abstand der Pins so groß wie möglich sein. Hierdurch können die entstehenden Zug- und Druckkräfte zwischen Handgelenk und Handwurzel kompensiert werden.
- Die Fixierung der Pins im Knochen sollte so senkrecht wie möglich erfolgen. Dies haben Berechnungen mit unterschiedlichen Neigungswinkeln ergeben.

Für die Trümmerfraktur des distalen Radius mit erheblichem Substanzdefekt ist die Versorgung des Bruches mit einem Fixateur externe Mittel der Wahl. Andere osteosynthetische Verfahren, wie z.B. die Plattenosteosynthese, weisen nur unzureichende Stabilisierungsmöglichkeiten der Fragmente auf, da bei solchen komplizierten Trümmerbrüchen Schrauben keine Substanz für einen sicheren Halt finden. Bei dieser Art der Frakturen ist der kollaterale Kapselbandapparat und die Kapselregion weitestgehend im Sinne der Ligamentotaxis intakt. Durch Zug- und Gegenzug kann eine Stabilisierung erreicht werden [49].

Der Vorteil der Versorgung mit einem Fixateur externe bei Trümmerfrakturen liegt in der ausbleibenden Deperiostierung und Schonung der umgebenen Weichteile. In dem Frakturbereich werden keine Fremdmaterialien eingebracht und die osteogenetische Potenz des Frakturhämatomes bleibt erhalten.

Da die exakte anatomische Rekonstruktion durch die alleinige Versorgung mittels Fixateur externe häufig nicht gelingt, kommt es oft zu Kombinationen mit offenen Osteosyntheseverfahren.

Kording, empfiehlt aufgrund der unphysiologischen Gelenkdistraktion durch den Fixateur, welcher keinen Kontakt der Gelenkflächen zulässt, einen Methodenwechsel. Nach zwei bis vier Wochen sollte eine Plattenosteosynthese oder wahlweise eine Retention im Gipsverband erfolgen. Als Alternative kann eine kürzere Distraktion gewählt werden. Der Fixateur kann dadurch durchschnittlich nach viereinhalb Wochen entfernt werden [54].

Winker hat in einer vergleichenden Untersuchung dreier Verfahren festgestellt, dass die günstigste Methode die alleinige Anlage eines Fixateur externe mit sekundärer Spongiosaplastik nach Abschwellung der Weichteile bei liegendem Fixateur ist.
Die alleinige Behandlung der Fraktur mittels Fixateur externe oder die primäre Anlage eines Fixateures mit anschließendem Verfahrenswechel mittels Spongiosaplastik, konnten im Gegensatz keine befriedigenden Ergebnisse liefern [121].

7. Bruchlückenauffüllung

7.1 Allgemeines

Je nach Art des Unfalls und Beschaffenheit der Knochensubstanz stellt sich der Bruch des distalen Radius als Impaktierungsfraktur mit ausgedehnter Trümmerzone dar. Als Folge zeigt sich in der Regel ein ausgedehnter Substanzdefekt mit Verkürzung des Radius und daraus resultierendem relativen Ulnavorschub. Die körpereigene Kallusbildung füllt den Substanzdefekt nur langsam auf, so dass es zu einem Nachsintern mit erneuter Fehlstellung nach Reposition kommen kann. Um Folgeschäden mit Bewegungseinschränkungen nach Bruchheilung vorzubeugen, muss die Bruchlücke zur Wiederherstellung der originären Länge des Radius mit Knochenersatzmaterial aufgefüllt werden. Zum einen findet sich die Möglichkeit autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm des Patienten zur Auffüllung der Bruchlücke zu gewinnen. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von vollsynthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial in Form eines Granulates.
Die Bruchlückenauffüllung mit autologer Spongiosa oder anderem Knochenersatzmaterial dient der Heilungsstimulierung, sowie als Leitschiene für die körpereigenen, einschießenden Osteoblasten. Dies ist vor allem ein Vorteil bei osteoporotisch vorbelasteten Knochen und durch die Fraktur ohnehin gestörte Fragmentdurchblutung [5,18,53,77,103,125].

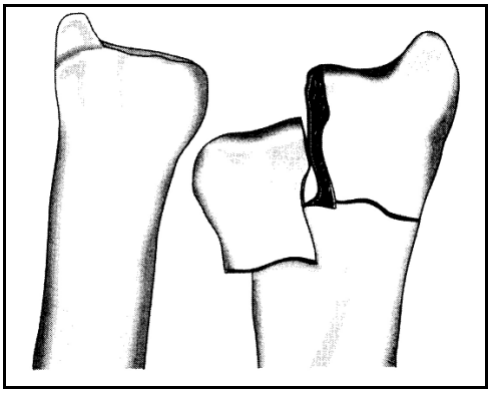


Abb. 35: Substanzdefekt [103]

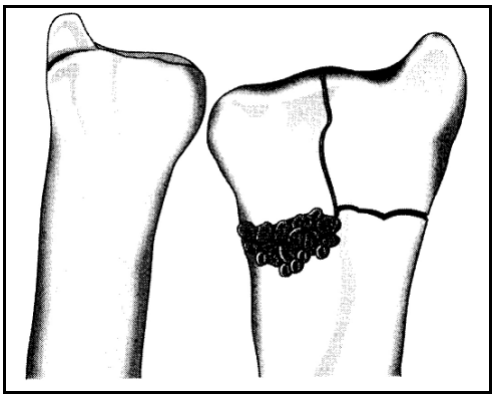


Abb. 36: Bruchlückenauffüllung [103]

7.2 Knochenersatzmaterialien

7.2.1 Allgemeines

Rueger versuchte 1998, durch eine Klassifikation Systematik in die Knochenersatzmaterialien zu bringen. Er unterteilte die Materialien in vier Klassen [98].

Klasse I:

Hier finden sich die biologisch organischen Substanzen.
Hierzu gehört die autologe Spongiosa aus dem körpereigenem Beckenkamm, der Trochanter-Region oder dem Tibiakopf.
Eine weitere biologisch organische Substanz ist das Bio-Oss®. Dieses Knochenersatzmaterial wird durch thermische Sinterungsprozesse aus Rinderknochen gewonnen. In Zeiten der BSE-Krise wurde jedoch Abstand von der Verwendung aufbereiteter Rindermaterialien genommen [103,117].

Des weiteren gehören zu dieser Gruppe Knochenmatrixextrakte, extrahierte Wachstumsfaktoren, sowie nicht knochenspezifische Wachstumsfaktoren.

Klasse II:

In der Klasse II sind die synthetisch anorganischen Substanzen, wie das ß-Tricalciumphosphat (TCP / z.B. chronOs™) zu finden.
Weitere synthetisch anorganische Verbindungen sind die Hydroxylapatitkeramik (z.B. Syntharcer®) sowie die kalciumphosphathaltigen Knochenzemente (z.B. Norian SRS®)

Klasse III:

In dieser Klasse finden sich die synthetisch organisch hergestellten Verbindungen, z.B. Polyester, Polyaminosäure, Polyanhydride, Polyorthoester, Polyphosphazene.

Klasse IV:

In dieser Gruppe finden sich die sogenannten Komposite. Hierbei werden Materialen zweier unterschiedlicher Substanzen kombiniert. Als Beispiel kommen die Kombination von Metallspongiosa und autologem Knochen oder das synthetisch hergestellte Hydroxylapatit in Verbindung mit Rinderkollagen zur Anwendung.

7.2.2 Autologe Spongiosa

Die Indikation zur Verwendung autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm liegt, wie bereits schon in der allgemeinen Indikation zur Bruchlückenauffüllung erläutert, im Trümmerbruch des distalen Radius mit ausgedehntem Substanzdefekt. Um eine achsgerechte Stellung des Fragmentes wiederherstellen zu können, sowie einen Ulnavorschub und der damit möglicherweise verbundenen Folgeschäden, z.B. durch Bewegungseinschränkungen nach Bruchheilung, muss die Bruchlücke zur Wiederherstellung der originären Länge des Radius mit Knochenersatzmaterial aufgefüllt werden. Der junge Patient mit guter Knochengrundsubstanz ist hierbei vor allem für die Verwendung autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm zur Bruchlückenauffüllung bei distalen Radiusfrakturen prädestiniert [5,18,40,58,59,103,125].

7.2.3 Vorteile der autologen Spongiosa

Die meist aus dem vorderen oder hinteren Beckenkamm gewonnene Spongiosa besitzt die höchste osteogene Potenz aller Spenderregionen des menschlichen Körpers. Die zur osteogenen Potenz hinzutretende immunologische Komponente ist für die Heilungsstimulierung optimal und somit Hauptvorteil der schnellen Integration des Ersatzmateriales im Defektgebiet. Da es sich bei der autologen Spongiosa um körpereigenes Gewebe handelt, kommt es zu keinen Fremdkörper- oder Abstoßungsreaktionen.
Als weitere Spenderregionen können der Tibiakopf sowie der Trochanter-Bereich des Femurs genutzt werden [5,18,40,58,59,103,125].

7.2.4 Nachteile der autologen Spongiosa

Ein Nachteil der Entnahme autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm ist ein zusätzlicher operativer Eingriff, um das benötigte Knochenmark gewinnen zu können.
Dies bedeutet eine längere Operationszeit, eine weitere Wunde mit der Komplikationsmöglichkeit des Wundinfektes bis hin zur Osteomyelitis. Nicht zu vernachlässigen sind die starken Schmerzen, die nach dem Eingriff am Beckenkamm entstehen. Der Hebedefekt am Beckenkamm wird von Patienten oftmals länger und schmerzhafter als die eigentliche Fraktur am Radius empfunden. Häufig zeigen die Patienten eine gute Beweglichkeit des Handgelenkes mit nur noch geringen Schmerzen, weisen jedoch noch ein hinkendes Gangbild nach abgeschlossener Wundheilung auf [5,18,40,58,59,103,125].

7.3 Synthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial

7.3.1 Allgemeines

Anstelle autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm können auch synthetisch hergestellte Knochenersatzmaterialien verwendet werden. Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Präparaten, z.B. Bio-Oss®, Syntharcer®, chronOs™ oder Norian SRS® angeboten.

Als Beispiel für synthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial wird hier das ß-Tricalciumphosphat (chronOs™) vorgestellt, da es Bestandteil dieser Dissertation ist.

7.3.2 Eigenschaften des ß-Tricalciumphosphat / chronOs™

7.3.2.1 Chemische Eigenschaften

Das synthetisch hergestellte chronOs™ besteht aus reinem ß-Tricalziumphosphat (TCP). Die Synthese der polykristallinen Keramik geschieht aus amorphen Kalziumphosphat-Materialien durch Sinterungsprozesse bei 1200º C. Durch eine Röntgenspektographie wird die Transformation in seine kristalline Form und Reinheit überwacht.
Die Bezeichnung „ß“ bezieht sich auf die Ausrichtung der einzelnen Trikalziumphospat-Kristalle, die es dem Knochen ermöglichen, diese Ausrichtung als Leitstruktur für Knochenneubildung nutzen zu können.

Diese Leitschiene aus ß-TCP-Keramik, welche auch als Gerüst für die osteogenen Zellen dient, wird im Gegensatz zu Hydroxylapatit-Keramik an der Rekonstruktionsstelle schließlich langsam resorbiert. Knochen bildet sich in den vorhandenen Zwischenräumen sobald das Mineralgerüst resorbiert ist. So verbleibt kein extern zugeführtes Biomaterial an der Rekonstruktionsstelle [68].

7.3.2.2 Biomechanische Eigenschaften

Die Druckfestigkeit liegt in der Größenordnung der Festigkeitswerte von spongiösem Knochen. Die axiale Belastbarkeit liegt bei 10-20 N/mm².
TCP (Trikalciumphosphat) und HA (Hydroxylapatit) gehören zu den Gruppen von Kalziumphosphaten, welche im allgemeinen Keramikmaterialien mit diversen Anteilen von Calcium und Phosphat umfassen. Durch die Ähnlichkeit der chemischen Struktur und Zusammensetzung des TCP und HA in der Mineralphase des Knochens findet sich hier die Idee zur klinischen Anwendung [68].

7.3.2.3 Physikalische Eigenschaften

Die Form der implantierten Keramik hat einen großen Einfluss auf die Resorptionsprozesse. Die Resorptionsquote ist umso höher, je größer die Oberfläche des Implantates ist. Ebenso spielt die Größe der Poren eine wichtige Rolle. Sie darf allerdings nicht zu groß sein, da hierdurch die mechanischen Eigenschaften der Keramik verändert werden und somit die Stabilität der Keramik wiederum abnimmt. Die durchschnittliche Porengröße liegt zwischen 160 bis 320 µm. Durch die synthetische Herstellung wird eine gleich bleibende Qualität von Porenvolumen und Porengröße garantiert, so dass eine kontrollierte mechanische Stabilität gewährleistet wird [68].

7.4 Indikation zur Verwendung von synthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial / chronOs™

Die distale Radiusfraktur ist in der Regel eine Impaktierungsfraktur. Aus diesem Grund ist eine operative Intervention mit Osteosynthese und Bruchlückenauffüllung indiziert. Die Bruchlücke kann sowohl mit autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm als auch mit synthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial aufgefüllt werden.

Das Ziel der vollsynthetisch hergestellten Knochenersatzplastik ist wie bei der autologen Spongiosaplastik die Wiederherstellung der originären Länge des frakturierten Radius. Bei Patienten im fortgeschrittenem Alter und osteoporotisch vorbelasteten Knochen mit reduzierter Osteoblastenaktivität, sowie multiplen Vorerkrankungen mit deutlich erhöhtem Narkoserisiko, ist die Verwendung des vollsynthetisch hergestellten Knochenersatzmaterials zur Substanzdefektauffüllung am distalen Radius angezeigt [68,77,124].

7.4.1 Vorteile des ß-Tricalciumphosphat

Das synthetisch hergestellte Knochenersatzmaterial garantiert aufgrund des Produktionsprozesses eine gleichmäßige Qualität. Das Material dient gleichzeitig als Leitschiene für die aus der Umgebung einsprießenden Osteoblasten. Hierdurch wird die Knochenneubildung unterstützt. Das vollsynthetische Knochenersatzmaterial ist vollkommen resorbierbar, kann universell bei jedem Patienten ohne Ausschlußkriterien verwendet werden und ist unbegrenzt verfügbar. Weder Vorerkrankungen noch eingeschränkte Operationsfähigkeit spielen hierbei eine Rolle. Die Operationszeiten werden kurz gehalten, da eine Entnahme von Spongiosa am Beckenkamm entfällt. Des Weiteren entfallen Infektionsmöglichkeiten durch den Zweiteingriff an der Entnahmestelle der autologen Spongiosa [68,124].

7.4.2 Nachteile von ß-Tricalciumphosphat

Als Nachteil ist zu sehen, dass das synthetisch hergestellte Knochenersatzmaterial eine körperfremde Substanz darstellt. Unverträglichkeiten sind bislang nicht beschrieben worden, aber dennoch nicht auszuschließen. Eine pathologische Bakterienhaftung wie bei allen anderen Knochenersatzmaterialien kann Ausgangspunkt eines chronischen Infektes sein. Das synthetische Ersatzmaterial enthält keine Osteblastenaktivität und besitzt somit weder immunologische noch osteogene Potenz. Sie dient lediglich der Bruchlückenauffüllung und als Leitschiene für die körpereigenen Osteoblasten. Die höheren Kosten des Granulates sind ebenfalls ein Nachteil [103].

8. Folgeschäden

8.1 Fehlstellungen

Die anatomisch korrekte Reposition und die Stabilisierung des Bruches sind die Ziele der Frakturbehandlung. Mit einem Anteil von 20-30% beschreibt R.P. Zettel in einer Studie, dass bereits über Jahrzehnte unbefriedigende Ergebnisse nach distalen Radiusfrakturen vorliegen. Der Großteil ist auf ungenügende Repositionen und Fixation der Frakturen zurückzuführen. Die Folge ist eine Dislokation des Fragmentes. Dadurch steht die Fraktur nicht achsgerecht in anatomisch korrekter Stellung, und es kommt zu einer Bruchheilung in Fehlstellung. Hinzu treten bei intraartikulären Frakturen Schädigungen der Knorpelflächen, sowie Stufenbildung in der Gelenkfläche auf. Dies sind prädisponierende Faktoren zur Ausbildung einer frühzeitig auftretenden Handgelenksarthrose mit schmerzhaft eingeschränkter Beweglichkeit [17,109,127,128].

Das Alter scheint hierbei eine wesentliche Rolle zu spielen. Ältere Patienten empfinden aufgrund der geringeren Bewegungsausmaße und Belastung der Hand Schmerzen und Bewegungseinschränkungen als nicht so gravierend wie jüngere Patienten.
Eine Beweglichkeit von 30-0-30º Extension/Flexion, sowie 10-0-10º Ulnaduktion/Radialduktion wird für die Verrichtung alltäglicher Dinge von Gärtig als ausreichend beschrieben [33].

Die Beugehemmung im Handgelenk wird hauptsächlich durch die dorsale Abkippung des Fragmentes bedingt. Kommt es zu einer radialen Deviation, hat dies eine Supinationshemmung sowie eine Abduktionshemmung nach ulnar zur Folge. Ein relativer Ulnavorschub zeigt sich bei einer Sinterung des Fragmentes. Es tritt eine Hemmung der Supination und Ulnarabduktion auf. Fehlstellungen sind häufig mit Schmerzen bei Belastung, sowie mit der Gefahr der posttraumatischen Arthrose, hauptsächlich bei jungen Patienten, vergesellschaftet.

Bei jungen Patienten gelten somit die Verkürzung des Radius mit Ulnavorschub und die daraus resultierende Subluxationsstellung im Radioulnargelenk als Präarthrose. Unter Berücksichtigung des Alters wird dadurch also die Indikation zur Korrekturoperation gestellt. Kriterien hierfür sind Radiusverkürzungen > 3mm sowie Achsabknickungen >15º. Bei einer Radiusverkürzung kommt als Therapie die Radiusverlängerung durch Interposition eines kortigospongiösen Knochenspans aus dem Beckenkamm mit anschließender Plattenosteosynthese in Betracht. Eine Ulnaverkürzungsosteotomie kann bei achsgerechter Stellung bei einem Ulnavorschub durchgeführt werden, und eine Besserung der Situation im betroffenen Handgelenk zur Folge haben. Im Rahmen der Korrektur von Achsabweichungen kann ebenfalls eine Umstellungsosteotomie durchgeführt werden.

8.2 Pseudarthrosen

Die Ausbildung einer Pseudarthrose im Bereich des Processus styloideus ulnae bei reponiertem und regelrecht stehendem Gelenk, ist in einer Studie von Castaign, mit einem Anteil von 77,5% der Fälle beobachtet worden. Langenberg beschreibt, dass diese Pseudarthrose die Funktion und Beweglichkeit des Handgelenkes jedoch nicht beeinträchtigt [60,82].

8.3 Instabilität des Radioulnargelenkes

Als seltene Begleitverletzung der distalen Radiusfraktur gilt die Instabilität des Radioulnargelenkes mit Luxation des Ulnarköpfchens nach palmar oder dorsal. In diesem Fall lässt sich bei Pro- und Supination ein Schnappen über dem Ulnaköpfchen tasten. Zusätzlich kommt es zu einer eingeschränkten Drehbewegung im Radioulnargelenk. Als operative Therapiemöglichkeiten kommen die Straffung der Gelenkkapsel, Fesselungsoperationen und die Ulnarköpfchenresektion in Betracht [60].

8.4 Chronische Schmerzzustände

Chronische Schmerzzustände folgen in der Regel einer Läsion des Discus articularis sowie bei Gelenkinkongruenzen im Zuge von Arthrosen. Ein postoperativ auftretendes Kompartmentsyndrom und die Sudeck-Dystrophie (s. 8.6. auf S. 59) gehören ebenfalls zu den chronischen Schmerzzuständen. Allerdings kann es auch bei nicht nachweisbaren anatomischem Korrelat zu bleibenden Schmerzen nach Frakturen im Handgelenk kommen.

8.4.1 Befund

Die Patienten klagen über eine schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit und Kraft des Handgelenkes und der Hand. Bei einem Karpaltunnelsndrom tritt die Brachialgia paraesthetica nocturna als typischer Befund auf.
Eine Deformität des Handgelenkes ist bei von den Patienten beschriebenen chronischen Schmerzen teilweise bereits makroskopisch zu erkennen.

8.4.2 Diagnose

Die eingeschränkte Beweglichkeit wird anhand eines Goniometers im Vergleich zur Gegenseite nach der Neutral-Null-Methode objektiviert. Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in zwei Ebenen zeigen Arthrosen, Fehlstellungen, einen Ulnavorschub sowie Demineralisierungen. Weitere Informationen über die Stellung der artikulierenden Knochenanteile können durch eine Computertomographie gewonnen werden. Möchte man nähere Auskünfte über die Knorpel- und Bandstrukturen im Handgelenk erhalten, so sollte eine Magnetresonanztomographie angefertigt werden.
Des weiteren kann der Score von J.J.Gartland Jr. und C.W. Werley angewandt werden. Dieser beinhaltet zur besseren Beurteilung sowohl subjektive als auch objektive Kriterien zur Bewertung der Gesamteinschätzung des Handgelenkes.
Der DASH-Fragebogen (**D**isability of **A**rm, **S**houlder, **H**and) von G. Germann, G. Wind und A. Harth zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität kann ebenfalls zur besseren Beurteilung herangezogen werden. Beide Scores werden im Speziellen Teil ab Seite 80 erläutert.

8.4.3 Therapie

Zunächst sollten konservative Therapiemöglichkeiten mit Krankengymnastik und Ergotherapie zur Verbesserung der Beweglichkeit angestrebt werden. Auf eine ausreichende medikamentöse Schmerztherapie, z.B. mit nichtsteroidalen Antirheumatika, ist zu achten.

Sind die konservativen Behandlungsmöglichkeiten erschöpft, kann versucht werden durch eine Testanästhesie eine Schmerzfreiheit zu erzielen.

Ist dies der Fall, so kann eine Denervierungsoperation nach Wilhelm zu einer Schmerzlinderung führen. Ist im Handgelenk eine ausgeprägte Arthrose festzustellen, kann eine Arthrodese des Gelenkes zu einer Schmerzlinderung führen. Die Beweglichkeit im Handgelenk wird durch die Versteifung zwar völlig aufgehoben, dafür ergeben die Schmerzfreiheit und die erhaltene Kraft eine Besserung der gesamten Armfunktion.

8.5 Das posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom

Bei distalen Radiusfrakturen tritt aufgrund der anatomisch exponierten Lage in 1,0-8,19% der Fälle eine Schädigung des N. medianus auf. Eine direkte Schädigung des Nerven kommt nur sehr selten, z.B. bei Hochrasanztraumen, vor. Durch ein Frakturhämatom oder Ödembildung des umgebenen Weichteilgewebes, sowie Frakturfragmente, die ebenfalls zu einer Verengung des Karpalkanales führen können, kann sowohl primär als auch sekundär eine anhaltende Kompression des N. medianus auftreten. Generell kann ein frühes, akutes Karpaltunnelsyndrom von einem späten, erst nach Jahren auftretenden Karpaltunnelsyndrom unterschieden werden [69,93,114].

Anzahl der Frakturen	KTS %	Autor	Jahr
50	1,0	Wagner, H.E, Jakob R.P.	1988
249	2,49	Petracic, B.	1993
117	8,19	Lauber, P.; Pfeiffer, K.M.	1984

Tab. 1: Häufigkeiten des Karpaltunnelsyndroms nach distaler Radiusfraktur [61,93,114]

8.5.1 Das frühe, akute Karpaltunnelsyndrom

Peterson stellte bei Druckmessungen fest, dass es bereits bei geringer Ödembildung zu Drucksteigerungen im Karpaltunnel kommt. Vor allem treten diese hohen Drücke während, kurz nach der Reposition, sowie vor Spaltung des angelegten Unterarmgipses auf. Diese Druckerhöhungen halten ca. 8-12h an. Im Rahmen der allgemeinen Schmerzsymptomatik der Fraktur geht hierbei die erste klinische Symptomatik unter. Hier kann die Diagnose lediglich durch eine Druckmessung im Karpaltunnel gesichert werden [22,92].

8.5.2 Das späte Karpaltunnelsyndrom

Ein spätes Karpaltunnelsyndrom kann schleichend im Laufe von Jahren nach distalen Radiusfrakturen auftreten. Vernarbungen, die mit der Zeit nach der Bruchheilung entstehen können, spielen hierbei eine große Rolle.

8.5.3 Die häufigsten klinischen Tests zur Erkennung eines Karpaltunnelsyndroms

Klinische Tests können zur Orientierung eingesetzt werden. Sie sollten aber nicht allein Grundlage einer Operationsindikation sein. Ebenfalls sollten die Dauer der Schmerzsymptomatik und die subjektive Beeinträchtigung des Patienten berücksichtigt werden. Die Stadieneinteilung ist dabei ebenfalls ein hilfreiches Kriterium [69].
Zur Diagnostik eines KTS gehört die neurologische Durchführung einer EMG.

Zu den häufigsten klinischen Tests gehören:

- **Der Flexions-Kompressions-Test**
  Dieser Test ist bei 3/4 der Patienten positiv. Hierbei wird bei gestrecktem Ellenbogengelenk und supiniertem Unterarm das Handgelenk 60º gebeugt und mit dem Daumen ein Druck auf den N. medianus im Karpaltunnelbereich ausgeübt.

- **Das Hoffmann-Tinel-Zeichen**
  Bei neutraler Handgelenksposition wird durch Beklopfen des N. medianus im Verlauf über dem Handgelenk eine verstärkte sensible Sensation ausgelöst. Dieser Test ist bei 3/4 der Patienten positiv.

- **Der Phalen-Test**
  Hierbei werden die Ellenbogen bei senkrechten Unterarmen auf einen Tisch gestützt. Die Hände werden im Anschluß nach palmar flektiert. Innerhalb 60 Sekunden treten stärkste Parästhesien auf. Hier findet man bei 2/3 der Patienten ein positives Ergebnis.

- **Der Karpal-Kompressions – Test**
  Bei neutraler Handgelenksposition wird durch einen Druck auf den N. medianus in Höhe des Karpaltunnels eine Karpaltunnelsyndromsymptomatik ausgelöst oder verstärkt. Dieser Test kann auch bei eingeschränkter Beweglichkeit des Handgelenkes durchgeführt werden und ist bei 3/4 der Patienten positiv.

8.5.4 Stadieneinteilung des Karpaltunnelsyndroms

Das Karpaltunnelsyndrom wird in vier Stadien eingeteilt:

Stadium I:
Schmerzen und Missempfindungen ohne neurographische Auffälligkeiten.

Stadium II:
Leichte, motorische oder sensible Leitungsverzögerung im Karpaltunnelabschnitt.

Stadium III:
Auftreten von intermittierenden Taubheitgefühlen und einer Thenarschwäche bei axonaler Schädigung.

Stadium IV:
Thenaratrophie und permanentes Taubheitsgefühl im Versorgungsgebiet des N. medianus ohne Reizerscheinungen oder Schmerzen.

8.5.5 Therapie des Karpaltunnelsyndroms

Bei bestätigter Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms sowohl akut als auch spät auftretend, muss therapeutisch eine Spaltung des Retinaculum flexorum durchgeführt werden. Wird bei plattenosteosynthetischer Versorgung der distalen Radiusfraktur ein volarer Zugang gewählt, so sollte stets routinemäßig eine prophylaktische Dekompression des N. medianus durch Spaltung des Retinaculums vorgenommen werden [92,96].

8.6 Algodystrophie (Morbus Sudeck)

Die Ätiologie der zur Jahrhundertwende von dem Hamburger Chirurgen Paul H. Sudeck (1866-1945) beschriebenen neuro-vegetativen Dystrophie ist auch bis heute noch weitestgehend ungeklärt. Diskutiert werden Mechanismen, die über eine Veränderung der afferenten Impulse zu einer Sympathikusdysregulation mit gestörter efferenter Aktivität führen. Hierbei zeigen sich signifikante Unterschiede in der Durchblutung der betroffenen Extremität in Abhängigkeit von dem Stadium der Erkrankung. Es ist lediglich bekannt, dass es ein durch ein Trauma ausgelöstes, abakterielles, entzündliches Syndrom ist. Dies hat eine Durchblutungsstörung aller Gewebe zur Folge. Es gibt bislang keine objektiven Parameter, die die untersucherunabhängige Diagnose sichern könnten. Dies stellt eines der Grundprobleme der frühzeitigen Erkennung dieser Erkrankung dar. Hinzu tritt die lange Latenzzeit zwischen den ersten auftretenden klinischen Symptomen und der im Röntgenbild charakteristisch sichtbar werdenden fleckigen Demineralisierung [10,28,63,93,100,118].

In der Literatur findet man Angaben von in 2,49-25,8 % auftretenden Algodystrophien nach stattgehabter distaler Radiusfraktur [10,28,63,93].

Anzahl der Frakturen	M. Sudeck %	Autor	Jahr
249	2,49	Petracic,B.	1993
107	3,0	Fritz,Th.	1983
425	8,5	Letsch,R.	1984
199	25,8	Boszotta,H.	1991

Tab. 2: Häufigkeiten eines M. Sudeck nach distaler Radiusfraktur [10,28,63,93]

8.6.1 Kriterien nach van den Wildenberg zur Diagnosestellung eines Morbus Sudeck

Van den Wildenberg stellte einige Kriterien auf, welche obligat oder fakultativ zum posttraumatischen Dystrophiesyndrom gehören und dessen Diagnosestellung erleichtern sollen [118].

Obligate Kriterien:

- Beschwerdeausbreitung über das ursprünglich betroffene Gebiet
- Einschränkung der Funktion
- Veränderung der lokalen Temperaturempfindung

Fakultative Kriterien:

- Änderung des Hautkolorits
- Hypertrichose
- Hyperhidrose
- Hypästhesie
- Wachstum der Nägel beschleunigt
- Lokale Schwellung
- Lokal auslösbarer Schmerz
- Fleckige Demineralisierung

Mindesten drei der oben aufgeführten fakultativen Kriterien müssen erfüllt sein, um die Diagnose einer Algodystrophie zu sichern.

Durch die computertomographische Untersuchung des betroffenen Knochens wurde ebenfalls ein Versuch zur Quantifizierung und Objektivierung unternommen. Hierbei konnten die in Hounsfield gemessenen deutlichen Dichteunterschiede zur gesunden Gegenseite gesichert werden. Die im CT gemessenen Dichterunterschiede konnten wesentlich früher als die entsprechenden Veränderungen im Nativröntgenbild festgestellt werden. Hinzu kommt, dass im CT keine durch den Gipsverband auftretende Störeffekte wie in der konventionellen Röntgenaufnahme zu verzeichnen sind [55,80].

8.6.2 Einteilung der Sudeck`schen Algodystrophie

Die Algodystropie wird nach Paul H. Sudeck in die folgenden drei Stadien eingeteilt:

Stadium I:

Hier überwiegt die akut entzündliche- oder Denervierungsphase mit Spontan-, Bewegungs- und Belastungsschmerz. Die Haut ist in diesem Stadium typischerweise hyperämisch verfärbt sowie ödematös geschwollen und überwärmt. Des weiteren besteht eine Hyperhidrose und Hyperpathie. Dieses Stadium ist reversibel und somit besteht die Möglichkeit zur restitutio ad integrum.

Stadium II:

Dies ist die eigentliche dystrophisch-hypersensitive Phase mit zunehmenden Bewegungs- und Belastungschmezen. Die Haut erscheint in diesem Stadium trocken und livide verfärbt. Hinzu treten eine deutliche Kälteempfindlichkeit und ein glänzendes Aussehen. In der Röntgennativaufnahme fallen die typischerweise auftretenden fleckigen Demineralisierungen auf.

Stadium III:

In dieser Phase stellt sich die sogenannte Endatrophie mit bleibenden Defekten ein. Häufig kommt es in diesem Abschnitt zu einem Nachlassen der Beschwerden. Meist ist dies mit einer irreversiblen Bewegungseinschränkung vergesellschaftet. Hierbei findet sich oft eine blasse und kälteempfindliche Hautoberfläche. Die Röntgenaufnahme zeigt in dieser Endphase eine diffuse, osteoporotische Entkalkung der betroffenen Knochenstrukturen.

Eine Therapie der Algodystrophie sollte frühzeitig beginnen. Diese umfasst die Ruhigstellung des betroffenen Körperabschnittes, z.B. in einer Unterarmgipsschiene, sowie durchblutungsfördernde Maßnahmen, sowohl physikalisch als auch medikamentös, z.B. durch Calcitoningabe als Nasenspray. Eine Stellatumblockade sowie die Gabe von Lokalanästhetika können ebenfalls den Krankheitsverlauf positiv beeinflussen [29,46,100].

9. Therapieoptionen posttraumatischer Schäden

9.1 Allgemeines

Williams beschreibt bei konservativ behandelten distalen Radiusfrakturen mit 20-30% einen hohen Anteil von ausgeheilten Fehlstellungen. Dabei kommt es vorwiegend zu einer dorsalen Abkippung mit relativem Ulnavorschub. Diese bereitet dem Patienten in der Regel beträchtliche Schmerzen [95,109,120,128].

Die Radialverkippung und Dorsalverschiebung des Fragmentes sowie die impaktierungsbedingte Radiusverkürzung führt zu dem bereits oben schon erwähnten Ulnavorschub. Hierdurch kann es zu einem Beschwerdekomplex mit schmerzhaften Bewegungseinschränkungen im Handgelenk und distalen Radioulnargelenk kommen. Die Pro- und Supination kann bei einer Verziehung der Membrana interossea ebenfalls zu schmerzhaften Einschränkungen führen. Schmerzhafte arthrotische Veränderungen mit zunehmenden Bewegungseinschränkungen können durch weitere Begleitverletzungen, wie Zerreißung der extrinsischen- oder intrinsischen Bandstrukturen und Verletzung des Discus triangularis auftreten. Dies kann eine Inkongruenz oder eine Subluxationsstellung im Radioulnargelenk zur Folge haben. Der radiologische Befund stimmt auffälligerweise nicht immer mit dem Beschwerdebild überein [17,120,128].

Bei der Indikationsstellung zur Korrekturosteotomie posttraumatischer Beschwerdekomplexe wird immer noch zu häufig auf radiologische Befunde acht gegeben, anstatt das klinische Beschwerdebild in den Vordergrund zu stellen. Die subjektiven Angaben des Patienten, sollten wesentlich mehr Beachtung finden. Gerade der ältere Mensch ist heutzutage auf die Beweglichkeit seiner Hände zum Erhalt der Selbstständigkeit angewiesen. Aus diesem Grund sollte das Alter nicht allgemein als Kontraindikation zur Operation zur Verbesserung der Beschwerdesymptomatik gesehen werden.
Größere Fehlstellungen können im hohen Alter bei klinischer Beschwerdefreiheit durchaus toleriert werden. Mäßige Fehlstellungen mit geringer Einbuße im Hinblick auf zu erwartende arthrotische Veränderungen beim jüngeren Menschen sollten hingegen eine Operationsindikation darstellen. Je nach Indikation können mehrere Operationsverfahren angewandt werden. Um die richtige auszuwählen, sollte stets eine Röntgenaufnahme der gesunden Gegenseite gemacht werden, um eine Vorstellung von den prätraumatischen Verhältnissen zu erlangen.

9.2 Ulnaköpfchenresektion

Die von Darrach 1936 beschriebene Methode der Ulnaköpfchenresektion ist eine einfache Operation. Hierbei wird der distale Anteil der Ulna subperiostal abgetragen. Diese kann mit oder ohne Resektion des Processus styloideus ulnae durchgeführt werden. Durch diesen Eingriff kommt es allerdings zu einer Instabilität im Radioulnargelenk. Dies liegt daran, dass die osteo-ligamentäre Führung ulnarseitig durch diesen Eingriff aufgehoben wird. Postoperativ kann es zu einer Ulnatranslokation des Carpus sowie zu einer Minderung des Grobgriffes kommen [66,95,109].

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass in situ kein Osteosynthesematerial verbleibt. Eine bereits vorhandene Arthrose des Radioulnargelenkes ist ebenfalls eine Indikation zur Resektion des Ulnaköpfchen [66,120].

9.3 Verkürzungsosteotomie der Ulna

Bei der Verkürzungsosteotomie der Ulna im Schaftbereich bleibt der Processus styloideus erhalten. Dadurch bleibt der trianguläre-fibrocartilaginäre-complex intakt. Eine Inkongruenz des Ulnocarpalgelenkes kann dadurch vermieden werden. Eine Spaltung der Membrana interossea ist bei dieser Art der Versorgung obligat, da es ansonsten zu Verziehungen mit Störung der Pro- und Supination des Unterarmes kommen könnte.
Von Roesgen und Hierholzer wird die alleinige Verkürzungsosteotomie der Ulna abgelehnt, da sie keinen Einfluss auf die Gelenkfehlstellung im Radiocarpalgelenk habe. Häufig kommt es zu verzögerten Heilungsverläufen mit einem hohen Anteil von Pseudarthrosenbildung [84,97,109].

9.4 Korrekturosteotomie des distalen Radius

Die Korrekturosteotomie dient als eigentliches Mittel der Wahl zur Behandlung der in Fehlstellung ausgeheilten und mit Beschwerdesymptomatik behafteten distalen Radiusfraktur. Die Indikation hierfür liegt in der Inkongruenz im Radioulnargelenk, sowie bei abgekippter Ossifikation nach dorsal oder volar.
Additive und subtraktive Osteotomien können am distalen Radius zur Behebung des Beschwerdekomplexes erfolgen.
Bei der additiven Korrekturosteotomie werden trapezförmige Spongiosakeile aus dem Beckenkamm entnommen. Wahlweise kann hier auch synthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial genutzt werden. Diese Spongiosakeile werden dem ausgemessenem Längenverlust entsprechend im distalen osteotomierten Radius angelagert. Zusätzliche Korrekturosteotomien der Ulna können durch diese Methode vermieden werden.
Die Korrekturosteotomie des distalen Radius kann ebenfalls Beschwerdesymptomatiken bei Medianuskompressionssyndromen sowie der Algodystrophie (M. Sudeck) Linderung bringen. Wird die Fehlstellung in eine regelrechte anatomische Stellung korrigiert, so wird der Circulus vitiosus unterbrochen, welcher die Sudeck´sche Dystrophie unterhält [5,8,57,95,97,109].

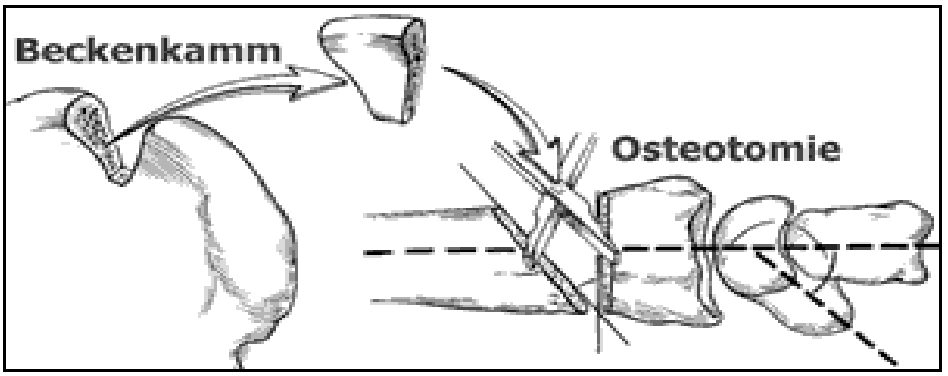


Abb. 37: Additive Korrekturosteotomie des distalen Radius [109]

9.5 Arthrodese

Die Arthrodese wird als letzter Schritt einer vorangegangenen Behandlungsserie angesehen und wird nur in Betracht gezogen, wenn alle anderen zuvor versuchten konservativen Methoden versagt haben. Durch eine Versteifung des Handgelenkes können die erheblichen Schmerzen der posttraumatischen Handgelenksarthrosen erfolgreich ausgeschaltet werden. Die Hand wird bei diesem Vorgehen in leichter Extension und Abduktion fixiert. Dadurch kommt der zweite Mittelhandknochen in die Verlängerung des Radius zu liegen. Von Fuchs wird die Verwendung eines autologen kortikospongiösen Blocks aus dem Beckenkamm empfohlen, um so eine primäre Übungsstabilität und geringe Pseudarthrosenrate zu erhalten. Wahlweise kann auch hierbei anstelle autologen Knochenmateriales synthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterials genutzt werden [31].

Spezieller Teil

10. Materialien und Methoden

10.1 Erhebung der Daten

Anhand der OP Bücher wurde eine Liste aller Patienten erstellt, die in dem Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2002 in der chirurgischen Abteilung des St.-Elisabeth-Hospital Herten an einer distalen Radiusfraktur operativ versorgt wurden. Diese wurden zur Durchführung einer Nachuntersuchung in die chirurgische Ambulanz eingeladen. Dort erfolgte eine klinische Untersuchung. Hierbei wurden beide Handgelenke im Vergleich nach einem zuvor angefertigten Erhebungsbogen untersucht.
Die Bewegungsmaße beider Handgelenke wurden zur besseren Vergleichbarkeit nach der Neutral-Null-Methode mittels eines handelsüblichen Goniometers bestimmt. Zusätzlich wurde eine Kraftbestimmung der Griffstärke beider Hände mittels Vigirometer der Firma Orthopaedia bestimmt. Ebenfalls wurden zur Stellungskontrolle der Fraktur, sowie zur Beurteilung der Resorption des zusätzlich eingebrachten Knochenersatzmateriales, Röntgenaufnahmen beider Handgelenke im posterior-anterioren und streng seitlichen Strahlengang angefertigt.
Die postoperativen Behandlungsergebnisse wurde zur objektiven und subjektiven Beurteilbarkeit nach dem Score von JJ. Gartland Jr. & C.W. Werley untersucht. Zusätzlich wurde mit den Patienten gemeinsam ein DASH Fragebogen bearbeitet, in welchem sie ihre subjektiven Angaben zur Gebrauchsfähigkeit anhand von 30 vorgegebenen Fragen einschätzen sollten.

10.2 Einschlußkriterien

Folgende Punkte wurden als Einschlußkriterien vor Beginn der Nachuntersuchungen festgelegt:

- Behandlung im Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2002
- unfallbedingte Fraktur des distalen Radius rechts oder links
- operativ offene Reposition und plattenosteosynthetische Versorgung
- Bruchlückenauffüllung mit autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm
- Bruchlückenauffüllung mit chronOs™ als vollsynthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial

Ein hohes Lebensalter, diverse Vorerkrankungen, sowie komplizierte Frakturen wurden nicht als Ausschlußkriterium angesehen.

10.3 Ausschlußkriterien

Als Ausschlußkriterien für diese Studie galten die nachfolgenden Punkte:

- distale Radiusfrakturen, die konservativ z.B. durch geschlossene Reposition und Gipsruhigstellung versorgt wurden
- geschlossen reponierte und mit Kirschner-Draht-Osteosynthese versorgte Frakturen
- Frakturen, die nach Frykman in die Gruppe III und IV eingeteilt wurden und nicht plattenosteosynthetisch versorgt wurden

10.4 Erhebungsbogen

Name:
Anschrift:
Geb.
Alter:

Diagnose:
Therapie:

Unfalldatum:
Operationsdatum:
Zeitraum Unfall bis zur Op in Tagen:
Aufnahmedatum:
Entlassungsdatum:
Dauer des stat. Aufenthaltes in Tagen:

Nachuntersuchungsdatum:
Dauer Unfall – Nachuntersuchung in Monaten:

Gipsanlage OA/UA
Dauer der Gipsruhigstellung in Wochen:

Komplikationen:
MdE:

Versorgungszugang dorsal/volar:
Versorgung Platte/ Platte + autologe Spongiosa/ Platte + chronOs™

Metallentfernung:
Entfernungsdatum:
Verweildauer in Monaten:

Krankengymnastik:
Paraffinbäder:
Anwendungen insgesamt:

Rechtshänder:
Linkshänder:
Wechsel nach Trauma:

Frykman Score:
Gartland and Werley Score:
DASH Score:

Winkelmaße nach Neutral-Null beider Handgelenke:
Handkraftmessung mittels Vigirometer:

Röntgenaufnahmen beider Handgelenke in p.a. sowie streng seitlich
Achsabweichung:
Ulnavorschub:
Resorption des Knochenersatzmaterials:
Arthrosezeichen:
Sonstiges:

11. Ergebnisse der Nachuntersuchung

11.1 Patientenkollektiv

11.1.1 Gesamtkollektiv

Insgesamt fanden sich 89 Patienten, die anhand der OP Bücher und den oben genannten Einschlußkriterien ausgemacht und dem Gesamtkollektiv zugeführt werden konnten. Es zeigte sich eine Geschlechtsverteilung von 15 (16,9%) Männern und 74 (83,1%) Frauen. Die Ergebnisse der Geschlechtsverteilung entsprechen in etwa der von Frykman und Lindström, die in Untersuchungen der späten 50er und 60er Jahre einem deutlich höheren Anteil von Frauen bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen bemerkten [30,64].

Die 89 Patienten des Gesamtkollektivs wurden nach ihren Versorgungsarten in die folgenden drei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1: Beinhaltet die Patienten, die einer plattenosteosynthetischen Versorgung sowie einer Bruchlückenauffüllung mittels autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm zugeführt wurden.

Gruppe 2: Hierzu zählen die Patienten, die zusätzlich zur plattenosteosynthetischen Versorgung einer Bruchlückenauffüllung mittels vollsynthetisch hergestelltem Knochenersatzmaterial, chronOs™, versorgt wurden.

Gruppe 3: Hier finden sich die plattenosteosynthetisch versorgten Patienten, bei denen keine Substanzdefektauffüllung vorgenommen wurde.

	Anzahl der Patienten (%)
Gruppe 1	24 (27%)
Gruppe 2	26 (29%)
Gruppe 3	39 (44%)

Tab. 3: Verteilung der Patienten des Gesamtkollektivs in %

Von dem Gesamtpatientenkollektiv n=89 waren 6 (6,7%) Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits verstorben.

Es konnten 7 (7,9%) der 89 Patienten weder postalisch, telefonisch, noch über den zum Unfallzeitpunkt von ihnen angegebenem Hausarzt erreicht werden. Eine Zuführung dieser Nachuntersuchung war dadurch nicht möglich.

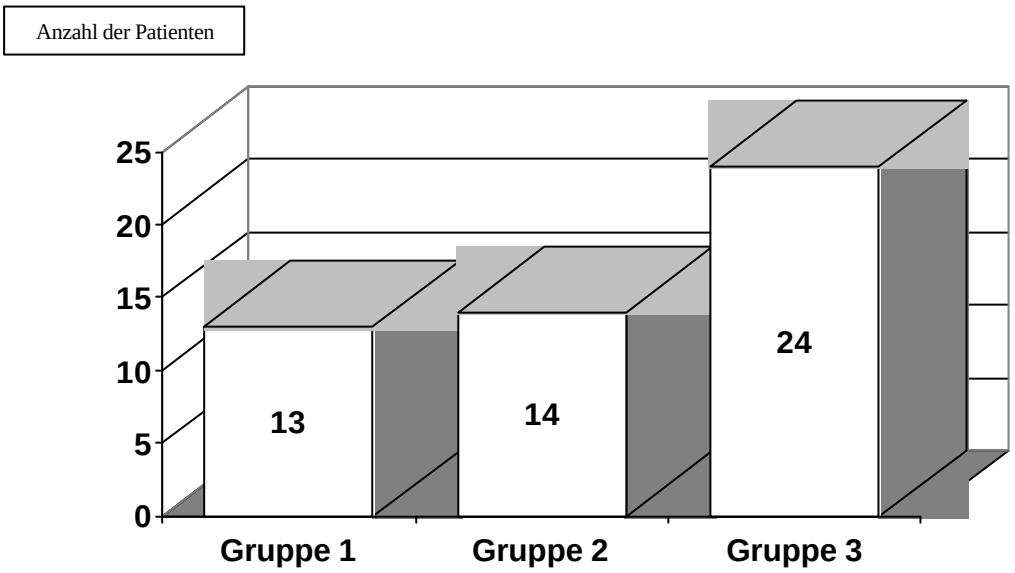
Insgesamt erschienen 25 (28,1%) Patienten nicht zum zur Nachuntersuchung einbestellten Termin. Nach telefonischer Nachfrage lehnten diese 25 Patienten eine Nachuntersuchung vehement ab. Sie gaben telefonisch keine Beschwerden bei guter Gebrauchsfähigkeit des operierten Handgelenkes an und sahen auch nach einem längeren Gespräch aufgrund ihrer Beschwerdefreiheit keine Notwendigkeit in einer Nachuntersuchung.

Aus den oben aufgeschlüsselten Daten ergibt sich somit ein Patientenkollektiv von n=51, welche dieser Studie zu einer Nachuntersuchung zugeführt werden konnte. Dies entspricht einem Anteil von 57,30% der Gesamtfallzahl von n=89.

Aus diesem Nachuntersuchungskollektiv n=51 konnten die in dieser Studie nachfolgenden Ergebnisse gewonnen werden.

11.1.2 Untersuchungskollektiv

Insgesamt konnte dieser Studie eine Fallzahl von n=51 Patienten zugeführt und nachuntersucht werden. Nach den oben bereits aufgeführten Kriterien zeigte sich demnach eine Verteilung in die drei Gruppen, die sich wie folgt darstellt:



Tab. 4: Verteilung der Patienten des Untersuchungskollektivs

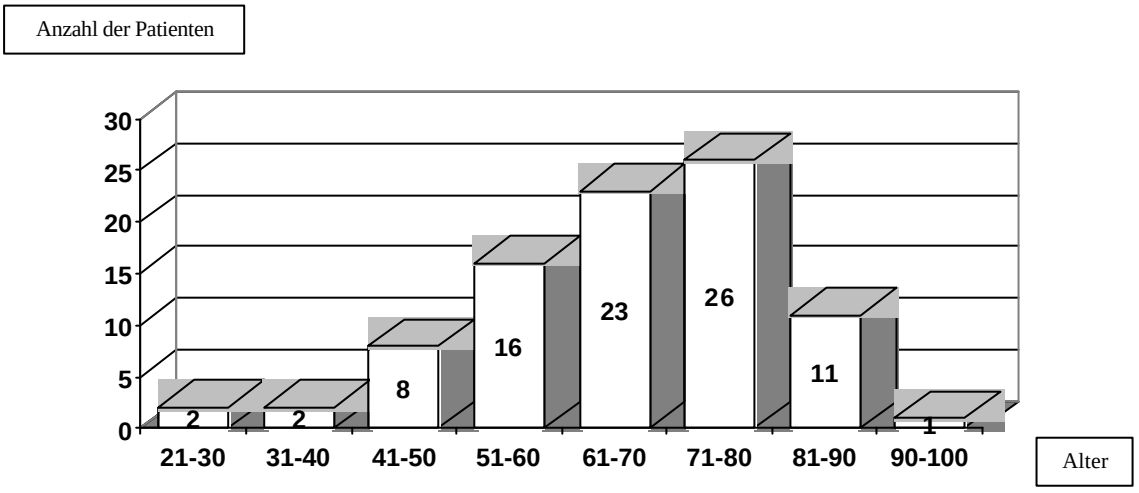
	Anzahl der Patienten in %
Gruppe 1	26%
Gruppe 2	27%
Gruppe 3	47%

Tab. 5.: Prozentuale Verteilung der Patienten im Untersuchungskollektiv

11.2 Alterverteilung

11.2.1 Altersverteilung im Gesamtkollektiv

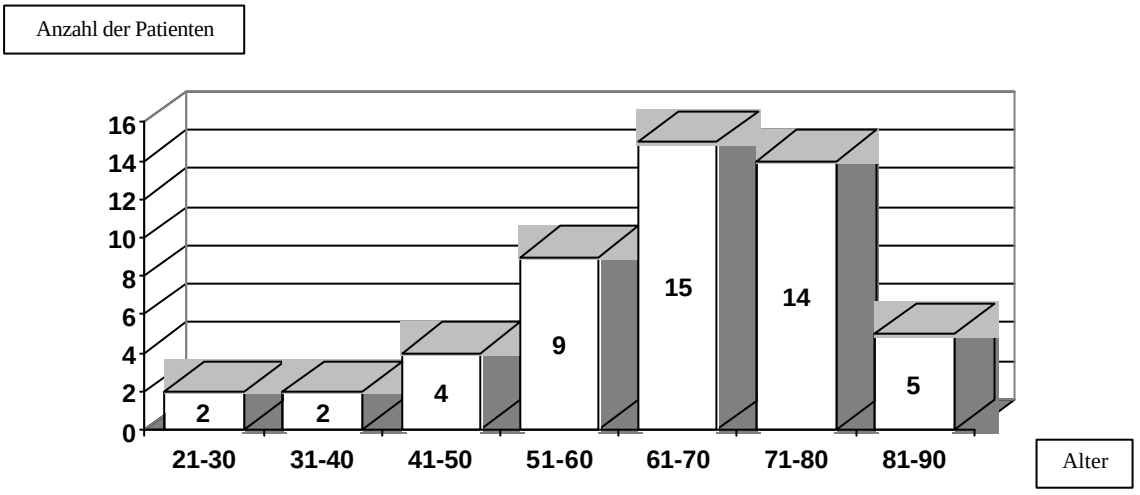
Der jüngste Patient im Gesamtkollektiv n=89 war 27 Jahre alt, der älteste 95 Jahre. Das errechnete Durchschnittsalter beträgt 69,76 Jahre. Die Altersverteilung zeigt mit 26 Patienten eine Spitze in der 7. Lebensdekade einem Anteil von 29,2% am Gesamtkollektiv.



Tab. 6: Altersverteilung im Gesamtkollektiv

11.2.2 Altersverteilung im Untersuchungskollektiv

Der jüngste Patient im Nachuntersuchungskollektiv n=51 war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 27 Jahre alt, der älteste 86 Jahre. Das errechnete Durchschnittsalter beträgt 65,36 Jahre. Die Altersverteilung zeigt eine Spitze im Bereich von 61-70 Jahren. In dieser Altersgruppe wird mit 15 Patienten der größte Anteil der Patienten (29,4%) in der Gesamtverteilung bemerkt.

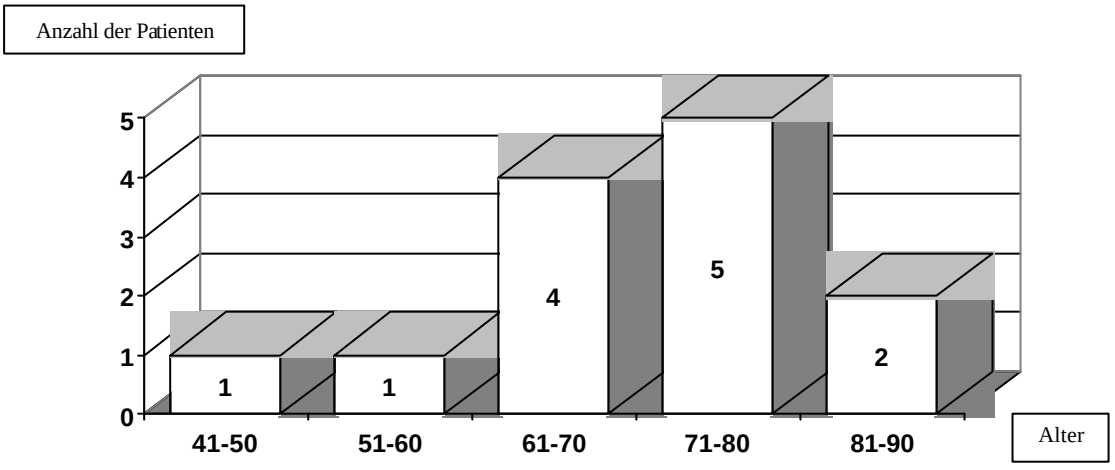


Tab. 7: Altersverteilung im Untersuchungskollektiv

11.2.3 Altersverteilung in Gruppe 1

Der jüngste Patient in dieser Gruppe ist 50 Jahre alt, der Älteste 83 Jahre. Das Durchschnittsalter dieses Kollektivs beträgt 70,1 Jahre.

Die Altersverteilung in der Gruppe 1 zeigt eine Spitze mit 5 (38,46%) Patienten im Bereich von 71-80 Jahren.

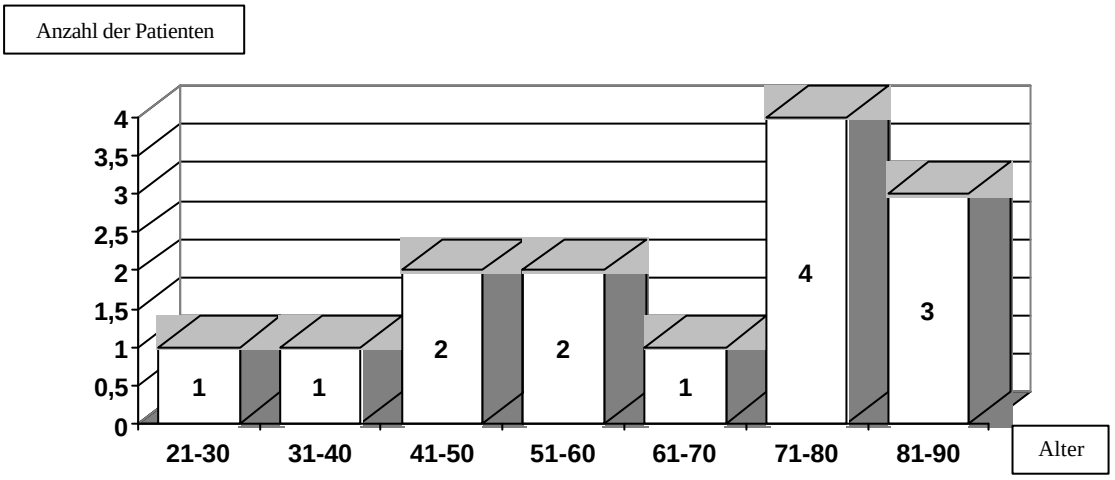


Tab. 8: Altersverteilung Gruppe 1

11.2.4 Altersverteilung in Gruppe 2

Der jüngste Patient in dieser Gruppe ist 27 Jahre alt, der Älteste 84 Jahre. Das Durchschnittsalter dieses Kollektivs beträgt 64,9 Jahre.

Die Altersverteilung in Gruppe 2 zeigt eine Spitze mit 4 (28,57%) Patienten im Bereich der 71-80 jährigen und stellt somit den Hauptanteil der Gesamtverteilung.

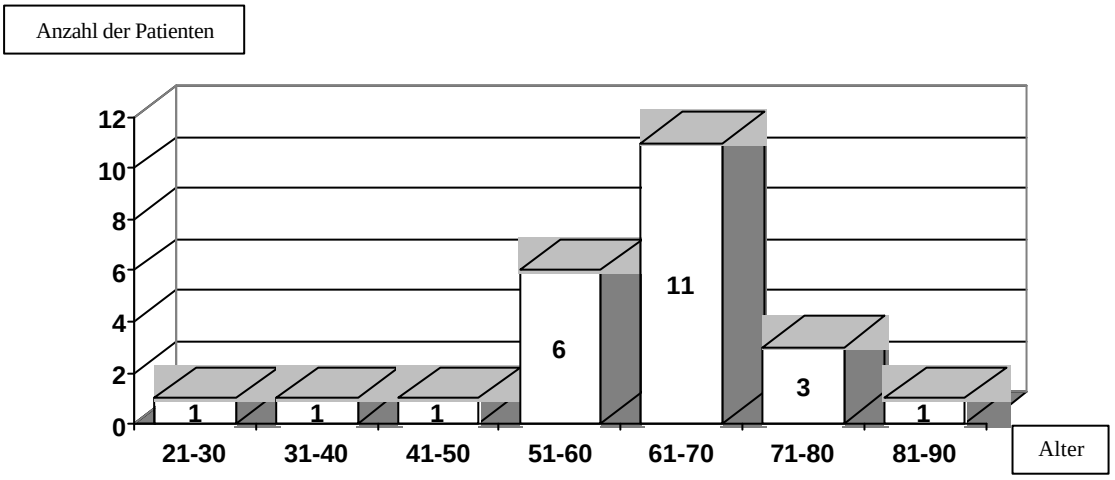


Tab. 9: Altersverteilung Gruppe 2

11.2.5 Altersverteilung in Gruppe 3

Der jüngste Patient in dieser Gruppe ist 28 Jahre alt, der Älteste 86 Jahre. Das Durchschnittsalter dieses Kollektivs beträgt 61,1 Jahre.

Die Altersverteilung in der Gruppe 3 zeigt mit 11 (45,83%) Patienten eine Spitze im Bereich von 61 bis 70 Jahren und stellt somit den Hauptanteil der Gesamtverteilung.



Tab. 10: Altersverteilung Gruppe 3

11.3 Geschlechts- und Seitenverteilung

11.3.1 Geschlechtsverteilung in Gruppe 1-3

Im Nachuntersuchungskollektiv n=51 konnte bei 43 (84,31%) weiblichen Patienten eine Fraktur des distalen Radius ermittelt werden. Das männliche Geschlecht zeigte mit 8 Patienten lediglich einen Anteil von 15,69% im Nachuntersuchungskollektiv.

. Die Geschlechtsverteilung konnte in den drei Gruppen wie folgt aufgeschlüsselt werden:

	? (n=8)	? (n=43)
Gruppe 1	3	10
Gruppe 2	0	14
Gruppe 3	5	19

Tab. 11: Geschlechtsverteilung der Frakturen

11.3.2 Seitenverteilung in Gruppe 1-3

In 39,22 % der Fälle, mit einer Anzahl von 20 Patienten, konnte eine Fraktur der rechten handgelenksnahen Speiche ausgemacht werden. Die restlichen 31 Patienten frakturierten sich mit einem Anteil von 60,78% das linke Handgelenk.

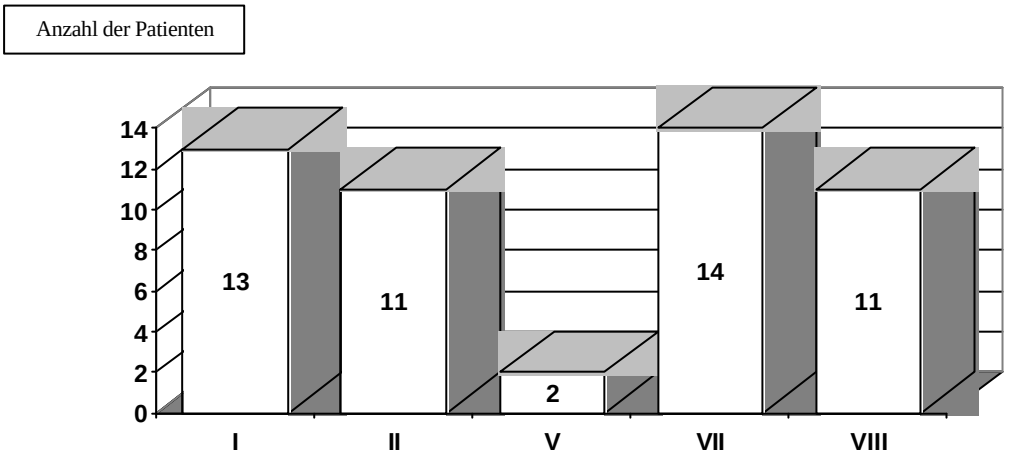
	rechts (n=20)	links (n=31)
Gruppe 1	5	8
Gruppe 2	7	7
Gruppe 3	8	16

Tab. 12: Seitenverteilung der Frakturen

11.4 Einteilung der Frakturen nach der Frykman Klassifikation

11.4.1 Verteilung der Frakturen im Untersuchungskollektiv

Die Frakturen wurden in dieser Studie nach der Frykman Klassifikation eingeteilt und zeigten im Nachuntersuchungskollektiv n=51 mit 14 (27,45%) Patienten eine Spitze bei der Frykman VII Fraktur.



Tab. 13: Einteilung nach Frykman im Nachuntersuchungskollektiv

Die Frakturen, die nach der Frykman-Klassifikation in III und IV eingeteilt werden, wurden in diese Studie nicht berücksichtigt, da es hierbei definitionsgemäß zu einem Abriss des Processus styloideus radii kommt und dieser Frakturtyp in der Regel schraubenosteosynthetisch und nicht plattenosteosynthetisch versorgt wird.

11.4.2 Verteilung der nach Frykman klassifizierten Frakturen in Gruppe 1-3

Die Verteilung der Einteilung nach der Klassifikation nach Frykman stellt sich in der folgenden Tabelle wie folgt dar:

	I	II	V	VII	VIII
Gruppe 1	7	2	0	2	2
Gruppe 2	0	6	0	7	1
Gruppe 3	6	3	2	5	8

Tab.14: Verteilung nach Frykman in die einzelnen Gruppen

11.5 Score nach J.J. Gartland Jr. & C.W. Werley Score

11.5.1 Allgemeines zum Gartland & Werley Score

Bei der Nachuntersuchung wurde der Score von J.J.Gartland Jr. und C.W. Werley angewandt. Dieser beinhaltet sowohl subjektive als auch objektive Kriterien zur Bewertung der Gesamteinschätzung des Handgelenkes nach stattgehabter Fraktur [32].

Der Score von J.J.Gartland Jr. und C.W. Werley wird insgesamt in vier Elemente unterteilt.

	Elemente
1	Restdeformität des Handgelenkes
2	Subjektive Auswertung
3	Objektive Auswertung
4	Komplikationen.

Tab. 15: Elemente des Gartland & Werley Scores

Als Kriterium zur objektiven Auswertung, die das Minimum für eine normale Funktion des Handgelenkes anzeigen, werden die Winkelmaße des Handgelenkes mittels eines Goniometers bestimmt. Gartland and Werley geben als Winkelmaße für die normale Funktion des Handgelenkes folgende Werte an:

Dorsalextension:	> 45º
Palmarflexion.	> 30º
Pronation:	> 50º
Supination:	> 50º
Radialabweichung:	< 15º
Ulnaabweichung:	< 15º

Tab. 16: Bewegungsmaße nach Gartland & Werley

Restdeformität:	**Punkte**
? Keine	0
? Vorstehender Processus styloideus ulnae	1
? Verbliebene Dorsalabweichung	2
? Leichte bis mäßige Radialabweichung	2
? Deutliche Radialabweichung	3

Subjektive Auswertung:	**Punkte**
? Keine Schmerzen, Behinderung oder Bewegungseinschränkung	0
? Geringfügige Einschränkung der Beweglichkeit	2
? Gelegentliche Schmerzen, mäßige Bewegungseinschränkungen Gefühl der Schwäche im Handgelenk Keine bestimmte Unfähigkeit bei vorsichtigen Tätigkeiten	4
? Schmerzen, Bewegungseinschränkungen, Behinderung Aktivitäten deutlich eingeschränkt	6

Objektive Auswertung:	**Punkte**
? Keine Einschränkung	0
? Schmerzen im distalen Radioulnargelenk	1
? Eingeschränkte Palmarflexion	1
? Verlust der Umwendbewegung	1
? Eingeschränkte Supination	2
? Eingeschränkte Ulnaabduktion	3
? Verlust der Dorsalextension	5

Arthrose:	**Punkte**
? Keine	0
? Minimal	1
? Moderrat	2
? Ausgeprägt	3
? Minimal mit Schmerzen	3
? Moderat mit Schmerzen	4
? Ausgeprägt mit Schmerzen	5

Nervale Komplikationen:	**Punkte**
? Keine	0
? Minimal	1
? Mäßig	2
? Stark	3

Schlechte Fingerfunktion:	**Punkte**
? Keine	0
? Minimal bis mild	1
? Mäßig bis stark	2

Die jeweilig erreichten Punkte werden addiert und die Summe zeigt die jeweilig dazugehörige Bewertung in der folgenden Tabelle.

Punkte:	**Bewertung:**
0 – 2	ausgezeichnet
3 – 8	gut
9 – 20	befriedigend
21 – 24	schlecht

Tab. 17: Bewertung nach Punkten

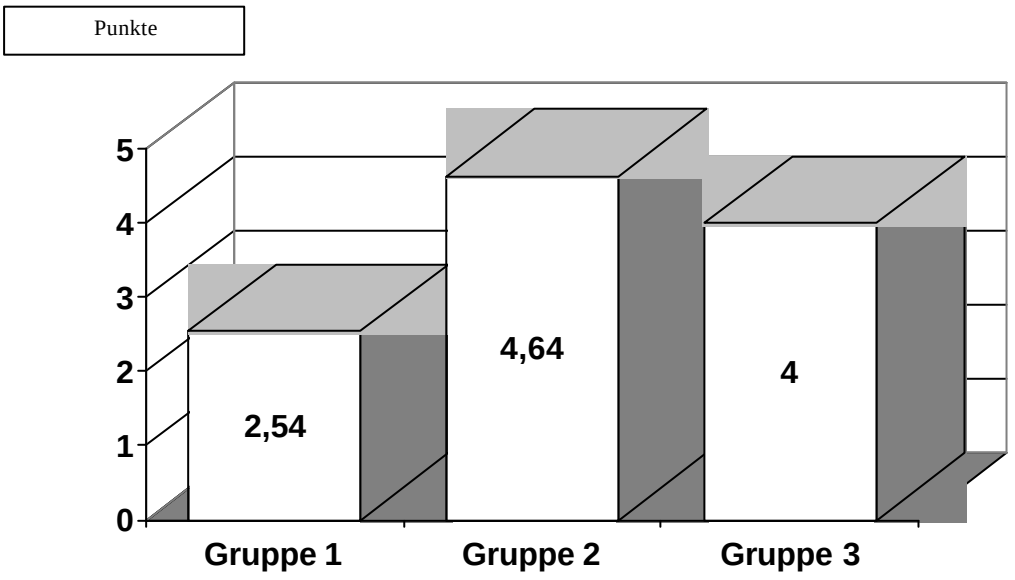
11.5.2 Ergebnisse des Gartland & Werley Scores

Alle 51 der Studie zugeführten Patienten wurden nach dem oben beschriebenen Score von Gartland and Werley untersucht. Die Scorewerte der jeweiligen Patienten wurden zusammengefasst und deren Durchschnittswert ermittelt.

In Gruppe 1 wurde ein durchschnittlicher Punktwert von 2,54 berechnet. Sie fällt somit mit 0,54 Punkten von einem ausgezeichneten Ergebnis, welches einen Punktwert 0 bis 2 fordert, an die oberste Grenze eines mit gut bezeichnetem Ergebnis.

Die Gruppe 2 wies einen Durchschnittswert von 4,64 Punkten auf. Mit diesem Wert liegt diese Gruppe im Mittelfeld der mit gut bewerteter Skala, welche sich von 3 bis 8 Punkten erstreckt.

Die 3. Gruppe zeigt einen durchschnittlichen Punktwert von 4,0 auf und liegt somit im oberen Anteil der mit gut bezeichneter Skala.

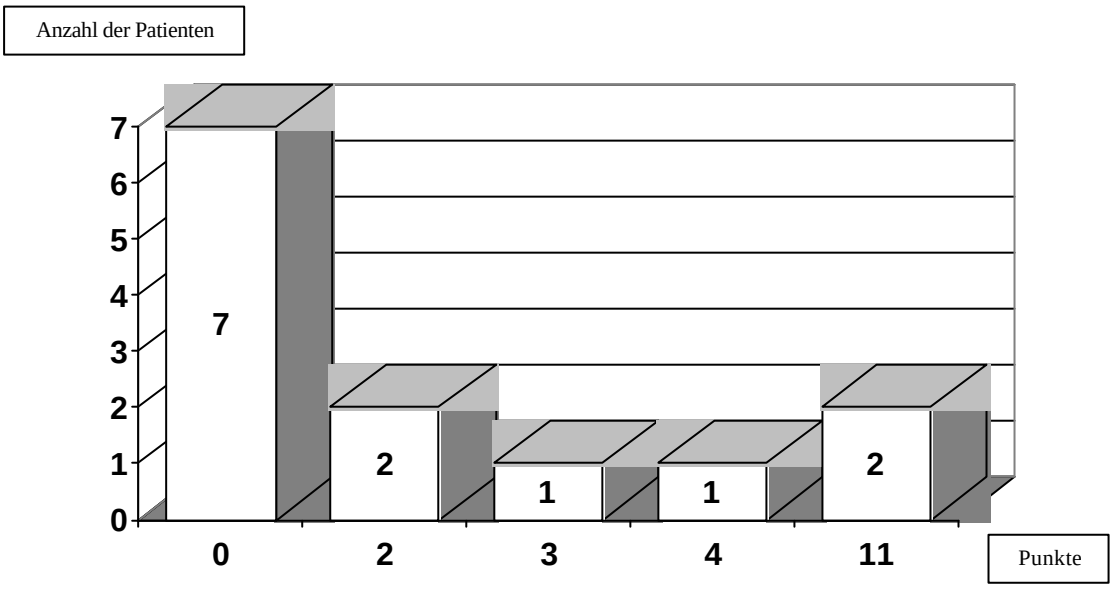


Tab. 18: Durchschnittspunktzahl des Gartland & Werley Score in den einzelnen Gruppen

11.5.3 Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 1

Der Mittelwert dieser Gruppe liegt bei 2,54. Mit diesem Wert ist das erzielte Ergebnis nach Gartland und Werley noch als ausgezeichnet zu bewerten.

Insgesamt 7 der 13 Patienten erreichten mit 0 Punkten ein ausgezeichnetes Nachuntersuchungsergebnis. Die restlichen 6 Patienten erhielten eine Punktzahl zwischen 2 und 11.

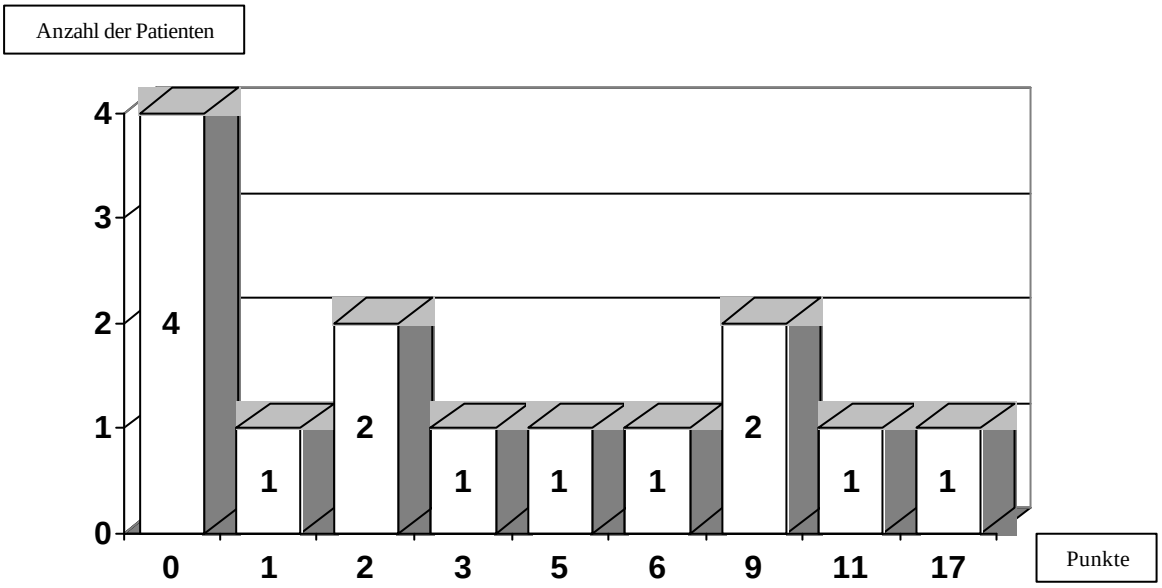


Tab. 19: Punkteverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 1

11.5.4 Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 2

Der Mittelwert in Gruppe 2 beträgt 4,64. Diese Punktzahl zeigt ein gutes Ergebnis, das im Mittelfeld der von Gartland und Werley angegebenen Grenzen von 3 bis 8 Punkte liegt.

In dieser Gruppe konnten 4 Patienten ein ausgezeichnetes Ergebnis erlangen. 1 Patient zeigte mit 17 Punkten noch ein unbefriedigendes Ergebnis.



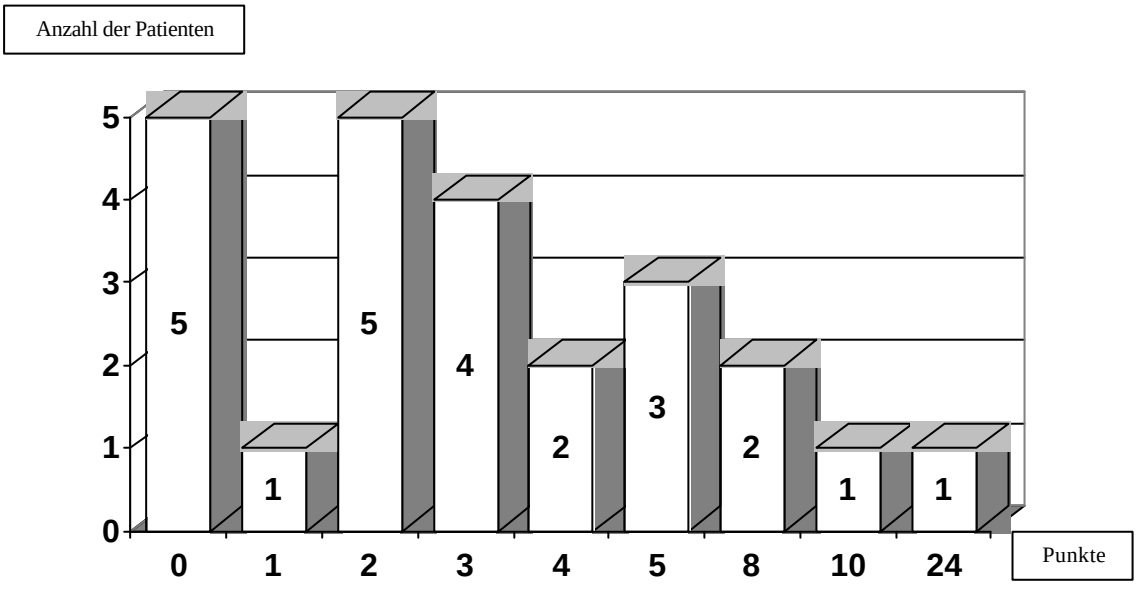
Tab. 20: Punkteverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 2

11.5.5 Punktverteilung nach Gartland & Werley in Gruppe 3

Mit der maximalen Punktzahl von 24, konnte 1 (4,17%) Patient der Nachuntersuchung ermittelt werden. Hierbei ist anzumerken, dass bei diesem Patienten bereits vor der in die Studie fallende Handgelenksfraktur durch ein bereits vorangegangenes Trauma eine Fallhand mit eingeschränkter Beweglichkeit des Handgelenkes bekannt war.

Bei 5 Patienten konnten mit 0 Punkten ein ausgezeichnetes Ergebnis beobachtet werden.

Der Mittelwert lag in dieser Gruppe bei 4.



Tab. 21: Punkteverteilung nach Gartland & Werley Gruppe 3

11.6 DASH-Score

11.6.1 Allgemeines zum DASH-Score

Der DASH-Score (**D**isability of **A**rm, **S**houlder, **H**and) von G. Germann, G. Wind und A. Harth dient als ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. [34]
Es handelt sich dabei um einen „self report“ Fragebogen, in dem der Patient insgesamt 30 Fragen zu seinem derzeitigen Zustand beantwortet, die die Globalfunktion der oberen Extremität erfassen soll. Um eine möglichst genaue Aussage über den „self report“ zu erhalten, müssen die 30 zu beantwortenden Fragen zur Errechnung des DASH-Punktwertes möglichst vollständig und ehrlich beantwortet werden [34].

Der DASH-Punktwert ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\textbf{DASH-Punktwert} = \frac{\textbf{Gesamtpunktzahl} - \textbf{30 (Minimalpunktzahl)}}{\textbf{1,20 (Bandbreite)}}$$

Ein DASH-Punktwert von 0 entspricht einem Ergebnis mit optimaler Funktion ohne Behinderung.

Ein DASH-Punktwert von 100 entspricht einer maximalen Behinderung.

Die folgenden 30 Fragen sind Bestandteil des DASH-Fragebogens zur Erhebung des „self reports“. Dieser wurde mit den Patienten bearbeitet und auf die Aussagen über die Gebrauchsfähigkeit des frakturbehandelten Handgelenkes beschränkt. Die erreichte Punktzahl wurde nach der oben aufgeführten Formel zur Erlangung des DASH-Punktwertes berechnet.

Die Antwortmöglichkeiten wurden in Form eines Schulnotensystem zur späteren Berechenbarkeit des DASH-Punktwertes mit den Zahlen 1 bis 5 mit den dazugehörigen Aussagen benotet [34].

Aussage	**Benotung**
Keine Schwierigkeiten	1
Geringe Schwierigkeiten	2
Mäßige Schwierigkeiten	3
Erhebliche Schwierigkeiten	4
Nicht möglich	5

Tab. 22: Benotung der einzelnen Fragen des DASH-Score

11.6.2 Fragenkatalog zum DASH-Score:

1.	Ein neues oder fest verschlossenes Glasfenster öffnen
2.	Schreiben
3.	Einen Schlüssel in einem Schloss umdrehen
4.	Eine Mahlzeit zubereiten
5.	Eine schwere Tür aufstoßen
6.	Einen Gegenstand auf Kopfhöhe in ein Regal stellen
7.	Schwere Hausarbeit (z.B. Boden putzen, Wände abwaschen)
8.	Gartenarbeit
9.	Betten machen
10.	Einen Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen
11.	Einen schweren Gegenstand über 5Kg tragen
12.	Eine Glühbirne über Kopf auswechseln
13.	Die eigenen Haare waschen oder fönen
14.	Ihren Rücken waschen
15.	Einen Pullover anziehen
16.	Ein Messer benutzen um Lebensmittel zu schneiden
17.	Freizeitaktivitäten ohne schwere körperliche Anstrengung (z.B. Karten spielen)
18.	Freizeitaktivitäten bei denen auf Arm, Schulter oder Hand, Druck oder Stoß ausgeübt
	wird (z.B. Golf, Tennis, Hämmer, usw.)
19.	Freizeitaktivitäten bei denen der Arm oder die Hand frei bewegt werden
	(z.B. Badminton, Tennis, usw.)
20.	Mit Fortbewegungsmittel zurecht kommen (z.B. Radfahren, Autofahren, Busfahren)
21.	Sexuelle Aktivität
22.	In welchem Ausmaß haben Ihre Schuler-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen
	sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen
	beeinträchtigt?
23.	Waren Sie in den vergangenen Wochen durch Ihre Schulter-, Arm- oder
	Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?
24.	Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand
25.	Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung bestimmter
	Tätigkeiten

26. Kribbeln in Schulter, Arm oder Hand
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand
28. Steifheit in Schulter, Arm oder Schulter
29. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in den letzten Wochen aufgrund von
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand
30. Aufgrund der Probleme in Schulter, Arm oder Hand empfinde ich meine Fähigkeiten
als eingeschränkt, habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle,
daß ich mich weniger nützlich machen kann.

11.6.3 Gesamtergebnis der Gruppen 1-3

Alle 51 Patienten haben die 30 Fragen des DASH-Fragebogens beantwortet. Die Mittelwerte der einzeln erlangten DASH-Punktwerte wurden für die drei Gruppen nach der oben aufgeführten Formel einzeln berechnet.

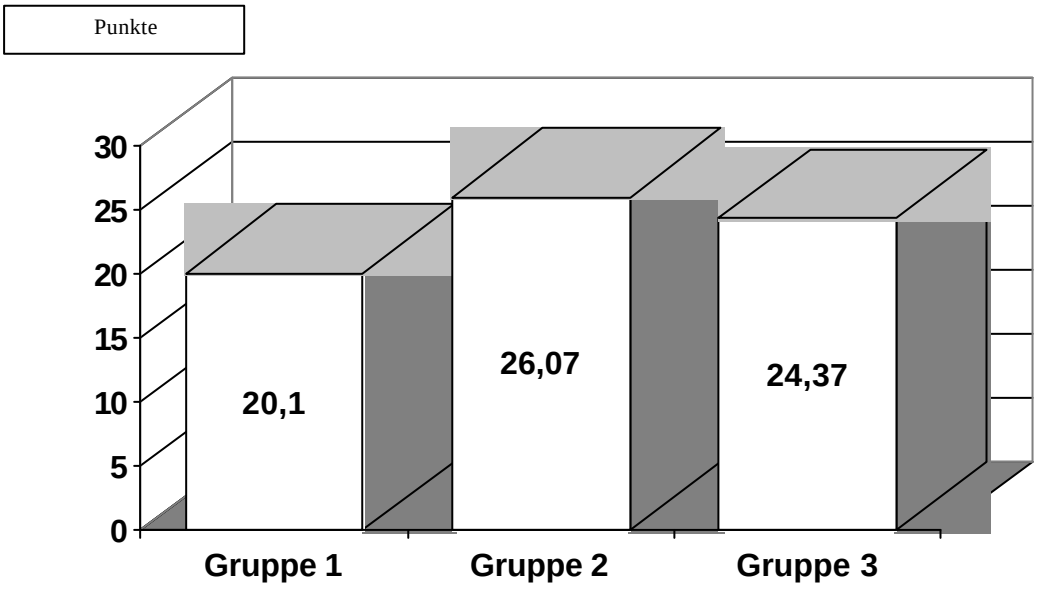
In der Gruppe 1 mit n=13 Patienten, die zusätzlich zur Plattenosteosynthese mit autologer Spongiosa zur Bruchlückenauffüllung versorgt wurden, konnte ein mittlerer DASH-Punktwert von 20,1 ermittelt werden. Dies entspricht einem Anteil von 79,9% des Optimalwertes von 0.

In der Gruppe 2 konnte ein mittlerer DASH-Punktwert von 26,07 ermittelt werden. Dieser Punktwert entspricht 73,93% des Optimalwertes von 0.

Gruppe 3 zeigte einen Mittelwert von 24,37. Der prozentuelle Anteil des Optimalwertes betrug somit 75,63%.

Gruppe 1 schneidet somit bei der Erhebung des „self reports“ vor Gruppe 3 und 2 am besten ab. Alle erreichten Ergebnisse lagen zwischen 70% – 80% dicht beieinander. Die maximale Differenz vom niedrigst erreichten Punktwert der Gruppe 1 mit 20,1 zum höchst erreichten DASH-Punktwert der Gruppe 2 mit 26,07 lag bei 5,97.

Die durchschnittlich berechneten DASH-Punktwerte in den einzelnen Gruppen zeigt mit einem Prozentualen Anteil zwischen 70% und 80% des Optimalwertes von 100% ein gutes Ergebnis der im „self-report“ erstellten Gebrauchsfähigkeit des frakturierten Handgelenkes nach operativer Versorgung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

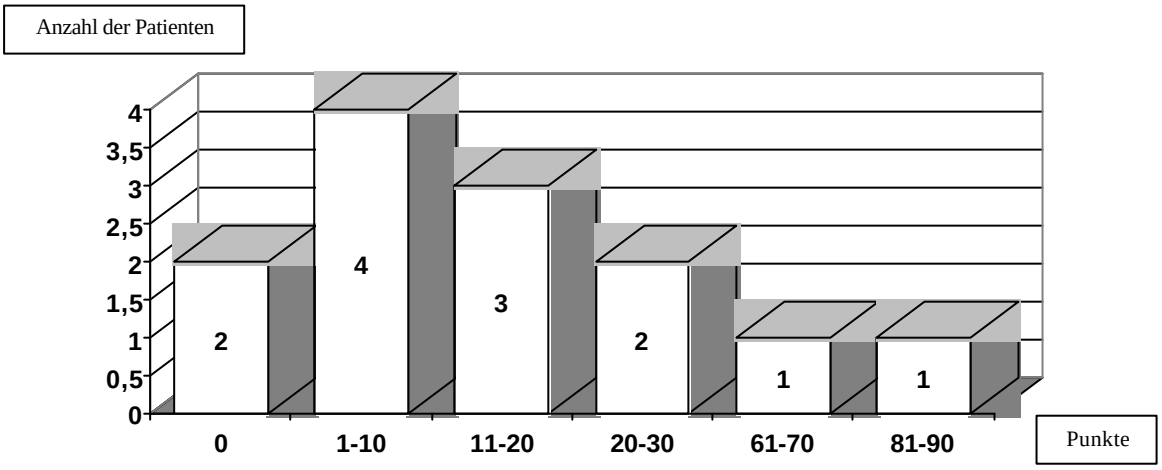


Tab. 23: Durchschnittlicher DASH Punktwert der jeweiligen Gruppen

11.6.4 Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 1

Insgesamt wurden in dieser Gruppe 13 Patienten nachuntersucht.
Der mittlere DASH Score dieser Patienten lag bei 52. Dementsprechend konnte ein DASH-Punktwert von 20,1 berechnet werden.

In dieser Gruppe erreichten 2 Patienten ein optimales Ergebnis mit einem DASH-Punktwert von 0.

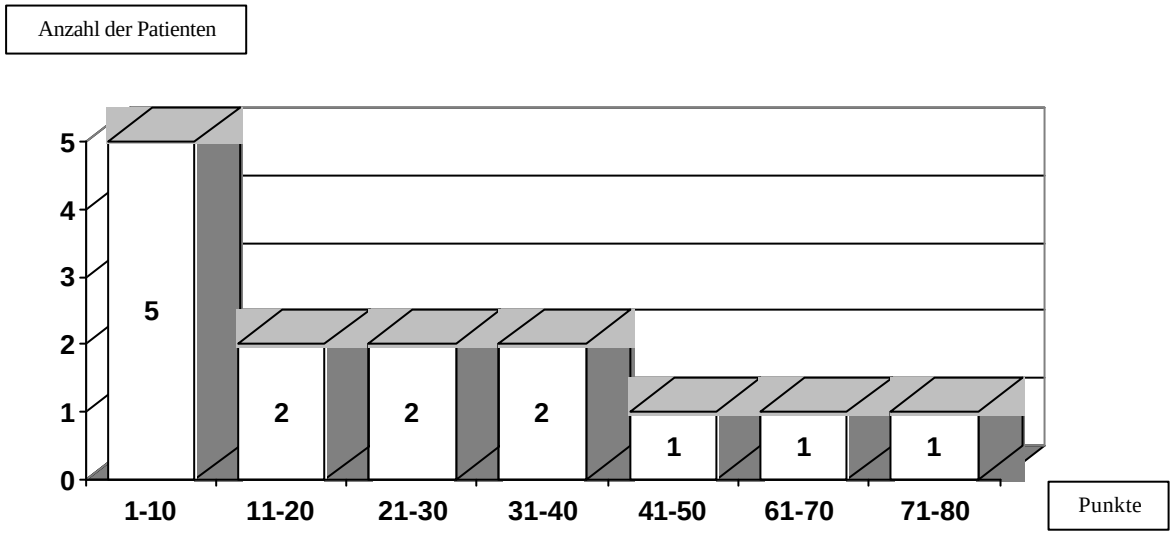


Tab. 24: DASH-Punktwert Gruppe 1

11.6.5 Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 2

Der mittlere ermittelte DASH-Score liegt in Gruppe 2 bei 61,28. Anhand des DASH-Scores konnte ein DASH-Punktwert von 26,07 berechnet bwerden.

In dieser Gruppe erreichten 5 Patienten einem DASH-Punktwert zwischen 1 und 10.



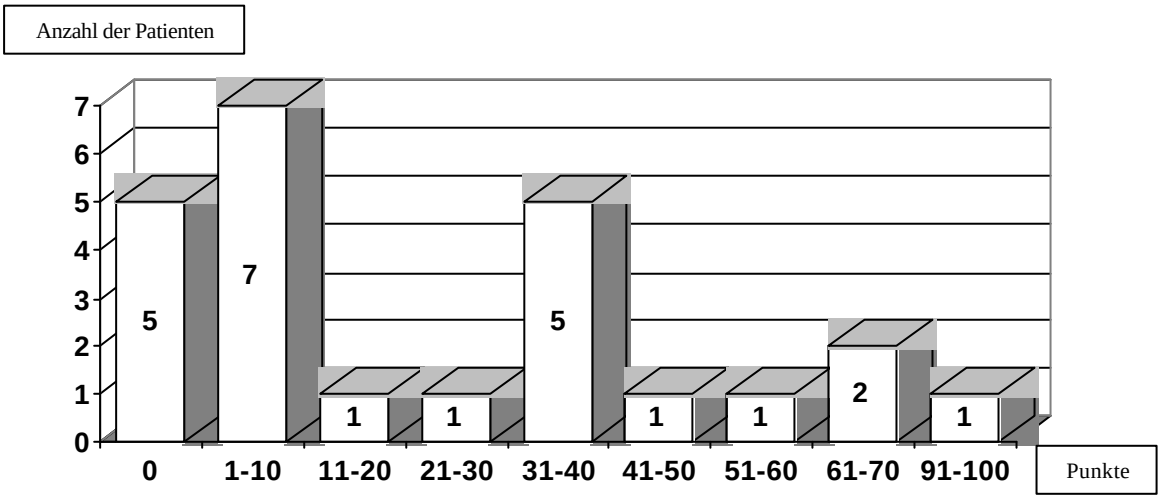
Tab. 25: DASH-Punktwert Gruppe 2

11.6.6 Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 3

Insgesamt wurden in dieser Gruppe 24 Patienten nachuntersucht. Der mittlere DASH-Score dieser Patienten lag bei 59,37. Dementsprechend konnte ein DASH-Punktwert von 24,37 berechnet werden.

In dieser Gruppe erreichten 5 Patienten ein optimales Ergebnis mit einem DASH-Punktwert von 0.

Der Maximalpunktwert von 100 wurde von 1 Patienten erreicht. Hier ist allerdings anzumerken, dass dieser Patient im Vorfeld bereits eine ausgeheilte distale Radiusfraktur erlitten hatte. Zusätzlich leidet der Patient nach einem vorangegangenen Trauma an dem Vollbild einer Fallhand am nachuntersuchten linken Handgelenk. Zu guter letzt lag ein Zustand nach rechtshirnigem Apoplex mit Hemiparese links vor. Zu erwähnen ist jedoch, dass dieser Patient Rechtshänder ist.



Tab. 26: Verteilung des DASH-Punktwertes in Gruppe 3

11.7 Winkelmessung nach der Neutral-Null-Methode

11.7.1 Winkelmessung nach der Neutral-Null-Methode

Die Messung der Bewegungsausmaße am Handgelenk erfolgte in der Nachuntersuchung unter Zuhilfenahme eines Standartgoniometers nach der Neutral-Null-Methode. Diese Meßmethode zur Beurteilung des Bewegungsumfanges von Gelenken ist das allgemein übliche Verfahren und somit anerkannter Standart.

Bei dieser Meßmethode werden alle Bewegungen eines Gelenkes von einer einheitlich definierten Null-Stellung aus gemessen. Die Stellung entspricht der Gelenkstellung, die ein gesunder Mensch im aufrechten Stand mit hängenden Armen und nach vorn gehaltenen Daumen und parallelen Füßen einnimmt.

Bei der Messung von dieser Null-Stellung aus wird der bei der Bewegung durchlaufende Winkel, in der Regel unter zu Hilfenahme eines Standartginiometers abgelesen und unter Aufrundung auf die nächste 5-er Stelle gerundet und notiert. Es wird grundsätzlich der Bewegungsumfang gemessen, wie er durch eigentätige, vom Untersucher geführte Bewegungen möglich ist.

Bei der Protokollierung werden immer drei Zahlen angegeben. Im Normalfall wird die 0 zwischen die beiden Ziffern für die Anfangs- und Endstellung gesetzt, da üblicherweise die Gelenke über die Null-Stellung hinaus in zwei Richtungen zu bewegen sind. Kann ein Gelenk jedoch nur in einer Richtung bewegt werden, z.B. bei Kontrakturen, Einsteifungen oder anderen Blockaden, so steht die 0 am Anfang oder am Ende, um anzuzeigen, dass die Null-Stellung nicht erreicht werden kann [47,88,107].

Für diese Studie waren lediglich die Bewegungsmaße des Handgelenkes von Interesse. Aus diesem Grund wird hier auch nur auf die Bewegungsmaße des Handgelenkes eingegangen, welche sich auf die Pro- und Supination, Dorsalextension und Palmarflexion sowie die Ulnaabdution und Ulnaadduktion beschränkt.

11.7.2 Physiologische Winkelmaße für die Pro- und Supination

Die physiologischen Bewegungsausmaße für ein gesundes Handgelenk betragen
für die Pro- und Supination: 80º bis 90º-0º-80º bis 90º,

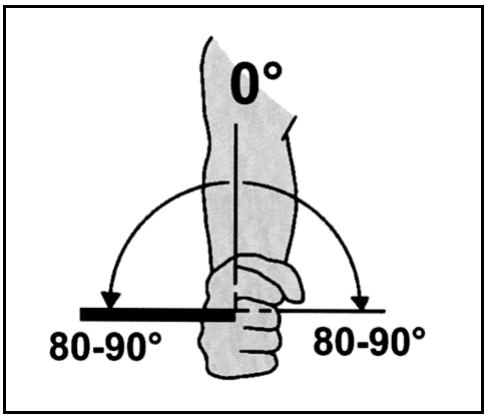


Abb. 38: Pronation / Supination

11.7.3 Physiologische Winkelmaße für die Dorsalextension und Palmarflexion

Die physiologischen Bewegungsausmaße für ein gesundes Handgelenk betragen
für die Dorsalextension und Palmarflexion: 35º bis 60º-0º-50º bis 60º

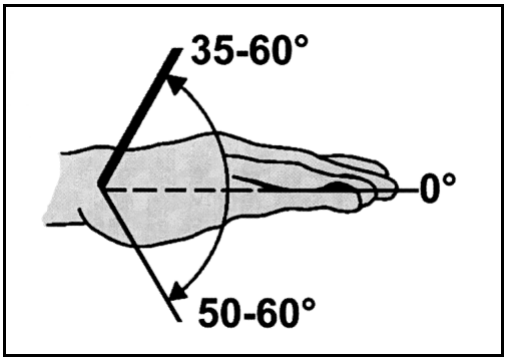


Abb. 39: Dorsalextension / Palmarflexion

11.7.4 Physiologische Winkelmaße für die Radial- und Ulnaabduktion

Die physiologischen Bewegungsausmaße für ein gesundes Handgelenk betragen für die Radialabduktion und Ulnarabduktion: 30º bis 40º-0º-25º bis 30º

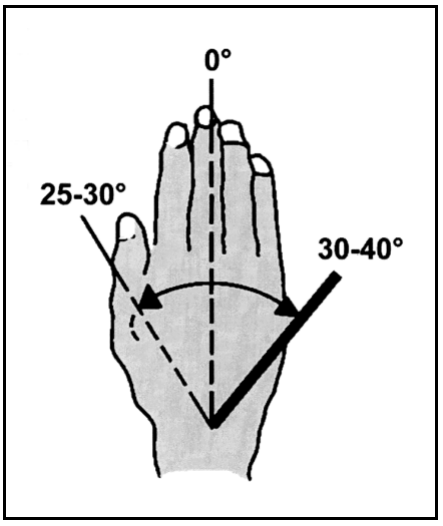


Abb. 40: Radialabduktion / Ulnaabduktion

11.8 Verteilung der Bewegungsausmaße

11.8.1 Verteilung der Bewegungsausmaße zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei Frakturen des rechten Handgelenkes

In der Gruppe 1 brachen sich 5 Patienten das rechte Handgelenk. Alle 5 Patienten sind Rechtshänder.

In der Gruppe 2 brachen sich 7 Patienten das rechte Handgelenk. Insgesamt 6 der 7 Patienten sind Rechtshänder, 1 Linkshänder.

In der Gruppe 3 brachen sich 9 Patienten das rechte Handgelenk. Alle 9 Patienten sind Rechtshänder.

Nach erlittenem Trauma zeigte keiner der Patienten der drei Gruppen einen Wechsel seiner Händigkeit an.

Die Verteilung der Bewegungsausmaße des frakturierten rechten Handgelenkes der drei Gruppen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnte in der folgenden Tabelle dargestellt werden:

		Gruppe 1 (n=13)	Gruppe 2 (n=14)	Gruppe 3 (n=24)
Dorsalextension:	>45º	4	7	8
	30-44º	1	0	0
	0-14º	0	0	1
Palmarflexion:	>45º	5	7	9
Radialabduktion:	>20º	5	7	9
Ulnaabduktion:	>20º	4	7	8
	10-19º	1	0	1
Pronation:	>50º	5	7	9
Supination:	>50º	5	7	15

Tab. 27: Bewegungsausmaße des frakturierten rechten Handgelenkes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

11.8.2 Verteilung der Bewegungsausmaße zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei Frakturen des linken Handgelenkes

In der Gruppe 1 fanden sich 8 Patienten mit einer Fraktur des linken Handgelenks. Von den 8 Patienten sind 6 Rechtshänder, 2 Linkshänder.

In der Gruppe 2 fanden sich 7 Patienten mit einer Fraktur des linken Handgelenks. 6 der 7 Patienten sind Rechtshänder, 1 Patient Linkshänder.

In der Gruppe 3 fanden sich 15 Patienten mit einer Fraktur des linken Handgelenks. Insgesamt 12 der 15 Patienten sind Rechtshänder, 3 Patienten Linkshänder.

Nach erlittenem Trauma zeigte keiner der Patienten der drei Gruppen einen Wechsel seiner Händigkeit an.

Die Verteilung der Bewegungsausmaße des frakturierten linken Handgelenkes der drei Gruppen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnte in der folgenden Tabelle dargestellt werden:

		Gruppe 1 (n=13)	**Gruppe 2** (n=14)	**Gruppe 3** (n=24)
Dorsalextension:	>45º	8	6	15
	30-44º	0	1	0
Palmarflexion:	>45º	8	7	15
Radialabduktion:	>20º	8	6	11
	10-19º	0	1	3
	0-9º	0	0	1
Ulnaabduktion:	>20º	8	5	14
	10-19º	0	2	1
Pronation:	>50º	8	7	15
Supination:	>50º	8	7	15

Tab. 28: Bewegungsausmaße des frakturierten linken Handgelenkes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

11.9 Handkraftmessung

11.9.1 Handkraftmessung mittels Vigirometer der Firma Ortopedia

Eine ausreichende Handgriffstärke ist die Voraussetzung für die manuellen Fähigkeiten bei allen Verrichtungen des alltäglichen Lebens. Dazu gehören z.B. das Ankleiden, Essen, Kochen, die körperliche Hygiene sowie der Toilettengang, etc. Eine verminderte Handgriffstärke korreliert daher stark mit einer verminderten Selbsthilfefähigkeit und damit auch der Morbidität.

Die objektive Kraftmessung der Handgriffstärke fand in dieser Nachuntersuchungsreihe mittels Vigirometer der Firma Ortopedia statt. Das Vigirometer besteht aus einem Manometer, verschieden große, wechselbare Gummiballons und einem Verbindungsschlauch zwischen Ballon und Manometer. Drei verschiedene Gummiballons dienen zur Übertragung der Kraft. Der große Ballon dient der Handkraftmessung erwachsener Männer, der Mittlere für erwachsene Frauen, der Kleine ist für Kinder vorgesehen. Das Manometer zeigt die ausgeübte Kraft in bar an. Die Skalierung des Manometers ist in 0,02 bar Schritte eingeteilt.

Der Patient hat die Messung seiner Handkraft, in der für ihn günstigsten Position, ohne Aufstützen der Arme, durch Kompression des Gummiballons, wie von der Firma Ortopedia zur genauen Ermittlung der Griffstärke angegeben, durchgeführt. Es wurden jeweils an der linken und rechten Hand drei Messungen vorgenommen. Der Abstand der einzelnen Messungen betrug eine Minute. Der Beste der drei Messwerte wurde notiert.

Die dabei gemessene physikalische Größe des Druckes ist in der SI Einheit Pascal (Pa), bzw. bar angegebenen. Kraft und Druck sind zwei verschiedene physikalische Größen und lassen sich nicht direkt ineinander umrechnen. Durch vergleichende Messungen konnte gezeigt werden, dass der Druck von 1 kPa in etwa der Kraft von 2,5 N entspricht.

In dieser Studie ist keine Umrechnung von kPa, bzw. bar in Newton erfolgt. Die von der Firma Ortopedia ermittelten Standartwerte sind ebenfalls nicht umgerechnet worden. Die Angabe erfolgte in bar.

Die maximale Handgriffstärke unterliegt bei Normstichproben über 65jähriger gesunder Probanden erheblichen interindividuellen Schwankungen. Bei Frauen ist sie im Mittel um die Hälfte geringer als bei Männern.
Eine Unterschreitung der Normwerte unter 50% bedeutet, dass in einer akuten Erkrankung ein signifikant höheres Risiko für eingeschränkte Selbsthilfefähigkeit, Sturz, Fraktur und Sterblichkeit besteht.
Von der Firma Ortopedia werden folgende Werte als Durchschnittswerte für eine normale Handkraft angegeben:

Erwachsene Männer	0,8 – 1,3 bar
Erwachsene Frauen	0,7 – 1,2 bar
Jugendliche	0,4 – 1,2 bar
Kinder bis 3 Jahre	bis 0,12 bar
Kinder bis 5 Jahre	0,3 – 0,7 bar

Tab. 29: Durchschnittswerte für normale Handkraft der Firma Ortopedia

11.9.2 Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 1

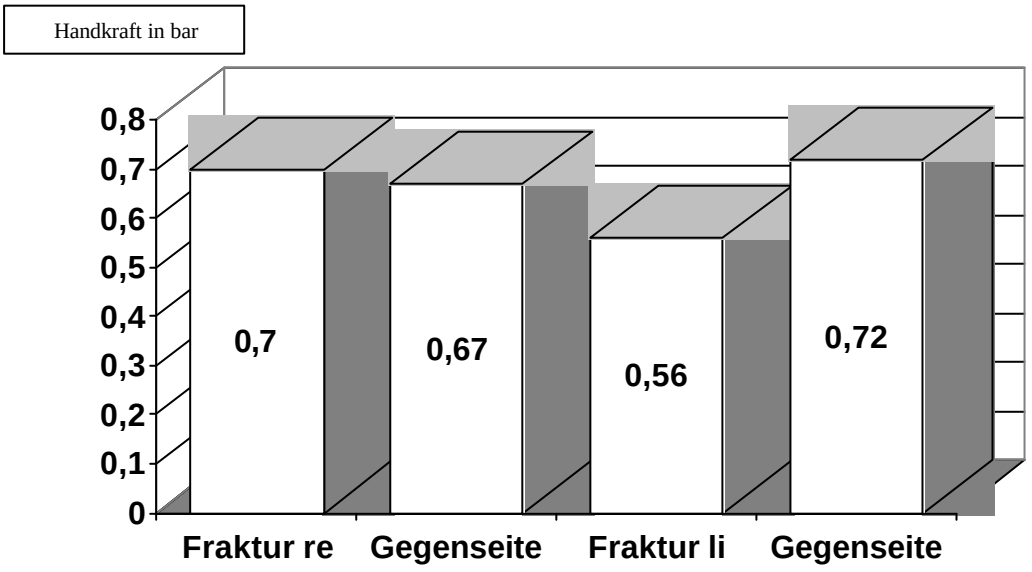
In der Gruppe 1 fanden sich insgesamt 6 Patienten, die sich das rechte Handgelenk gebrochen hatten.

Die ermittelte mittlere Handkraft in dieser Gruppe beträgt 0,7 bar auf der frakturierten Seite.

Im Vergleich bestand bei den restlichen 7 Patienten, deren linkes Handgelenk frakturiert war, mit der gesunden Gegenseite, eine durchschnittliche Handkraft von 0,67 bar.

Von den 7 Patienten deren linkes Handgelenk gebrochen war, konnte für eine mittlere Handkraft ein Wert von 0,56 bar auf der frakturierten Seite ermittelt werden.

Die 6 Patienten, deren rechtes Handgelenk frakturiert war, hatten einen Durchschnittswert von 0,72 bar mit der linken, nicht verletzten Hand.



Tab. 30: Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 1 in bar

11.9.3 Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 2

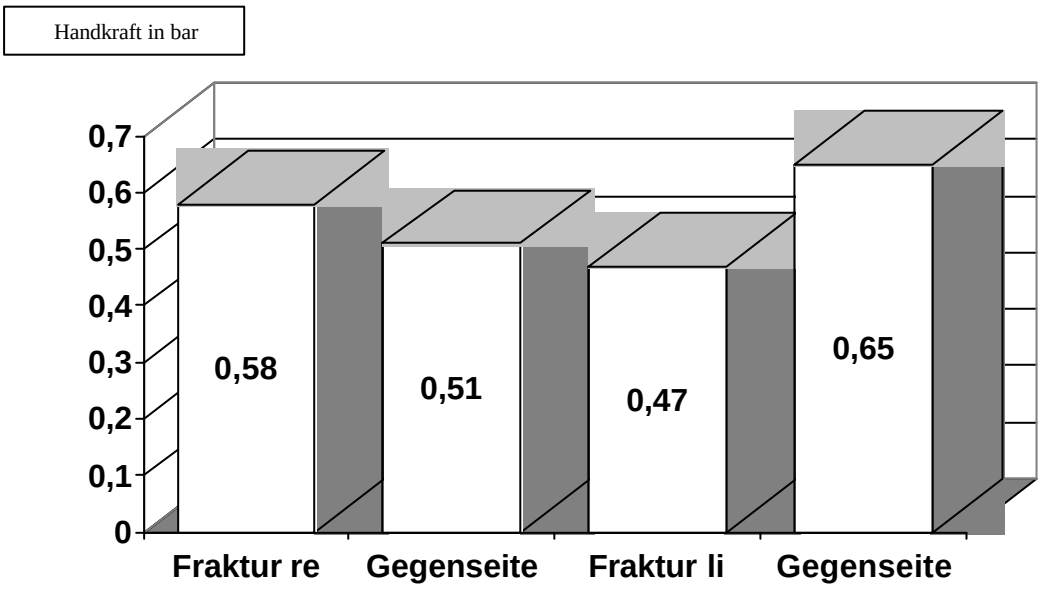
In der Gruppe 2 fanden sich insgesamt 6 Patienten, die sich das rechte Handgelenk gebrochen hatten.

Die ermittelte mittlere Handkraft in dieser Gruppe beträgt 0,58 bar auf der frakturierten Seite.

Im Vergleich bestand bei den restlichen 8 Patienten, deren linkes Handgelenk frakturiert war, mit dem nicht verletzten rechten Handgelenk eine durchschnittliche Handkraft von 0,51 bar.

Von den 8 Patienten, deren linkes Handgelenk gebrochen war konnte für eine mittlere Handkraft ein Wert von 0,47 bar auf der frakturierten Seite ermittelt werden.

Die 6 Patienten, deren rechtes Handgelenk frakturiert war, hatten einen Durchschnittswert von 0,65 bar mit der linken, nicht verletzten Hand.



Tab. 31: Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 2 in bar

11.9.4 Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 3

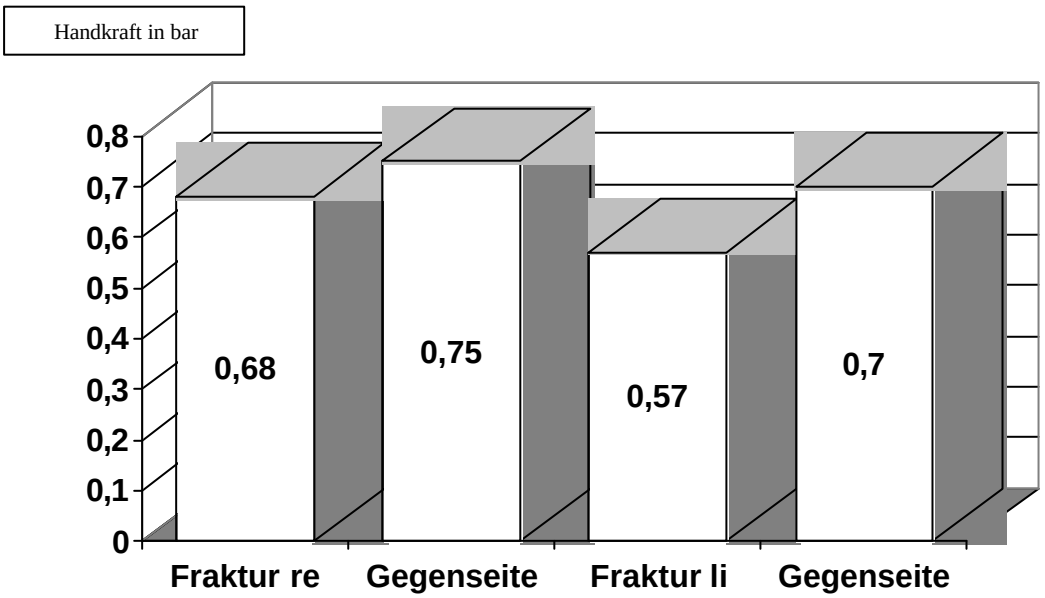
In der Gruppe 3 fanden sich insgesamt 9 Patienten, die sich das rechte Handgelenk gebrochen hatten.

Die ermittelte mittlere Handkraft in dieser Gruppe beträgt 0,68 bar auf der frakturierten Seite.

Im Vergleich bestand bei den restlichen 15 Patienten, deren linkes Handgelenk frakturiert war, mit dem nicht verletzten rechten Handgelenk eine durchschnittliche Handkraft von 0,75 bar.

Von den 15 Patienten, deren linkes Handgelenk gebrochen, war konnte für eine mittlere Handkraft ein Wert von 0,57 bar auf der frakturierten Seite ermittelt werden.

Die 9 Patienten, deren rechtes Handgelenk frakturiert war, hatten einen Durchschnittswert von 0,7 bar mit der linken, nicht verletzten Hand.



Tab. 32: Durchschnittliche Handkraft in Gruppe 3 in bar

11.10. Radiologische Ergebnisse

11.10.1 Achsabweichung in Gruppe 1-3

In der Gruppe 1 zeigte sich bei 3 (23,1%) von insgesamt 13 Patienten eine Achsabweichung über dem von Lorenz Böhler beschriebenen physiologisch volaren Neigungswinkel von 10º im streng seitlich aufgenommenen Röntgenbild.
Bei allen drei Patienten ist sie Achsabweichungen nach volar gerichtet.

In der Gruppe 2 zeigte sich bei 6 (42,8%) von insgesamt 14 Patienten eine Achsabweichung. Alle gemessenen Achsabweichungen (100%) waren nach volar gerichtet.

In der Gruppe 3 zeigte sich bei keinem der insgesamt 24 Patienten eine Achsabweichung über den von Lorenz Böhler beschriebenen physiologisch volaren Neigungswinkel von 10º im streng seitlich aufgenommenen Röntgenbild

Die Achsabweichung über dem von Lorenz Böhler beschriebenen physiologisch volaren Neigungswinkel von 10º im streng seitlich aufgenommenen Röntgenbild verteilt sich in den drei Gruppen wie folgt:

Achsabweichung in Grad	Gruppe 1 (n=13)	Gruppe 2 (n=14)	Gruppe 3 (n=24)
0	10	8	24
5	2	2	0
10	1	1	0
15	0	2	0
20	0	1	0

Tab.33: Achsabweichung in Grad

11.10.2 Ulnavorschub in Gruppe 1-3

In der Gruppe 1 zeigte sich bei 6 (46,2%) von insgesamt 13 Patienten ein radiologischer Ulnavorschub bei der Nachuntersuchung an der frakturierten Hand. Hierbei zeigte sich bei 4 Patienten ein Ulnavorschub von bis zu 4mm. Aufgrund der physiologischen Schwankungsbreite wird dieser jedoch nicht als pathologisch angesehen.

In der Gruppe 2 zeigte sich bei 8 (57,1%) von insgesamt 14 Patienten ein Ulnavorschub bei der Nachuntersuchung an der frakturierten Hand.

In der Gruppe 3 zeigte sich bei 5 (20,8%) von insgesamt 24 Patienten ein Ulnavorschub bei der Nachuntersuchung an der frakturierten Hand.

Der jeweils gemessene Ulnavorschub teilt sich in den einzelnen Gruppen wie folgt in der aufgeführten Tabelle auf:

Ulnavorschub in mm:	Gruppe 1 (n=13)	Gruppe 2 (n=14)	Gruppe 3 (n=24)
0	7	6	19
2	2	4	2
3	1	0	2
4	1	3	0
5	1	0	1
7	1	1	0

Tab. 34: Ulnavorschub in mm

11.10.3 Arthrose

Aus dem Kollektiv der Gruppe 1 konnte bei 3 der insgesamt 13 Patienten in den angefertigten Röntgenaufnahme des zuvor frakturierten und operativ versorgten Handgelenkes zur Stellungskontrolle des postoperativen Ergebnisses zum Nachuntersuchungszeitraum in zwei Ebenen eine beginnende Arthrose gesehen werden.

In der Gruppe 2 konnte in den angefertigten Röntgenbildern bei 2 der 14 Patienten eine beginnende und bei 2 weiteren Patienten eine gering ausgeprägte Arthrose gesehen werden.

In der 3. Gruppe zeigte sich bei 4 Patienten Anzeichen für eine beginnende Arthrose.

11.10.4 Scopholunäre-Dissoziation

In der Gruppe 1 zeigte sich bei 1 (7,7%) von insgesamt 13 Patienten eine scapholunäre Dissoziation von 5mm.

In der Gruppe 2 zeigte sich bei 2 (14,3%) von insgesamt 14 Patienten eine scapholunäre Dissoziation von jeweils 2mm.

In Gruppe 3 fand sich kein Patient, der eine scapholunäre Dissoziation aufwies.

11.11 Allgemeine Ergebnisse des Untersuchungskollektivs

11.11.1 Allgemeine Ergebnisse des Untersuchungskollektivs

In dem Untersuchungskollektivs n=51 kam es bei 36 (70,59%) Patienten zu einer plattenosteosynthetischen Versorgung von dorsal.
Bei 15 (29,41%) Patienten wurde eine volare Plattenosteosynthese durchgeführt.

Die Dauer des durchschnittlichen stationären Aufenthaltes lag im Untersuchungskollektiv bei 11, 3 Tagen.

	Anzahl der Tage
Gruppe 1	12,5
Gruppe 2	12,1
Gruppe 3	9,3

Tab. 35: Durchschnittlicher stationärer Aufenthalt

Die durchschnittliche Dauer vom Tag des Unfalles bis zur operativen Versorgung betrug Im Untersuchungskollektiv 3,57 Tage.

	Anzahl der Tage
Gruppe 1	4
Gruppe 2	3,3
Gruppe 3	3,4

Tab.36: Durchschnittliche Dauer bis zur Operation

Die durchschnittliche Dauer vom Datum des Unfalles bis zur Nachuntersuchung betrug im Untersuchungskollektiv 28,69 Monate.

	Anzahl der Monate
Gruppe 1	33,3
Gruppe 2	23,65
Gruppe 3	29,1

Tab. 37: Durchschnittliche Dauer bis zur Nachuntersuchung

Keiner der Patienten des Nachuntersuchungskollektivs gab nach dem erfahrenen Trauma des Handgelenkes einen Wechsel der Händigkeit an, d.h. die Rechtshänder, die sich das rechte Handgelenk frakturierten, blieben auch nach dem Trauma Rechtshänder. Gleiches gilt für die Linkshänder, die sich das linke Handgelenk brachen.

In der Gruppe 2, bei der zusätzlich zur plattenosteosynthetischen Versorgung zur Defektauffüllung das Knochenersatzmaterial chronOs™ benutzt wurde, zeigte sich bei allen 14 Patienten in den nachuntersuchten Röntgenaufnahmen zur Stellungskontrolle eine vollständige Resorption und Umwandlung in körpereigener Knochensubstanz des eingebrachten vollsynthetisch hergestellten Granulates.

Von den insgesamt 51 der Studie zugeführten Patienten wurde bei 10 Personen (19,6,%) das Osteosynthesematerial wieder entfernt. Bei den restlichen 41 (80,4%) Patienten verblieben die verwandte Titan-T-Metallplatte mit dem dazugehörigen Schraubenmaterial.

In Gruppe 1 wurden bei zwei (20%) Frauen das Osteosynthesematerial entfernt. Bei beiden Patienten traten postoperativ keine Komplikationen auf. Die durchschnittliche Verweildauer der Platten in dieser Gruppe betrug 12 Monate.

In Gruppe 2 wurde bei 3 (30%) Patienten das Osteosynthesematerial wieder entfernt. Alle 3 Patienten waren weiblich. Die Titan-T-Platte wurde bei allen Patienten nach 12 Monaten in einem zweiten komplikationslosen Eingriff entfernt.

Die restlichen 5 (50%) Metallentfernungen fanden in Gruppe 3 statt. Geschlechtsspezifisch wurde bei 3 männlichen und 2 weiblichen Patienten die Metallentfernung nach einer durchschnittlichen Verweildauer des Osteosynthesematerials von 14,4 Monate in einem zweiten, komplikationslosen Eingriff entfernt.

Die Indikation zur Metallentfernung wurde bei allen Patienten nicht aufgrund einer Komplikation z.B. Verlagerung der Platte, Wanderung der Schrauben, Metallbruch, oder ähnlichem gestellt. Das Osteosynthesematerial wurde bei 7 der 10 Patienten auf Wunsch entfernt. Bei 3 der 10 Patienten wurde die Platte aufgrund eines Impingement und dadurch bedingter Bewegungseinschränkung bei der Dorsalextension entfernt.

11.12 Komplikationen

11.12.1 Komplikationen

Bei einem Patienten konnte radiologisch eine ausgedehnte Algodystrophie (M. Sudeck) im Stadium III nachgewiesen werden, die jedoch klinisch weder zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch zuvor nachweisbar war.

Eine postoperative Wundheilungsstörung mit verzögerter oder sekundärer Wundheilung konnte bei keinem der Nachuntersuchten 51 Patienten festgestellt werden. Alle Wunden heilten primär aus.
Weitere Komplikationen, wie ein postoperativ aufgetretenes Kompartmentsyndrom und Rupturen der Sehne des Musculus extensor pollicis longus, sind nicht aufgetreten.

In Gruppe 3 wiesen 2 Patienten eine Gelenkstufe der Facies articularis radialis auf.
Bei einem Patienten zeigte sich eine bekannte Fallhand mit Bewegungseinschränkung bei bereits vorausgegangenem Trauma von 1997.

Bei einem Patienten wurden in der Duisburger Unfallchirurgischen Klinik bei persistierenden Schmerzen und Pseudarthrose insgesamt 2 weitere Operationen durchgeführt. Zum Zeitpunkt war das Nachuntersuchungsergebnis in Punkto Beweglichkeit, Handkraft, subjektiver und objektiver Einschätzung befriedigend.

Bei einem Patienten konnte aufgrund der Anamnese und dem Verlauf der Röntgenaufnahmen eine verzögerte Bruchheilung nachgewiesen werden.

Bei einem weiteren Patienten war nach zunächst konservativem Behandlungsversuch im Verlauf der Kontrollaufnahmen eine Abkippung des distalen Fragmentes zu erkennen. Hier war eine Refraktur bei beginnender Kallusbildung 13 Tage nach dem Trauma notwendig. Postoperativ zeigte sich bei der Nachuntersuchung ein gutes Ergebnis in Punkto Beweglichkeit, Gebrauchsfähigkeit, Handkraft, subjektiven- sowie objektiven Einschätzung.

11.13 Operationstechnik und Nachbehandlung im St.-Elisabeth-Hospital Herten

11.13.1 Operationstechnik

Die Extensionsfraktur wird in der Chirurgischen Abteilung des St.-Elisabeth-Hospital Herten von einem dorsalen Zugang aus versorgt. Die Operation erfolgt in Rückenlage und Intubationsnarkose. Auf Wunsch der Patienten und bei multimorbiden Patienten mit einem erhöhten Narkoserisiko wird nach Möglichkeit eine axilläre Plexusanästhesie durchgeführt. Das zu operierende Handgelenk wird auf einem Armtisch in Abduktion- und Pronationsstellung gelagert. Eine Blutleere bis 300 mmHg wird am Oberarm angelegt. Eine Kontraindikation ist die Verletzung arterieller Gefäße, da hierbei der Blutfluss wichtig ist, um das suffiziente Ergebnis der Gefäßrekonstruktion beurteilen zu können.
Der Hautschnitt erfolgt als gerade Längsinzision über dem distalen Anteil des Radius. Im Anschluss wird die Subcutis gespalten und von der darunterliegenden Fascie abpräpariert. Hierbei ist auf Schonung der sensiblen Äste des N. radialis und N. ulnaris zu achten. Nun folgt die Spaltung des Retinaculum extensorum zwischen den Fächern der Mm. extensores carpi radialis brevis et longus sowie dem M. extensor pollicis longus. Das Periost sowie die Gelenkkapsel werden längs inzidiert. Die Fraktur wird nun in ihre physiologische Stellung reponiert. Eine winkelstabile Titan-T-Platte wird entsprechend den physiologischen Verhältnissen angepasst und zunächst proximal am Schaft provisorisch mit einer Kortikalisschraube in einem Gleitloch fixiert. Die Platte kann so gegebenenfalls noch korrigiert werden. Im Anschluss werden die distalen Schraubenlöcher der Platte mit Kopfverriegelungsschrauben besetzt. Bei einem relativen Ulnavorschub kann nun die Fraktur extendiert und auf regelrechte Längenverhältnisse korrigiert werden. Nun werden die restlichen Löcher mit Kopfverriegelungsschrauben bestetz. Das Endergebnis wird mittels Bildwandler kontrolliert und dokumentiert.
Nach ausgiebiger Wundspülung erfolgt der schichtweise Wundverschluss. Eine Drainage wird nicht eingelegt. Letztendlich erfolgt die Anlage einer zuvor angepassten Unterarmgipsschiene. Bei zusätzlichem Abriß des Processus styloideus ulnae erfolgt die Ruhigstellung durch eine Oberarmgipsschiene.

Die Operation der Flexionsfraktur wird ebenfalls in Rückenlage, Intubationsnarkose oder axillärer Plexusanästhesie durchgeführt. Das zu operierende Handgelenk wird ebenfalls auf einem Armtisch, jedoch hingegen zur Extensionsfraktur in Abduktions- und Supinationsstellung gelagert. Eine Blutleere wird auch hierbei am Oberarm angelegt. Der Zugang erfolgt über einen Hautschnitt, der von der Thenarfalte ausgehend über den distalen Anteil des Radiusschaftes reicht. Nach Präparation der Subcutis erfolgt die Längsinzision des Retinaculum flexorum und somit die Eröffnung des Karpaltunnels. Der sensible Thenarast des N. medianus sowie die A. radialis werden geschont. Die Fraktur stellt sich durch radialseitige Inzision des M. pronator quadratus und anschließend ulnare Verlagerung dar. Nun erfolgt die Reposition und Wiederherstellung der achsgerechten Stellung. Die osteosynthetische Fixierung der winkelstabilen Titan-T-Platte erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie bei der Extensionsfraktur. Auch hierbei wird das Repositions- und Osteosyntheseergebnis mittels Bildwandler kontrolliert und dokumentiert.

Nach ausgiebiger Wundspülung wird der M. pronator quadratus locker mit Einzelknopfnähten resorbierbaren Nahtmaterials adaptiert. Das volar eingebrachte Osteosynthesematerial liegt geschützt in einem Weichteilmantel ohne Sehnenkontakt. Für die Gipsruhigstellung gelten auch hier die gleichen Kriterien wie für die Extensionsfraktur.

11.13.2 Nachbehandlung

Die Extensions- sowie Flexionsfrakturen werden bei guter Knochenqualität für die Dauer der Wundheilung in einer Unterarmgipsschiene ruhig gestellt. Bereits am 1. postoperativen Tag erfolgt eine frühfunktionelle Behandlung der dem Handgelenk angrenzenden Gelenke (Fingergrundgelenke, Daumensattelgelenk), sowie des Ellenbogengelenkes und / oder des Schultergelenkes. Den Patienten wird aufgetragen, mehrmals täglich die Finger aktiv zu spreizen und wieder zu schließen. Zusätzlich sollte die Hand bis zur Schmerzgrenze geschlossen und wieder geöffnet werden. Diese beiden Übungen sollten im Wechsel mehrfach täglich wiederholt werden. Des weiteren sollte bei liegendem Unterarmgips das Ellenbogengelenk mehrfach täglich gebeugt und gestreckt, sowie bis zur Schmerzgrenze pro- und supiniert werden. Das Schultergelenk der betroffenen Seite sollte mehrmals täglich ab- und adduziert, sowie ante- und retrovertiert werden. Bei liegendem Oberarmgips entfallen lediglich die Bewegungsübungen im Ellenbogengelenk, also Beugung und Streckung sowie Pro- und Supination. Der Erhalt der aktiven Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke ist Grundvoraussetzung der Dystrophieprophylaxe der Muskulatur der Hand, der Finger, des Oberarmes und der Schulter. Nach Abschluss der primären Wundheilung wird das Nahtmaterial am 10.-12. postoperativem Tag entfernt, die Gipsschiene abgelegt und das Handgelenk zur krankengymnastischen Beübung freigegeben.

Alle 51 Patienten dieser Studie wurden zur krankengymnastischen Weiterbehandlung einem Physiotherapeuten zugeführt. Die Anzahl der postoperativ verordneten Anwendungen dieser Studie lagen zwischen 6 und 40 Einzeltermine.

Die Physiotherapie beschäftigt sich mit passiv assistierten, sowie aktiven Bewegungen aller Freiheitsgrade des Handgelenkes. Für die Steigerung der Koordination der Fingerfunktion und der Feinmotorik werden Tennisbälle in der Hand kreisen gelassen und spezielle Fingerübungen durchgeführt. Eine Steigerung der Handkraft soll durch das zusammendrücken von Softbällen erreicht werden.

Bei einer distalen Radiusfraktur mit Abriß des Processus styloideus ulnae wird eine Oberarmgipsschiene angelegt. Diese wird über die Wundheilung hinaus, je nach Frakturkonsolidierung für die Dauer von 3-4 Wochen belassen. Im Anschluß erfolgt ebenfalls die krankengymnastische Beübung.

Die distale Radiusfraktur, die intraoperativ sowohl visuell als auch taktil beim Einbringen der Schrauben eine osteoporotische Knochenstruktur aufweist, wird die Unterarmgipsschiene ebenfalls über die Wundheilung hinaus für insgesamt 3-4 Wochen belassen. Im Anschluss erfolgt auch hier die krankengymnastische Beübung.

11.13.3 Krankengymnastik und Paraffin-Handbäder in Gruppe 1

Alle 13 (100%) Patienten der Gruppe 1 wurden krankengymnastisch nach der Gipsruhigstellung nachbehandelt.

Das Minimum der Nahbehandlung waren 10 Termine der krankengymnastischen Beübung. Das Maximum waren in dieser Gruppe 20 Termine. Im Durchschnitt wurden 11,3 Tage Krankengymnastik verordnet.

Zusätzlich zur Krankengymnastik wurde in Gruppe 1 bei 5 (38,46%) Patienten Paraffin-Bäder rezeptiert.

3 (60%) Patienten bekamen jeweils 10 Termine, 1 (20%) Patient 12 Termine und 1 (20%) Patient 15 Termine verordnet. Im Durchschnitt wurden 11,4 Termine für Paraffin-Bäder rezeptiert.

Die Anzahl der Verordnungen der Paraffin-Bäder deckt sich mit der Anzahl der Verordnungen der Krankengymnastik der jeweiligen Patienten. Die durchschnittliche Anzahl der Termine für verordnete Paraffin-Bäder lag bei 11,25.

11.13.4 Krankengymnastik und Paraffin-Handbäder in Gruppe 2

In der Gruppe 2 wurden ebenfalls alle (100%) Patienten nach der Gipsruhigstellung krankengymnastisch nachbehandelt.

8 (57,14%) der insgesamt, 14 Patienten der Gruppe 2 wurde ein Rezept über 10 krankengymnastische Beübungen ausgestellt.

1 (7,14%) Patient wurde 15 Termine Krankengymnastik verordnet.

1 (7,14%) Patient wurde 16 Mal Krankengymnastik rezeptiert.

2 (14,29%) Patienten wurden jeweils insgesamt 30 krankengymnastische Beübungen rezeptiert.

1 (7,14%) Patient wurde nach 10 krankengymnastische Beübungen in der Handchirugischen Abteilung des Bergmannheils Gelsenkirchen Buer zur Weiterbehandlung mit einer beginnenden Dupuytrain'schen Kontraktur vorgestellt.
Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnte trotz Handchirurgischer Weiterbehandlung eine deutlich verbliebene Einschränkung der Beweglichkeit, der Handkraft und der Gesamtgebrauchsfähigkeit des operierten Handgelenkes festgestellt werden. Die Ursache der Dupuytrain'schen Kontraktur ist nicht als Folge der stattgehabten Fraktur zu anzusehen.

Im Durchschnitt wurden in Gruppe 2 13,6 Termine zur krankengymnastischen Beübung des verletzten Handgelenkes nach Gipsruhigstellung verordnet.

In dieser Gruppe wurde zusätzlich zur Krankengymnastik bei 1 (7,14%) Patienten insgesamt 15 Anwendungen im Paraffin-Bad verordnet. Die Anzahl der Termine der Paraffin-Bäder deckt sich auch hierbei mit der Anzahl der krankengymnastischen Termine.

11.13.5 Krankengymnastik und Paraffin-Handbäder in Gruppe 3

Allen 24 (100%) Patienten der Gruppe 3 wurden krankengymnastische Beübungen des Handgelenkes und der Hand verordnet. Das Minimum der Anzahl der Termine in Gruppe 3 lag bei 6, das Maximum bei 40.

3 (12,5%) Patienten wurden ein Rezept über jeweils 6 Mal Krankengymnastik ausgestellt.

1 (4,17%) Patient bekam 8 Termine.

9 (37,5%) der 24 Patienten der Gruppe 3 wurden jeweils ein Rezept für 10 Termine Krankengymnastik ausgestellt.

2 (8,33%) Patienten bekamen jeweils 12 Termine und 1 (4,17%) weiterer 18 Termine rezeptiert.

20 Termine Krankengymnastik wurden 5 (20,83%) Patienten verordnet.

2 (8,33%) Patienten wurden 30 Mal krankengymnastisch therapiert.

1 (4,17%) Patient bekam insgesamt 40 Anwendungen.

Im Durchschnitt wurden 14,9 Termine zur krankengymnastischen Beübung vergeben.

Auch in Gruppe 3 wurden zusätzlich zur Krankengymnastik mit Paraffin-Bädern behandelt.

Insgesamt wurden 10 (41,67%) der 24 Patienten dieser Gruppe dieser Therapie zugeführt. Die Anzahl der geringsten Verordnung waren 6 Termine, die höchste Anzahl waren 40.

Jeweils 1 (10%) Patient wurden 6,8,10 und 40 Termine für Paraffin-Bäder verordnet.

4 (40%) der 10 Patienten bekamen ein Rezept über jeweils 20 Termine.

2 (20%) Patienten wurden jeweils für 30 Mal eine Verordnung geschrieben.

Im Durchschnitt wurden insgesamt 20,4 Termine für Paraffin-Bäder vergeben.

Alle 51 Patienten gaben eine subjektive Besserung der Beweglichkeit nach durchgeführter Krankengymnastik und Parafin-Handbäder an.

Diskussion

12. Diskussion

12.1 Patientenkollektiv

Von der Gesamtfallzahl n=89 Patienten, die in dem Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2002 wegen einer distalen Radiusfraktur plattenosteosynthetisch in der Chirurgischen Abteilung des St.-Elisabeth-Hospital Herten operativ versorgt wurden, konnten insgesamt n=51 Patienten nachuntersucht und dieser Studie zugeführt werden.

Im Nachuntersuchungskollektiv n=51 zeigte sich in den einzelnen Untergruppen 1-3 eine nahezu identische prozentuale Verteilung der Patientin wie im Gesamtkollektiv n=89. Durch diese Deckungsgleichheit wird bewiesen, dass das Nachuntersuchungskollektiv keine Selektion des Gesamtkollektivs darstellt, sondern repräsentative Ergebnisse liefert.

Ein Nachteil dieser Studie ist die geringe Anzahl der nachuntersuchten Patienten. Eine größere Anzahl Untersuchungskollektivs würde die erhaltenen Ergebnisse untermauern.

Das Untersuchungskollektiv von n=51 Patienten setzte sich zu 84,31% aus weiblichen und 15,69% männlichen Patienten zusammen. Die Ergebnisse der Geschlechtsverteilung entsprechen der Studie von Frykman und Lindström aus den späten 50er und 60er Jahren [30,64]. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Studie mit einer großen Anzahl von Patienten und zeigt, dass auch aus einem Untersuchungskollektiv mit kleiner Anzahl von Patienten valide Daten zu erhalten sind.

? %	? %	Autor	Jahr
82,9	17,1	Lindström, A.	1959
80,9	19,1	Frykman, G.	1967
84,3	15,7	eigenen Ergenbisse	2003

Tab. 38: Geschlechtsverteilung der distalen Radiusfrakturen in % [30,64]

Die Gruppe 3 zeigt einen Altersdurchschnitt von 61,1 Jahren. In Gruppe 1 liegt der Durchschnitt 3,8 Jahre, in Gruppe 1 sogar 9 Jahre darüber. Hieraus lässt sich ableiten, dass das Alter eine Rolle für das Ausmaß des Substanzdefektes spielt. Auffällig hingegen ist jedoch, dass das Durchschnittsalter der Gruppe 1, in der autologe Spongiosa zur Bruchlückenauffüllung benutzt wurde, am Höchsten war.

Wenn hier aufgrund der fortgeschrittenen Osteoporose der distale Radius leichter und mit einem größeren Substanzdefekt frakturierte, müsste die Qualität der autologen Spongiosa aus dem Beckenkamm ebenfalls reduziert sein und ein schlechteres postoperatives Ergebnis zeigen.

In der Gruppe 2 zeigte sich ebenfalls eine Auffälligkeit. Ein Patient mit einer ausgedehnten Trümmerzone wurde im Alter von 27 Jahren anstelle von autologer Spongiosa mit vollsynthetischem Knochenersatzmaterial versorgt.

Dieses wurde auf explizierten Wunsch des Patienten durchgeführt, der eine autologe Spongiosaentnahme aus dem Beckenkamm wegen der Schmerzen am Beckenkamm, vehement ablehnte. Aus dem daraus resultierendem Ergebnis dieses Patienten konnte festgestellt werden, dass das vollsynthetisch hergestellte Ersatzmaterial nicht nur bei den osteoporotisch vorbelasteten Knochen, sondern auch durchaus bei jüngeren Patienten angewandt werden kann. Jedoch ist hierzu zu sagen, dass das gute postoperative Ergebnis eines Patienten nicht ausreichend ist um die Nutzung des vollsynthetischen Knochenersatzmaterials, auch bei jungen Patienten, unkritisch zu empfehlen.

12.2 Altersabhängigkeit

Das Alter nimmt deutlichen Einfluss auf die Indikationsstellung zur operativen Versorgung der distalen Radiusfraktur. Insbesondere der alte Mensch ist auf die einwandfreie Funktion beider Handgelenke angewiesen. Diese ist zum Erhalt seiner Selbstständigkeit zwingend von Nöten. Die alltäglichen Dinge des Lebens, sei es die tägliche Hygiene, das Zubereiten von Nahrungsmitteln sowie die Nahrungsaufnahme sind nur durch eine gute Beweglichkeit der Handgelenke auszuführen. Durch die erhaltene Selbständigkeit kommt es zu einer besseren Lebensqualität im Alter und zu einer Senkung der allgemeinen Morbidität.
Die Indikation zur operativen Versorgung der distalen Radiusfraktur sollte deshalb beim alten Menschen großzügig gestellt werden. Durch die Operation wird die Fraktur achsgerecht reponiert und das Ergebnis osteosynthetisch fixiert. Die postoperative Ruhigstellung im Gipsverband kann nach der Wundheilung aufgehoben werden. Mit einer funktionellen krankengymnastischen Beübung des Handgelenkes kann somit aufgrund der übungsstabilen osteosynthetischen Versorgung frühzeitig begonnen und die ursprüngliche Beweglichkeit wieder hergestellt werden.

Gegenüber der oben genannten Meinung wird jedoch immer wieder diskutiert, dass gerade der alte Mensch nicht auf eine maximale Beweglichkeit seines Handgelenkes angewiesen ist. Müller-Mai stellt 2004 die These auf, dass die Beweglichkeit des Handgelenkes des alten Menschen nicht maximal sein muß. Eine Dorsalextensions- sowie Palmarflexionsfähigkeit von 15° sei vollkommen ausreichend um die alltäglichen Dinge des Lebens, wie Hygiene und Nahrungsaufnahme, sowie deren Zubereitung problemlos verrichten zu können [77]. Eine maximale Beweglichkeit sei hauptsächlich bei der Durchführung von schweren und feinmechanischen Arbeiten, sowie bei diversen Sportarten, z.B. Tennis oder Golf, notwendig.
Eine achsgerechte Reposition kann auch ohne Operation erfolgen. Das Repositionsergebnis kann durch eine Gipsschiene gehalten werden. Die konservative Frakturbehandlung vermindert die Risiken eines operativen Eingriffes und deren eventuell auftretenden Komplikationen. Aus diesen Gründen sollte die operative Versorgung der distalen Radiusfraktur des alten Menschen kritisch gesehen werden.

12.3 Klassifikation

In dieser Studie wurden die Unfallbilder der frakturierten Handgelenke der jeweiligen Patienten aus dem Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2002 begutachtet und der Klassifikation nach Frykman zugeführt. Diese Einteilung lässt eine Klassifikation der intra- und extraarticulären Frakturen sowie eine Beteiligung des Processus styloideus ulnae zu. Ein klarer Nachteil dieser Einteilung ist die eingeschränkte Beurteilbarkeit der Frakturen, da lediglich der posterior- anteriore Strahlengang in der Röntgenaufnahme berücksichtigt wird. Die streng seitliche Röntgenaufnahme wird außer Acht gelassen. Eine Klassifikation von Flexionsfrakturen ist somit nicht möglich.

Da in dieser Dissertation für das Ergebnis die Differenzierung der Extensions- und Flexionsfrakturen keine Rolle spielt, konnte die einfache Klassifikation nach Frykman hier problemlos angewandt werden. Der Vorteil der Frykman-Klassifikation liegt eindeutig darin, dass die Gruppen der einzelnen Frakturzuteilungen überschaubar bleiben und somit die einzelnen Gruppen bei einer Nachuntersuchungszahl von n=51 gut miteinander vergleichbar sind.

Die Frykman Klassifikation findet sich nur in wissenschaftlichen Fragestellungen wieder. In der klinischen Praxis ist sie aufgrund ihrer eingeschränkten Beurteilbarkeit von Frakturen nicht vorzufinden. In der klinischen Praxis findet sich die Klassifikation nach den Kriterien der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO). Dies liegt nicht zuletzt daran, dass nach Kriterien der AO mit 27 Untergruppen eine viel genauere Einteilung der distalen Radiusfraktur möglich ist. Hierdurch kann eine Verbesserung der jeweils nötigen Therapie und daraus resultierenden Prognose gewährleistet werden. Der Nachteil der AO-Klassifikation liegt in der deutlich breiteren Streuung der Frakturarten bei kleinen Untersuchungsgruppen.

12.4 Verteilung der Frakturarten

Die Frakturen, die nach der Klassifikation von Frykman in die Gruppe III und IV einzustufen sind, wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, da es hierbei definitionsgemäß zu einem Abriss des Processus styloideus radii kommt. Eine Plattenosteosynthese wurde in dem Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2002 bei den Frakturtypen III und IV nach der Klassifikation von Frykman in unserer Klinik nicht durchgeführt.

Alle Frakturen der 51 nachuntersuchten Patienten konnten in ihrer jeweilig eingeteilten Gruppe nach Frykman klassifiziert werden.
Bei der Frykman Klassifikation wird mit zunehmender Klassifikationsnummer die Prognose des postoperativen Ergebnisses in Bezug auf vollständige Wiederherstellung der Gebrauchsfähigkeit des frakturierten Handgelenkes schlechter.

Eine homogene Verteilung der Frakturarten ist für eine gute Vergleichbarkeit unerlässlich. Die inhomogene Verteilung der einzelnen Frakturtypen lässt vor allem in einem kleinen Untersuchungskollektiv nur eine bedingte generalisierte Aussagekraft zu.

Das Untersuchungskollektiv zeigt eine relativ homogene Verteilung der Frakturen in den Gruppen I, II, VII, VIII nach Frykman. Einen Ausreißer der Homogenität zeigt in der Gesamtverteilung die Frykman V Fraktur mit einem Anteil von nur 3,92%.

In den einzelnen Gruppen relativiert sich in dieser Studie jedoch die Homogenität des Gesamtuntersuchungskollektivs:

Frykman	I	II	V	VII	VIII
Gesamt (n=51)	25,49	21,57	3,92	27,45	21,57
Gruppe 1 (n=13)	53,86	13,38	0	15,38	15,38
Gruppe 2 (n=14)	0	42,85	0	50	7,14
Gruppe 3 (n=24)	25	12,5	8,3	20,83	20,83

Tab.39: Verteilung der Frakturtypen in %

Die inhomogene Verteilung der einzelnen Gruppen kommt durch die kleine Anzahl der nachuntersuchten Patienten zu Stande. Statistisch gesehen kommt es bei einem Kollektiv mit deutlich höheren Patientenzahlen zu einer nahezu prozentual gleichen Verteilung in den einzelnen Untergruppen. Eine Vergrößerung des Nachuntersuchungskollektivs war jedoch aufgrund der Gegebenheiten nicht möglich.

12.5 Gartland & Werley Score

Um das postoperativ erreichte Behandlungsergebnis sowohl objektiv, als auch subjektiv beurteilen zu können wurden alle 51 Patienten dieser Studie nach dem von J.J. Gartland Jr. und C.W. Werley bereits 1951 aufgestellte Score nachuntersucht [32].
Der Gartland & Werley Score beinhaltet vier Elemente. Diese befassen sich mit einer verbliebenen Restdeformität des Handgelenkes, subjektive- sowie objektive Parameter zur Gebrauchsfähigkeit des Handgelenkes und Komplikationen [32].

Gruppe 1 zeigt einen durchschnittlichen Punktwert von 2,54 und liefert der Einteilung nach ein Ergebnis mit der Bezeichnung „gut“. Die Gruppe 1 verfehlt ein „ausgezeichnetes“ Ergebnis nur knapp um 0,54 Punkte.

Die Gruppe 2 weist einen Durchschnittswert von 4,64 auf. Mit diesem Punktwert liegt diese Gruppe im Mittelfeld des mit „gut“ bewerteten Bereichs, der sich von 2-8 Punkte erstreckt.

Die 3. Gruppe weist einen durchschnittlichen Punktwert von 4,0 auf und liegt somit im oberen Anteil der mit „gut“ bezeichneter Skala noch vor Gruppe 2.

Die Gruppe 2 weist, wenn auch nicht signifikant zu Gruppe 3, die schlechtesten Ergebnisse in Bezug auf den Gartland & Werley Score auf. Die Gruppe 1 zeigt wie zuvor erwartet mit Abstand das beste Nachuntersuchungsergebnis. Jedoch ist dieses kritisch zu sehen, denn in Gruppe 1 konnte bei über die Hälfte der nachuntersuchten Patienten eine Fraktur der Klassifikation I nach Frykman nachgewiesen werden. Diese Fraktur ist natürlich im Vorfeld in seiner Prognose begünstigt. Die restliche Verteilung der Frakturen ist mit jeweils 15,38 bei Frykman II, VII und VIII wiederum homogen verteilt.

Die Gruppen 2 und 3 zeigen eine bessere Vergleichbarkeit zueinander, wobei in Gruppe 3 prozentual gesehen die meisten Frakturen der Klassifikation VIII nach Frykman vorgefunden wurden. Die Schwere des Ausmaßes der Fraktur trägt maßgeblich zum Ausgang des Nachuntersuchungsergebnisses bei.

12.6 DASH-Score

In dieser Studie wurde zusätzlich zum Score von Gartland & Werley, der eine Beurteilung sowohl unter objektiven als auch subjektiven Aspekten zulässt, ein „self-report“ genutzt, der in Form des DASH-Scores lediglich die subjektive Einschätzung der Patienten ermitteln soll.

Da der DASH-Score ein reiner „self-report“, und somit von der Ehrlichkeit und der reellen Selbsteinschätzung und Kooperationsbereitschaft der Patienten abhängig ist, kommt es durchaus zu Diskrepanzen mit den objektiv gemessenen Daten. Zu den objektiv messbaren Daten gehören die Messung der Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode, die Handkraftmessung, sichtbare Fehlstellungen und Achsabweichungen im Röntgenbild.

Der DASH-Score ist letztendlich nur dann aussagekräftig, wenn die oben genannten Eigenschaften von den Patienten erfüllt werden. Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Aussagefähigkeit dieses Scores ist, dass die Seite der Handgelenksfraktur von Bedeutung ist. Ein Rechtshänder, der sich das linke Handgelenk verletzte, wird die Antworten des „self-reports“ unbewusst verfälschen, da er die führend nicht verletzte rechte Hand positiver beurteilt. Gleiches gilt selbstverständlich für den Linkshänder, der sich das rechte Handgelenk frakturierte.

Einige im DASH-Score auftauchende Probleme, wie zum Beispiel die Frage nach Freizeitaktivitäten Golf-, Tennisspielen oder hämmernde Tätigkeiten, sind auch ohne eine vorausgegangene Fraktur von der nicht führenden Gegenhand nur sehr schlecht bis gar nicht ausführbar bzw. zu beurteilen. Der Großteil der Allgemeinbevölkerung spielt weder Tennis noch Golf.

12.7 Handfunktion unter Berücksichtigung subjektiver und objektiver Parameter

In dieser Studie wurde auf zwei Scores zurückgegriffen. Einer ist der von Gartland & Werley, der sowohl subjektive als auch objektive Kriterien zur Beurteilbarkeit des postoperativen Ergebnisses einer distalen Radiusfraktur berücksichtigt. Die subjektiven Kriterien dienen der Selbsteinschätzung der Funktionseinschränkung des Patienten.
Der Vorteil beider Kriterien liegt darin, dass bei starken Abweichungen der subjektiven Angaben von den objektiv gemessenen die möglicherweise aufgetretene Diskrepanz relativiert. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich objektive und subjektive Daten decken und somit ein von einem aussagekräftigem Ergebnis auszugehen ist.

Zusätzlich zum Score von Gartland & Werley wurde der von Germann 1999 beschriebene DASH-Score (Disability of Arm Shoulder Hand) zur Selbsteinschätzung für diese Studie benutzt [34].

Ein Nachteil des DASH-Scores ist, dass einige darin vorkommende Fragen keinen direkten Zusammenhang zur Beweglichkeit und Funktion des Handgelenkes beinhaltet. Einige Fragen beinhalten Kriterien, welche nicht einmal von gesunden jungen Leuten ausgeführt werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Händigkeit nicht beachtet wird. Ein Rechtshänder, der sich das linke Handgelenk frakturierte wird bei der Beantwortung der Fragen unbewusst auf die Fähigkeiten seiner nicht verletzten rechten Hand acht geben und die Antworten somit ungewollt verfälschen. Der Rechtshänder hat vor seinem Trauma seine linke Hand wahrscheinlich auch schon nicht so beansprucht wie es die Fragen des DASH-Scores abverlangen. Unbewusste Verfälschungen der Ergebnisse sind somit vorprogrammiert. Die subjektive Beurteilbarkeit ist dementsprechend beeinträchtigt.

12.8 Messung der Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode

Die Messung der Bewegungsumfänge des Handgelenkes erfolgte im Rahmen der Nachuntersuchung nach der Neutral-Null-Methode mittels eines Standardgoniometers. In dieser Studie wurde bei allen nachuntersuchten Patienten die Bewegungsumfänge der verletzten sowie der nicht verletzten Gegenseite gemessen.

Die postoperative Beweglichkeit des Handgelenkes nach ausgeheilter Fraktur sagt alleine noch nichts über die Gebrauchsfähigkeit des Handgelenkes aus. Ein frei bewegliches Handgelenk mit eingeschränkter Handkraft ist in seiner Gebrauchsfähigkeit deutlich eingeschränkt. Aus diesem Grund ist auch die Messung der Handkraft für die Aussage der Gebrauchsfähigkeit wichtig.

12.9 Handkraftmessung

Die Messung der Handkraft wurde mittels eines handelsüblichen Vigirometers der Firma Ortopedia durchgeführt.
Die Normstichproben über 65 jähriger gesunder Probanden zeigen bereits erhebliche interindividuelle Schwankungen. Bei Normstichproben 65 jähriger gesunder Frauen zeigt sich die Handkraft im Mittel um die Hälfte geringer als bei Männern.
Eine Unterschreitung der Normwerte unter 50% soll nach Angabe der Firma Ortopedia bedeuten, dass im Stadium einer akuten Erkrankung ein signifikant höheres Risiko für eingeschränkte Selbsthilfefähigkeit, Sturz, Fraktur und Sterblichkeit besteht.

Die von der Firma Ortopedia angegebenen Werte für die durchschnittliche Handkraft erwachsener Männer und Frauen ist nicht kritiklos auf das vorliegende Untersuchungskollektiv dieser Studie anzuwenden. Die als normal angegebenen Werte für die durchschnittliche Handkraft ist aus einem homogenen Kollektiv Erwachsener jeder Altersstufe ermittelt worden.

In dieser Studie liegt ein Altersdurchschnitt von 65 Jahren vor. Hiervon sind 67 % älter als 61 Jahre und nur lediglich 33% jünger. Es zeigt sich also keine homogene Verteilung im Nachuntersuchungskollektiv. Aus diesem Grunde sind Ergebnisse mit einer geringeren Handkraft als von der Firma Ortopedia angegeben zu erwarten. Die maximale Handgriffstärke bei Normstichproben über 65jähriger gesunder Probanden unterliegt nach weiteren Angaben der Firma Ortopedia erheblichen interindividuellen Schwankungen. Bei Frauen ist sie im Mittel um die Hälfte geringer als bei Männern.

12.10 Beurteilung des radiologischen Befundes

Zur Nachuntersuchung wurden Stellungskontrollen der Fraktur in zwei Ebenen angefertigt. Die erste Aufnahme wurde im posterior-anteriorem Strahlengang, die zweite im streng seitlichen Strahlengang aufgenommen. Es konnten somit verbliebene Gelenkstufen bei intraartikulären Frakturen in der p.-a. Aufnahme, sowie Achsabweichungen in der streng seitlichen Aufnahme gesehen werden. Ebenfalls konnten die Gelenkwinkel nach Böhler problemlos bestimmt werden. Das bei 41 Patienten verbliebene Osteosynthesematerial störte zur Beurteilung dieser Punkte nicht. Eine Beeinträchtigung trat lediglich bei Beurteilung der Resorption des vollsynthetisch resorbierbaren Knochenersatzmateriales auf.

12.11 Resorption des Knochenersatzmaterials

Die Resorption des eingesetzten vollsynthetischen Knochenersatzmaterials war aufgrund des verbliebenen Platten- und Schraubenmaterials nur bedingt beurteilbar. Nur bei 10 Patienten wurde das Osteosynthesematerial wieder entfernt. Bei den restlichen 41 Patienten wurde durch das verbliebene Osteosynthesematerial nahezu der Großteil des distalen Radius verdeckt. Eine Resorption und vollständiger Umbau konnte lediglich in der streng seitlichen Aufnahme beurteilt werden. Um letztendlich eine vollständige Resorption des vollsynthetisch hergestellten Knochenersatzmateriales beurteilen zu können, müsste eine histologische Probe gewonnen werden. Dies würde einen weiteren Eingriff mit den dazugehörigen allgemeinen Risiken beinhalten. Dieses Risiko ist aus ethischer Sicht in der Humanmedizinischen Praxis nicht vertretbar.

12.12 Morbus Sudeck als Komplikation

Bei einem Patienten konnte in der Nachuntersuchung radiologisch eine ausgedehnte Algodystrophie (M. Sudeck) im Stadium III nachgewiesen werden, die jedoch klinisch weder zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch zuvor nachweisbar war.

In der Literatur werden 2,49 - 25,8 % Algodystrophien nach stattgehabter distaler Radiusfraktur beschrieben [10,28,63,93].

Anzahl der Frakturen	M. Sudeck %	Autor	Jahr
249	2,49	Petracic,B.	1993
107	3,0	Fritz,Th.	1983
425	8,5	Letsch,R.	1984
199	25,8	Boszotta,H.	1991
51	1,96	eigene Daten	2003

Tab. 40: Häufigkeiten eines M. Sudeck nach distaler Radiusfraktur [10,28,63,93]

Im Vergleich zu den Literaurangaben liegt die Algodystrophie M. Sudeck im Nachuntersuchungskollektiv dieser Studie mit 1,96% noch unter der Angabe von Petracic von 1993. Petracic hatte in seinem Kollektiv jedoch eine knapp fünf Fach erhöhte Anzahl von Patienten in seiner Studie. Anhand der divergierenden Angaben einer aufgetretenen Algodystrophie ist der geringe Anteil von 1,96% dieser Studie eher kritisch zu betrachten.

12.13 Verbesserung der Beweglichkeit

Alle Patienten wurden postoperativ einer krankengymnastischen Nachbehandlung zugeführt. Ein Vergleich, wie sich die Beweglichkeit des Handgelenkes postoperativ ohne krankengymnastische Beübung entwickelt, konnte somit nicht angestellt werden. Dadurch kann keine objektive Aussage über die Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit der Hand durch die durchgeführten Anwendungen gemacht werden. Die Verteilung der Anzahl der Anwendungen ist mit der geringsten Verordnung von 6 und der höchsten mit 40 breit gestreut. Als Kriterium über die Verbesserung der Beweglichkeit und somit der Gebrauchsfähigkeit der Hand nach erlittenem Trauma kann in dieser Studie lediglich die subjektive Meinung der Patienten herangezogen werden.
Nach subjektiven Angaben gaben alle Patienten des Nachuntersuchungskollektivs einen Benefit von der krankengymnastischen Beübung, sowie der Paraffin-Bädern nach Entfernung der Gipsruhigstellung, sowohl in Punkto Beweglichkeit, der Handkraft als auch der Gebrauchsfähigkeit an.

12.14 Prognose

Abschließend kann gesagt werden, dass die autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm die besten Nachuntersuchungsergebnisse mit der geringsten Komplikationsrate und den besten Bewegungsmaßen in dieser Studie geliefert haben. Somit ist diese Methode der autologen Spongiosanutzung zur Defektauffüllung bei distalen Radiusfrakturen nach wie vor als Mittel der Wahl anzusehen. Die möglichen Komplikationen bei der Gewinnung der autologen Spongiosa aus dem Beckenkamm lassen jedoch immer wieder Kritik aufkommen. Hier sind die Komplikationen der Wundheilungsstörungen, Hämatombildungen, Taubheitsgefühle, Infektionen des Knochenmarks sowie die lange anhaltenden Schmerzen zu nennen.

Das künstlich hergestellte, vollresorbierbare Knochenersatzmaterial in Form des ß-Tricalziumphosphat / chronOs™, lieferte ebenfalls gute Ergebnisse der nachuntersuchten Kriterien. Mit den aus dieser Studie erhaltenen Ergebnissen kann die Indikation zur Nutzung synthetisch hergestellten Knochenersatzmateriales, in Form eines Tricalziumphosphat Granulates, vor allem bei Patienten im fortgeschrittenem Alter mit osteoporotisch vorbelasteter Knochensubstanz und dadurch eingeschränkter Osteoblastenaktivität im Knochenmark großzügig gestellt werden. Ein Vorteil des vollsynthetischen Knochenmateriales ist die unbegrenzte Verfügbarkeit, sowie der Wegfall einer zweiten Operation zur Gewinnung körpereigener Spongiosa. In dieser Studie zeigt sich, dass es sogar bei jungen Patienten problemlos einsetzbar ist. Den größten Nutzen dieser Substanz haben vor allem Frauen mit bekannter postmenopausaler Osteoporose und multimorbide Patienten mit erhöhtem Narkoserisiko und zu erwartenden Wundheilungsstörungen an der Spongiosaentnahmestelle.

13. Zusammenfassung

Anhand von 51 Patienten, die sich im Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2002 eine distale Radiusfraktur zugezogen hatten und in der Chirurgischen Abteilung des St.-Elisabeth-Hospital Herten operativ mittels Titan-T-Plattenosteosynthese versorgt worden sind, wurden die Behandlungsergebnisse in Bezug auf die Bruchlückenauffüllung bei Substanzdefekt im Zusammenhang distaler Radiusfrakturen unter Verwendung von autologer Spongisaplastik im Vergleich zum vollsynthetisch hergestellten Knochenersatzmaterial chronOs™ zur Defektauffüllung überprüft.

Der Altersmedian im Untersuchungskollektiv lag bei 65,36 Jahre, der Anteil der weiblichen Patienten bei 84,31%.

Im Durchschnitt wurde eine Operation 3,57 Tagen nach Diagnosestellung durchgeführt. Diese Zahl ergibt sich aus den notfallmäßig, sofort noch am gleichen Tag durchgeführten Operationen, sowie die operative Versorgung nach zunächst konservativem Behandlungsversuch mit sekundärer Dislokation.
Der durchschnittlich stationäre Aufenthalt lag bei 11,3 Tagen.

Das vollsynthetisch eingebrachte Knochenersatzmaterial chronOs™ der Gruppe 2 konnte soweit radiologisch beurteilbar, vollständig in knocheneigene Substanz umgebaut werden.

Der Score nach J.J. Gartland Jr. & C.W. Werley, der sowohl subjektive-, als auch objektive Bewertungskriterien enthält, zeigte in Gruppe 1, in welcher zur Brüchlückenauffüllung autologe Spongiosa zusätzlich zur Plattenosteosynthese benutzt wurde, mit einem durchschnittlichen Punktwert von 2,54 ein gutes Ergebnis.
In Gruppe 2, in welcher zur Bruchlückenauffüllung zusätzlich zur Titan-T-Platte, chronOs™ als Knochenersatzmaterial benutzt wurde, konnte ein durchschnittlicher Punktwert von 4,64 ermittelt werden, und wies ebenfalls ein gutes Ergebnis auf.
Gruppe 3 zeigte nach dem Score von Gartland & Werley einen mittleren Punktwert von 4,0 und somit ebenfalls ein gutes Ergebnis.

Die ermittelten Winkelmaße nach der Neutral-Null-Methode am zuvor frakturiertem Handgelenk ergaben zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung die nachfolgenden Werte. Hierbei wurden die in dem Score von Gartland & Werley vorgegebenen Winkelmaße, die das Minimum für eine normale, alltägliche Funktion des Handgelenkes von Nöten ist, berücksichtigt.

Die Dorsalextensionsfähigkeit am frakturierten Handgelenk lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 92,16% der Patienten bei >45º.
Alle 51 Patienten waren in der Lage das ausgeheilte Handgelenk >45º palmar zu flektieren.
90,20% der nachuntersuchten Personen konnten eine Ulnaduktion >20º durchführen.
Eine Radialduktion >20º konnte von 88,24% der Patienten durchgeführt werden.
Alle 51 Personen waren in der Lage eine Pro- und Supination >50º auszuführen.

Die Ergebnisse des DASH-Score zeigen in Gruppe 1 mit einen mittleren Punktwert von 20,1, und somit einen prozentualen Anteil von 79,9 des optimalen Punktwertes von 0, ein gutes Ergebnis.
In Gruppe 2 konnte ein mittlerer Punktwert von 26,07 errechnet werden. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 73,93 des Optimalwertes 0 und zeigt ebenfalls ein gutes Ergebnis.
Gruppe 3 wies mit einem durchschnittlichen Punktwert von 24,37, einen prozentualen Anteil von 75,63 des Optimalwertes 0 ein gutes Ergebnis auf.

Die zusätzlich zum Score von Gartland & Werley und DASH-Score erhobenen Werte der postoperativ, durchschnittlich erhaltenen Handkraft zeigt im Gesamtkollektiv bei den Patienten, die sich das rechte Handgelenk frakturierten, einen Wert von 0,65 bar.

Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm zur Defektauffüllung der distalen Radiusfraktur die besten postoperativen Ergebnisse in Punkto Beweglichkeit, Handkraft sowie subjektiver- und objektiver guter Gebrauchsfähigkeit liefert.

Das vollsynthetisch hergestellte Knochenersatzmaterial zeigt in dieser Studie ebenfalls gute Ergebnisse in den bereits oben genannten Kriterien, so dass es bei älteren, multimorbiden, osteoporotisch vorbelasteten Patienten mit einem deutlich erhöhtem Narkoserisiko durchaus anstelle autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm verwendet werden sollte, um die Narkose kurz und die damit zusammenhängenden Komplikationen so niedrig wie möglich zu halten.

14. Literaturverzeichnis

1. Alffram, P.A., Bauer G.CH — Epidemiology of the forearm A biomechanical investigation of bone strength Journal of Bone and Joint Surg 44a: 105-114 (1962)

2. Aro, H.T, Koivunen, T — Minor axial shortening of the radius affects outcome of colles fracture treatment Journal of Hand Surg 16: 392-398 (1991)

3. Asche, G. — Fixateur externe am Handgelenk Symposium Dynamische Osteosynthese Leipzig, September (1994)

4. Bahm, J., Faye, N., Nonnemacher,J. — Die operative Behandlung distaler Radiusfrakturen – ein geschlossenes Therapiekonzept Der Chirurg 65: 999-1003 (1994)

5. Barbierie, CH., Mazzer, N., Aranda, C.A., Pinto, M.M. — Use of a bone block graft from the iliac crest with rigid fixation to correct diaphyseal defects of the radius and ulna Journal of Surg 22: 395-401(1997)

6. Barisani, G.R. — Die distale Radiusfraktur– Indikation und Ergebnisse der konservativen und operativen Therapie Klinische Wochenschrift Wien 101: 999-1003 (1989)

7. Bartens, J., Wöhler, U., Müller, K.H. — Der dislozierte handgelenksnahe Speichenbruch und Osteoporose Osteotaxis durch Fixateur externe mit oder ohne Bohrdrahtretenrion? Standortbestimmung der externen Frakturfixation Münster Oktober (1994)

8. Behrens, S., Mickley, V. — Korrekturosteotomien am distalen Radius Der Unfallchirurg 90: 6-13 (1987)

9. Blöchel, H. — Radiusfrakturen Chirurgie Skript Universitätsklinik Mehrheim: 1-12 (2001)

10. Boszotta, H., Helpersdorfer, W., Sauer, G. — Zur Operationsindikation bei der distalen Radiusfraktur Unfallchirurgie 94: 417-423 (1991)

11. Böhler, L. — Die Technik der Knochenbruchbehandlung Band I Brüche am unteren Ende der Speiche: 568-592 (1957)

12. Böhler, J. — Die Eingriffe an Knochen und Gelenken Allgemeine und spezifische chirurgische Operationslehre Bd. 10 Teil III: 154-164 (1972)

13. Bray, T.J. — Osteosynthese – Arbeitsbuch und Atlas Distaler Radius: 293-305 (1993) VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1993

14. Breitner, B., Gschnitzer, F., Kern, E., Schweiberer, L. — Chirurgische Operationslehre Bd. 5: 2-6,12-19 (1975)

15. Brug, E., Joosten,U., J Püllen, M. — Brüche am distalen Unterarm Welche Therapie ist wann indiziert? Der Orthopäde 29: 318-326 (2000)

16. Brunner, U., Habermeyer, P., Schweiberer, L. — Fractures of the distal end of the radius Der Orthopäde 18: 214-224 (1989)

17. Bühren, V. — Radiusfraktur
Trauma und Berufskrankheit 1: 5 (1998)

18. Cannegieter, D.M., Juttmann, J.W. — Cancellous grafting and external fixation for unstable colles fractures
Journal of Bone and Joint Surg 79: 428-432 (1997)

19. Colles, A. — Historical paper of the fracture of the carpal extremity of the radius (1814)
Injury 2: 48-50 (1970)

20. Dee, W., Klein, W. — Die externe Fixation der instabilen distalen Radiusfraktur
Standortbestimmung der frühen distalen Radiusfraktur
Münster, Oktober (1994)

21. De Palma, AF — Comminuted fractures of the distal end
of the radius treated by ulnar pinning
Journal of Bone and Joint Surg 34A: 651-662 (1952)

22. Dresin, K., Peterson, T., Schmidt-Neuerburg, K.P. — Compartment pressure in the carpal tunnel in distal fractures of the radius.
A prospective study
Arch Orthop Trauma Surg 113: 285-289 (1994)

23. Erdshage, S. — Komplikationen des handgelenknahen Speichenbruches und deren Behandlung
Der Orthopäde 4: 36-37 (1975)

24. Felderhoff, J., Wiemer, P., Dronsella, J., Weber, U. — Operativer Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der
dorsalen / palmaren Abstützplatte
Der Orthopäde 853-853 (1999)

25. Fernandez, D.L., Mädder, G. — Die Behandlung der Smith-Fraktur
Der Unfallchirurg 88: 153-161 (1977)

26. Fernandez, D.L., Jupiter J.B. — Fracture of the distal radius
Instr Course Lect 42: 73-88 (1993)

27. Frank, J., Pralle, H., Marzi, I — Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Handgelenkes und
distalen Radioulnargelenkes
OP-Journal 1: 4-9 (2003)

28. Fritz, Th., Wesching, D., Friedl, W. — Funktionelle Behandlung von komplizierten Radiusfrakturen mit
Hilfe der kombinierten dynamischen und statische Kirschnerdrahtosteosynthese
Hefte zur Unfallchirurgie 232: 149-150 (1983)

29. Frommholt, W., Dihlmann,W., Stender, H.-St., Thun, P. — Radiologische Diagnostik in Klinik und Praxis
Band VI: 123,370,816 (2000)

30. Frykman, G. — Fracture of the distal radius including sequel – shoulder –
hand-finger syndrome, disturbance in the distal radius-ulnar
joint and impairments of nerve function.
Acta Orthop Scand Suppl. 108 (1967)

31. Fuchs, S., Achinger, R. — Ergebnisse der Totalarthrodese an der Hand
Der Unfallchirurg 98: 350-354 (1995)

32. Gartland Jr., J.J., Werley C.W. — Evaluation of healed Colles`s fractures
Journal of Bone and Joint Surg 33A: 895 (1951)

33. Gärtig, N. — 3. Westdeutsches AO Seminar
Die distale Radiusfraktur und Osteoporose
Solingen März (2004) / Vortrag

34. Germann, G., Wind, G.; Harth, A. — Der DASH Fragebo gen – ein neues Instrument zur Beurteilung von
Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität
Handchirurgie – Mikrochirurgie – Plastische Chirurgie 31: 149-152 (1999)

35. Greenspan, A.
Skelettradiologie
Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie, Onkologie
3. Auflage: 179-198 (2003)
VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 2003

36. Habernek, H.; Schmid, L.
Technik und Ergebnis einer modifizierten perkutanen Bohrdrahtosteosynthese an der distalen Speiche
Unfallchirurgie 98: 339-354 (1992)

37. Hagert, C.G.
Distal radius fracture and the distal radioulnar joint:
Anatomical considerations.
Handchirurgie Mikrochirurgie Plastische Chirurgie 26: 6-22 (1994)

38. Helm, R.H., Tonkin, M.A.
The chauffeur's fracture: simple or complex?
Journal of Hand Surg 17: 156-159 (1992)

39. Henning, F. F., Kroge von, H.
Unilateraler gelenkübergreifender Handfixateur bei handgelenksnahen Trümmerbrüchen
Standortbestimmung der externen Frakturfixation, Münster, Oktober (1994)

40. Herrera, M., Chapman C.B., Roh, M, Strauch, R.J., Rosenwasser, M.P.
Treatment of unstable distal radius fractures with cancellous allograft and external fixation
Journal of Hand Surg 24: 1269-1278 (1999)

41. Herzberg, W., Overbeck, E., Herzberg, R., Deckelmann, G.
Vergleichende theoretische Untersuchungen verschiedener Montagen des Fixateur externes zur Stabilisierung des distalen Radius
Der Unfallchirurg 93: 257-262 (1990)

42. Hoel, G., Kapandji, A
Osteosynthesis using intra-focal pins of anteriorly dislocated fractures of the inferior radial epiphysis
Ann Surg Main Memb Super 14: 142-156 (1995)

43. Hoffmann, T.F., Ruppert, R., Renneker, D.
Behandlungsergebnisse nach operativer Therapie distaler Radiusfrakturen
Der Unfallchirurg 97: 472-477 (1994)

44. Hoffmann, T.F., Ruppert, R., Renneker, D.
Operative Therapie distaler Radiusfrakturen. Behandlungskonzept und Ergebnisse
Chirurgische Praxis 84: 445-460 (1994)

45. Hotz, T.H.
Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese
OP-Journal 1: 21-26 (2003)

46. Hörster, G., Ludolph, E.
Spätschäden nach handgelenksnahen Speichenbrüchen
Unfallheilkunde 92: 430-434 (1989)

47. Izge, G.;, Nurset,K., Oral,E, Göktürk,E., Seber,S.
Normal range of motion of the joints of the upper extremity in male subjects with special references of the inside
Journal of Bone and Joint Surg 78A: 1401-1404 (1996)

48. Jahna, H., Wittich, H.
Konservative Methoden in der Frakturbehandlung
Reposition der Speiche am distalen Radiusende: 248-259 (1985)

49. Jakob, R.P.
Die Distraktion instabiler distaler Radiustrümmerfrakturen mit einem Fixateur externe
Unfallheilkunde 148: 99-103 (1980)

50. Kapandji, A.,
Reduction effect arum-type intra-focal pins in the osteosynthesis of fractures of the lower end of the radius
Ann Surg Memb Super. 10: 138-145 (1991)

51. Kaps, HP
Wann konservativ, wann operativ
Wie akut, wie langfristig behandeln?
Krankenhausarzt 97: 405-414 (1994)

52. Kienle, K.-H., Bindle, G., Holz, U
Die differenzierte Therapie der distalen Radiusfraktur
Aktuelle Traumatologie 19: 11-16 (1989)

53.	Klein, W.	Substanzdefekt durch Impaktierung – schleichende Sinterung Standortbestimmung der externen Frakturfixation Münster Oktober (1994)
54.	Kording, J., Lessing, U.; Thaiss, S.	Behandlung instabiler distaler Radiusfrakturen mit dem Fixateur extern Chirurgische Praxis 46: 79-88 (1993)
55.	Krawzak, H.-W., Lindecken, K.D., Beyer, H.K., Mayer, M.	Quantifizierung von Mineralisationsprozessen bei posttraumatischer Algodystrophie mittels computertomographischer Densitometrie Der Orthopäde 127: 202-206 (1989)
56.	Kwasny, O., Schabus, R., Hertz, H.	Ergebnisse von konservativ behandelten Radiusfrakturen an typischer Stelle Aktuelle Traumatologie 20: 1-5 (1990)
57.	Kwasny, O., Schabus, R., Hertz, H.	Die Korrekturosteotomie zur Behandlung des Karpaltunnelsyndroms bei der Fehlstellung verheilter distaler Radiusfrakturen Der Unfallchirurg 92: 478-481 (1991)
58.	Ladd, A.L., Pliam, N.B.	The role of bone graft and alternative in unstable distal radius fracture treatment Orthop Clin North America 32: 337-351 (2001)
59.	Ladd, A.L., Pliam, N.B.	Use of bone-graft substitutes in distal radius fractures Journal of Am Acad Orthop Surg 7: 279-290 (1999)
60.	Langenberg R.	Der Abbruch des processus styloideus ulnae – Sein Einfluss auf die Handgelenksfunktion bei distalen Radiusfrakturen Zentralblatt für Chirurgie 114: 1006-1011 (1989)
61.	Lauber, P., Pfeiffer, K.M.	Offene Osteosynthese distaler Radiusfrakturen Unfallheilkunde 87: 185-195 (1984)
62.	Letsch, R.	Distale Radiusfrakturen – Kirschner- Drahtosteosynthese Bericht über die Unfallmedizinische Tagung ICC 1990 Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften 73: 209-222 (1990)
63.	Letsch, R., Schmidt-Neuerburg, K.P., Towfigh, H.	Indikation und Ergebnisse der Platttenosteosynthese am distalen Radius Langenbeck´s Archiv für Chirurgie 364, Kongressbericht (1984)
64.	Lindström, A.	Fractures of the distal end of the radius Acta Orthop Scand Suppl. 41: (1959)
65.	Mallmin, H.	Incidence of colles fracture in uppsala Acta Orthop Scand 63: 213-215 (1992)
66.	Mann, K	Die so genannte Darrachsche Operation nach Speichenbasisbrüchen Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 84: 615-618 (1990)
67.	Marsh, H.O., Teal, S.W.	Treatment of comminuted fractures of the distal radius with self-contained skeletal traction American Journal of Surg 124: 715-719 (1975)
68.	Mathys/Synthes	chronOs™ Zeit für Knochen 4-10 (2004)
69.	Mayer, K.C.	Das Karpaltunnelsyndrom Wiener medizinische Wochenschrift 152: 17-18,479 (2002)
70.	Melik, N., Togninalli, D., Biegger, P.	Retrospektive Analyse konsekutive behandelter distaler Radiusfrakturen mit Fixateur extern Der Unfallchirurg 97: 645-648 (1994)
71.	Melone, C.P.	Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. Clin Orthop 202: 103-111 (1984)

72.	Melone, J.R. Jr.	Articular fracture of the distal radius Orthop Clinic North America 15: 217-236 (1984)
73.	Minne, H.	3. Westdeutsches AO-Seminar Die distale Radiusfraktur und Osteoporose Solingen März (2004) / Vortrag
74.	Mutschler, W., Haas, N.P.	Praxis der Unfallchirurgie 2. Auflage: 741-747 (2004)
75.	Müller, M.E, Nazarian, S., Koch,P.	Classification AO des fractures les os long Springer Berlin (1987)
76.	Müller, M.E., Allgöwer, M., Willenegger, H.	Manual der Osteosynthese 3. Auflage: 476-480 (1992)
77.	Müller-Mai, Ch.	3. Westdeutsches AO Seminar Die distale Radiusfraktur und Osteoporose Solingen März (2004) / Vortrag
78.	Netter, F.H.	Farbatlanten der Medizin Verletzungen der Knochen, Muskeln und Bänder Diagnostik und Therapie Bewegungsapparat III Bd. 9: 54 (1997)
79.	Nigst, H.	Handgelenksnahe Speichenbrüche des Erwachsenen Unfallheilkunde 82: 1-6 (1979)
80.	Nutz, V., Uexküll-Güldenband, V.	Computertomographie beim Sudeck-Syndrom Unfallchirurgie 89: 68-73 (1986)
81.	Oestern, H.J.	Distale Radiusfraktur Der Orthopäde 17: 52-63 (1988)
82.	Oestern,H.J.	Behandlung der distalen Radiusfraktur Tscherne Unfallchirurgie Bd. 1 Ellenbogen, Unterarm 225-248 (2001) Springer, Heidelberg 2001
83.	Oestern, H.J.	Osteosynthese mit Fixateur externe OP-Journal 1: 28-30 (2003)
84.	Oskam, J., Kingma, J., Klasen, H.J.	Ulnar-shortening osteotomy after fracture of the distal radius Arch Orthop Trauma Surg 122: 198-200 (1993)
85.	Otto, W.	Drahtstiftfixierung distaler Radiusfrakturen Trauma und Berufskrankheit 1: 15-23 (1998)
86.	Owen, R.A.; Melton, L.J. III., Johnson ,K.A.	Incidence of Colles fracture in a North American community American Journal of Public Health 72: 605-607 (1982)
87.	Palmer, A.K., Green D.	Fractures of the distal radius Operative Hand Surg 991-1026 (1988)
88.	Palmer, A.K., Werner, F.W., Murphy, D., Glisson, R.	Functional wrist motion, a biomechanical study Journal of Hand Surg 10A: 39-46 (1985)
89.	Pattee, G.A., Thompson, G.H.	Anterior and posterior marginal fracture-dislocations of the distal radius An analysis of the results of treatment Clin Orthop 183-195 (1988)

90. Pechlaner, S.
Distale intraarticuläre Radiusfrakturen – Indikation und Technik der offenen Reposition und Plattenosteosynthese
Der Orthopäde 22: 46-51 (1993)

91. Pechlaner, S.
Editorial
Acta Chir Austriaca 29: 169-171 (1997)

92. Peterson, K., Dresin, K., Schmidt, G.
Druckmessung im Karpalkanal bei distaler Radiusfraktur
Unfallchirurgie 96: 217-223 (1993)

93. Petracic, B., Petracic, A.
Die Behandlung der Mehrfragmentgelenksfrakturen des Radius
Der Chirurg 64: 894-898 (1993)

94. Pfeifer, K.M., Lauber, P.
Was leistet die stabile Osteosynthese am distalen Radius?
Der Handchirurg 10: 80-82 (1978)

95. Prommersberger, K.J., Lanz, U.
Korrekturosteotomien am distalen Radius
OP-Journal 1: 58-64 (2003)

96. Reil, P., Kruft, St.
Diagnostik und Behandlung der Begleitverletzungen und Folgeschäden bei distalen Radiusfrakturen
Der Chirurg 64: 899-890 (1993)

97. Roesgen,M., Hierholzer, G.
Corrective osteotomy of the distal radius after fracture to restore the function of the wrist joint, forearm, and hand
Orthop Trauma Surg 107: 301-308 (1988)

98. Rueger, J.M.
Bone replacement materials-state of the art and the way ahead
Der Orthopäde 27: 72-79 (1998)

99. Sarmiento, A., Pratt G.W., Berry N.C.
Colles fracture. Functional bracing in suppination.
Journal of Bone and Joint Surg 57: 311-317 (1975)

100. Schlosser, D.
Sudeck´sche Dystrophie nach Verletzung des distalen Radiusendes und der Handwurzel
Langenbeck´s Archiv für Chirurgie 334: 203-209 (1973)

101. Schwabe, G., Petzoldt,W., Tonner, D.
Die distale Radiusfraktur
Chirurgische Praxis 33: 149-156 (1984)

102. Seiler, H., Omlor, G., Betz, A.
Zur operativen Therapie bei frischen distalen Radiusfrakturen
Unfallheilkunde 84: 139-149 (1981)

103. Schmidt, J., Schnorr, W.
Die Rolle der Spongiosaplastik und anderer augmentierender Verfahren
OP-Journal 1: 52-54 (2003)

104. Schmidt, S., Heinz, T., David, A.
Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur
OP-Journal 1: 10-15 (2003)

105. Schwarz, N.
Die distale Radiusfraktur - Konservative Behandlung
OP-Journal 1: 16-20 (2003)

106. Smith, R.W.
Treaties of fractures in the vicinity of joints & on certain forms of accidents and dislocations
Hodges & Smith: 129-175 (1847)

107. Solgaard, S. Carlsen, A., Kramhoft, M., Peterson, V.S.
Reproducibility of goniometry of the wrist
Scand Journal of Reha Med 18: 5-7 (1986)

108. Steinmann, R., Spier, W.
Operative Behandlung distaler Radiusfrakturen
Aktuelle Traumatologie 10: 185-196 (1980)

109. Strassmair, M Wilhelm, K
Korrektur posttraumatischer Fehlstellungen am distalen Radius
Orthopädie und Rheuma 3: 30-32 (2001)

110. Thomas, B.
Reduction of Smith`s fracture
Journal of bone and Joint Surg 39: 463-470 (1957)

111. Titze, A.
Die operative Behandlung des handgelenknahen Speichenbruchs
Der Orthopäde 4: 23-27 (1975)

112. Tscherne, H.;, Jähe, J.
Aktueller Stand der Therapie der distalen Radiusfraktur
Unfallchirurgie 93: 157-164 (1993)

113. Tscherne, H., Wippermann, B.W.
Konservative Frakturbehandlung der oberen Extremität
Der Chirurg 61: 758-759 (1990)

114. Wagner, H.E., Jakob, R.P.
Operative Behandlung der distalen Radiusfraktur mit Fixateur externe
Der Unfallchirurg 88: 473-480 (1988)

115. Walton, N.P.;, Brammar, T.J., Hutchinson, J., Raj,D., Coleman, N.P.
Treatment of unstable distal radial fractures by intrafocal, intramedullary k-wires
Injury 32: 383-389 (2001)

116. Weller, S.
Die konservative Behandlung
Bericht über die Unfallmedizinische Tagung ICC 1990
Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen
Berufsgenossenschaften 73: 201-208 (1990)

117. Werber, K.D., Brauer, R.B., Weiss, W., Becker, K.
Osseus integration of bovine hydroxylapatite ceramic in metaphyseal
bone defects of the distal radius
Journal of Hand Surg 25: 833-841 (2000)

118. Wildenberg, van den, F.., Kurvers, H.A., Jacobs, M.J., Eggink, G.I.
Neue Aspekte beim posttraumatischen Dystrophiesyndrom
Der Unfallchirurg 97: 485-490 (1994)

119. Willenegger, H.R., Eggerath, A.
Die percutane intramedulläre Bohrdrahtspickung dislokationsgefährdeter
Radiusfrakturen loco typico
Der Chirurg 45: 98-102 (1983)

120. Williams, C.S., Jupiter, J.B.
Das schmerzhafte Ulnokarpalgelenk – Diagnostik und Therapie
Der Orthopäde 22: 36-45 (1993)

121. Winker, H.K., Wentzensen, A.
Der Stellenwert des Fixateur externe im Behandlungskonzept der distalen Radiusfraktur
Standortbestimmung der externen Frakturfixation, Münster, Oktober (1994)

122. Witter, H.
Ruptur des musculus extensor pollicis longus als Komplikation der Radiusfraktur
Klinische Chirurgie 201: 448-452 (1960)

123. Wittner,B., Holz, B.
Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und Behandlung
der extraartikulären distalen Radiusfrakturen
Der Chirurg 64: 880-893 (1993)

124. Wolfe, S.W., Pike, L., Slade, J.F. 3rd., Katz, L.D.
Augmentation of distal radius fracture fixation with coralline hydroxylapatite
bone graft substitute
Journal of Hand Surg 24: 816-827 (1999)

125. Wright, R.R., Schmeling, GJ., Schwab, J.P.
The cessity of acute bone grafting in diaphyseal forearm fractures
A retrospective review
Orthop Trauma 11: 228-294 (1997)

126. Wüstner-Hoffmann, M., Hoffmann, A.K., Kinzl, L.
Behandlung der einfachen intraarticulären Radiusfrakturen
Der Chirurg 64: 889-893 (1993)

127. Zemel, N.P. — The prevention & treatment of complications from fractures of the distal radius & ulna
Hand Clinics 3: 1-11 (1987)

128. Zettel, R.P., Ruchholtz, S., Taeger, G., Obertacke, U., Nast-Kolb, D. — Postoperative Morbidität der operativ behandelten distalen Radiusfraktur
Der Unfallchirurg 104: 710-715 (2001)

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. F.-W. Schütter, Chefarzt der Chirurgischen Abteilung des St.-Elisabeth-Hospital Herten, für die freundliche Betreuung, die Hilfe bei der Verfassung dieser Arbeit, die lehrreiche Zusammenarbeit und seine ständige Diskussionsbereitschaft.

Herrn Dr. med. M. Göller, Unfallchirurgischer Oberarzt des St.-Elisabeth-Hospital Herten, danke ich für die Überlassung des Themas, sowie die konstruktive Hilfe bei der Durchführung meiner Arbeit.

Ich danke allen Mitarbeitern für die problemlose Zusammenarbeit, die an dem Gelingen meiner Dissertation mitbeteiligt waren.

Recht herzlichen Dank ebenfalls Herrn Univ.-Prof. Dr. med. J. Windolf für die prompte Erstellung des Korreferats.

Besonderen Dank schulde ich weiterhin meinem Bruder, Dipl.-Ing. Michael Sträter, für seinen ständigen seelischen und moralischen Beistand sowie seinen besonderen Motivationskünsten in schwierigen Zeiten.

Lebenslauf:

Persönliche Daten
Marco Sträter, geboren am 06. September 1974 in Recklinghausen
wohnhaft Magdalenenstr. 32 in 45663 Recklinghausen

Familienstand
Ledig

Staatsangehörigkeit
Bundesrepublik Deutschland

Religionszugehörigkeit
Römisch-katholisch

Schullaufbahn

1980-1984	Grundschule an der Marienstr., Recklinghausen
1984-1994	Theodor-Heuss-Gymnasium, Recklinghausen
1994	Hochschulreife
1994-1995	Zivildienst
1995-2002	Studium der Humanmedizin
1997	Ärztliche Vorprüfung
1998	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2001	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2002	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Berufstätigkeit

2003-2004	Arzt im Praktikum in der Chirurgischen Abteilung des St. Elisabeth Hospital, Herten
ab 2004	Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung der des St. Elisabeth Hospital, Herten

Die distale Radiusfraktur

Eine retrospektive Studie über die Behandlungsergebnisse distaler Radiusfrakturen unter Verwendung von autologer Spongiosa im Vergleich zum ß-Tricalciumphosphat/chronOs™ als vollsynthetisch hergestelltes Knochenersatzmaterial zur Bruchlückenauffüllung

Marco Sträter

Bei der distalen Radiusfraktur kann es je nach Unfallmechanismus und vor allem bei osteoporotisch vorbelasteten Knochen zu einer ausgeprägten Trümmerzone mit Einstauchung des distalen Fragmentes kommen. Aufgrund der daraus resultierenden Defektzone entsteht ein relativer Ulnavorschub. Die achsgerechte Reposition und der Längenausgleich sind die wichtigsten Kriterien für eine gute Gebrauchsfähigkeit des Handgelenkes nach abgeschlossener Bruchheilung.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem ß-Tricalciumphosphat/chonOs™ als mögliche Alternative zur autologen Spongiosa aus dem Beckenkamm zur Bruchlückenauffüllung bei distalen Radiusfrakturen.
Sowohl das vollsynthetisch hergestellte ß-Tricalciumphosphat/chonOs™ als auch die autologe Spongiosa zeigen in der Nachuntersuchung gute postoperative Ergebnisse.
Die Gruppe der Patienten, bei der autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm zur Defektauffüllung eingesetzt wurde, weist im Vergleich zur Gruppe der Patienten, die mit ß-Tricalciumphosphat/chonOs™ behandelt wurden, lediglich geringradig, jedoch nicht signifikant bessere Ergebnisse auf. Die Nachuntersuchungsergebnisse beziehen sich auf den Score von Gartland & Werley und den DASH-Score. Beide Scores berücksichtigen in der Zusammenschau objektiv messbare und subjektiv von den Patienten angegebene Kriterien.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das vollsynthetisch hergestellte ß-Tricalciumphosphat/chronOs™ als alternative Substanz vor allem bei osteoporotisch vorbelasteten Patienten mit zu erwartender schlechter Knochenmarkssubstanz im Beckenkamm genutzt werden kann. Es kommt bei der Defektauffüllung bei distalen Radiusfrakturen mit autologer Spongiosa zu keinem signifikant besseren Ergebnis.

Recklinghausen, den 18. Dezember 2006

Genehmigt durch

Prof. Dr. med. F.-W. Schütter