

Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik
Abteilung für Unfallchirurgie, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
der Universität Ulm

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Lothar Kinzl

**Problematik der in Fehlstellung ausgeheilten
distalen Radiusfraktur**

Dissertation

Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Jozo Katavic
Slavonski Brod 2003

Amtierender Dekan: Prof. Dr. R. Marre

1. Berichterstatter: PD Dr. M. Mentzel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. E. Jacobi

Tag der Promotion: 05.02.2004

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
1.1 Anatomische Grundlagen.....	7
1.2 Epidemiologie.....	10
1.3 Unfallmechanismus.....	10
1.4 Begleitverletzungen.....	12
1.5 Einteilung der Frakturen.....	13
1.5.1 Die Fraktureinteilung nach den Prinzipien der AO.....	14
1.5.2 Die Fraktureinteilung nach Frykman.....	21
1.5.3 Die Fraktureinteilung nach Fernandez.....	21
1.5.4 Die Fraktureinteilung nach Pechlaner.....	21
1.5.5 Die Fraktureinteilung nach Melone.....	22
1.6 Die Therapie der distalen Radiusfraktur.....	22
1.6.1 Konservative Behandlung distaler Radiusfrakturen.....	23
1.6.2 Operative Behandlung distaler Radiusfrakturen.....	24
1.7. Komplikationen.....	26
1.7.1 Sekundärdislokation.....	26
1.7.2 Sympathische Reflexdystrophie.....	27
1.7.3 Kompressionsneuropathie.....	27
1.7.4 Sehnenrupturen.....	28
1.7.5 Chronische Schmerzen.....	28
1.7.6 Weitere seltene Spätkomplikationen.....	28
1.7.7 Ausheilung in Fehlstellung.....	29
1.8 Fragestellung.....	30
2. Material und Methoden.....	30
2.1 Patientenkollektiv.....	31
2.2 Klassifikation der Frakturen.....	32

2.3 Behandlung.....	34
2.4 Nachuntersuchung	35
2.4.1 Funktion	35
2.4.2 Röntgen	37
2.4.3 Subjektive Beschwerden	39
2.5 Auswertungskriterien.....	40
2.5.1 Intra-/Extraartikuläre Radiusfraktur.....	40
2.5.2 Processus styloideus ulnae	40
2.5.3 Radiusverkürzung	41
2.5.4 Stellung der Radiusgelenkfläche.....	41
2.6 Statistische Methoden.....	41
3. Ergebnisse	42
3.1 Vergleich intraartikulärer mit extraartikulären distalen Radiusfrakturen.....	42
3.2 Vergleich ossär konsolidierter Abrissfrakturen mit Pseudarthrosen des Processus styloideus ulnae	45
3.3 Vergleich hinsichtlich der Radiusverkürzung	48
3.4 Vergleich hinsichtlich des Radiusgelenkwinkels im seitlichen Strahlengang.....	52
4. Diskussion.....	55
4.1 Schlussfolgerung	59
5. Zusammenfassung	60
6. Literaturverzeichnis.....	62
Danksagung	68

Abkürzungsverzeichnis

AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
CRPS	complex regional pain syndrome
DISI	dorsal intercaletic segment instability
PISI	palmar intercaletic segment instability
ROM	range of motion
SL	scapholunär
SLAC	scapholunate advanced collapse
TFCC	triangular fibrocartilage complex

1. Einleitung

Die distale Radiusfraktur wurde erstmalig von dem englischen Arzt Abraham Colles⁹ aufgrund seiner klinischen und pathologischen Beobachtungen beschrieben. Sie ist die am häufigsten vorkommende Fraktur, die Häufigkeit ihres Auftretens wird zwischen 10 und 25% aller Frakturen angegeben. Frauen sind bis zu drei Mal häufiger betroffen als Männer. Das Auftreten einer distalen Radiusfraktur ist im höheren Alter gehäuft, auch ist eine jahreszeitliche Abhängigkeit beschrieben⁴⁰. Während als Ursache Sturz und verminderte Knochendichte besonders im Alter eine wichtige Rolle spielen, tritt diese zunehmend auch bei jüngeren Patienten infolge von Verletzungen im Straßenverkehr wie auch im Sport auf.

Weiterhin ist die Behauptung von Colles weit verbreitet, dass auch grobe Fehlstellungen nach einer derartigen Fraktur nur eine geringe Funktionseinschränkung verursachen und mit wenig Beschwerden verbunden sind⁹.

In großen Studien werden die Komplikationsraten distaler Radiusfrakturen bei Erwachsenen mit bis zu 30% angegeben^{8, 42}.

Während eine Beschädigung von Nerven und Sehnen sowie die sympathische Reflexdystrophie eher selten sind, geht der Hauptteil der Komplikationen zu Lasten der Konsolidierung in Fehlstellung und den daraus resultierenden Problemen.

Eine Funktionsbehinderung der Hand wird in Anbetracht der Ängste verbunden mit einem operativen Eingriff und einem geringeren Anspruch auf Funktionsumfang bei geringerer Belastung von älteren Patienten eher akzeptiert, ohne zufrieden mit dem erzielten Ergebnis zu sein. Eine

vollständige Wiederherstellung wird von jüngeren Menschen gefordert, die auf eine uneingeschränkte Funktion und Schmerzfreiheit auch im Hinblick eines langen Arbeitslebens angewiesen sind. Ein funktionelles Defizit nach distaler Radiusfraktur ist nicht nur für den Patienten selbst eine Belastung, sondern führt auch zu einem wirtschaftlichem Schaden zu Lasten der Gesellschaft.

Diese Tatsachen sind, insbesondere angesichts der Häufigkeit dieser Verletzungen so alarmierend, dass klare Kriterien etabliert werden müssen, nach denen die Prognose einer Fehlstellung beurteilt werden kann. Immer wieder Gegenstand von Untersuchungen in diesem Zusammenhang ist der Stellenwert die Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae als einem Instabilitätskriterium^{20, 38, 45, 55, 57, 60, 62}.

1.1 Anatomische Grundlagen

Das Radiocarpalgelenk, das Mediocarpalgelenk und das distale Radioulnargelenk formieren das Handgelenk.

Das Radiocarpalgelenk ist ein ellipsoid geformtes Gelenk. Die Gelenkfläche bilden das distale Radiusende sowie das Scaphoid, Lunatum und Triquetrum. Durch das Gelenk werden Extensions- und Flexionsbewegungen sowie die Adduktion und die Abduktion ermöglicht. Das Gelenk ist von einer schlaffen Kapsel umschlossen, die durch ligamentäre Strukturen verstärkt wird. Die dorsalen radiocarpalen und ulnocarpalen Ligamente verstärken die Kapsel streckseitig, ventral werden sie durch die entsprechenden palmaren Bänder unterstützt. Weitere vom Radius ausgehende Bänder inserieren am Scaphoid,

Capitatum und Triquetrum. Zwischen den einzelnen Handwurzelknochen spannen sich ebenfalls Bänder palmar und dorsal aus, die zu einer Stabilisierung des Gefüges beitragen.

Die Radiusgelenkfläche ist in der Regel um 10-15° nach palmar und 20-25° nach ulnar geneigt.

Das Scaphoid, Lunatum und Triquetrum liegen zwischen dem Radiocarpalgelenk und dem Mediocarpalgelenk und werden nur ligamentär fixiert. Als Dreierkomplex folgen sie passiv den Hand- und Unterarmbewegungen. Bei Verletzung der ligamentären Strukturen wird dieser Komplex instabil, im Rahmen von Bewegungen im Handgelenk und Unterarm kommt es zu einer fortschreitenden Deformierung und schließlich Arthrose. Die häufigste Instabilität des Carpus resultiert aus einer Verletzung der scapholunären Bandverbindung. Unbehandelt münden sie in einem carpalen Kollaps (SLAC wrist, scapholunate advanced collaps).

Das mediocarpale Gelenk wird aus der proximalen und distalen Handwurzelreihe gebildet. Die Gelenkform ist S-förmig und ist für Extensions- und Flexionsbewegungen zuständig, wobei die Flexionsbewegung im Wesentlichen durch dieses Gelenk durchgeführt wird unter der Mithilfe des Radiocarpalgelenks. Die Extensionsbewegung wird hauptsächlich durch das Radiocarpalgelenk vermittelt, das Mediocarpalgelenk wirkt hierbei unterstützend. Ähnlich verhält es sich mit der Abduktion und Adduktion: Während der größte Anteil der Adduktion im Radiocarpalgelenk durchgeführt wird, findet sich Abduktion vor allem im Mediocarpalgelenk statt. Auch die Zirkumduktion wird durch Verschiebung der Gelenkreihen unterstützt.

Im distalen Radioulnargelenk erfolgen Umwendbewegungen durch Rotation des Radius um die Ulna. Die Rotationsbewegung wird durch Drehung der Ulna proximal um das Radiusköpfchen ermöglicht. Die Membrana interossea liegt als stützendes Bindeelement, sie verhindert eine Parallelverschiebung und dient der Kraftübertragung.

Das distale Radioulnargelenk ist mechanisch an das proximale Radioulnargelenk gebunden, während eine funktionelle Bindung an das Handgelenk besteht. Durch den Discus ulnocarpalis (syn. Discus interarticularis, Fibrocartilago triangularis) wird dieses vom Radiocarpalgelenk abgetrennt. Der Discus ulnocarpalis zählt zum ulnocarpalen Komplex (Triangular Fibrocartilage Complex, TFCC), der durch Radius und Processus styloideus ulnae begrenzt wird und sich zum Os metacarpale V, Os triquetrum und Os hamatum ausdehnt. Der ulnocarpale Komplex besteht aus dem Discus ulnocarpalis, den Ligg. radioulnare palmare et dorsale, dem Ligamentum collaterale ulnare sowie der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi ulnaris.

Degenerative Veränderungen im ulnocarpalen Komplex, die Bandinstabilitäten oder Rupturen zur Folge haben können, kommen bei distalen Radiusfrakturen gehäuft vor:

20% der axialen Kraftübertragung am Unterarm werden über die Ulna an den Carpus übertragen, bei relativer Verkürzung der Ulna gegenüber dem Radius um 2,5 Millimeter kommt es zu einer Verminderung der Kraftübertragung auf 4%. Die relative Verlängerung der Ulna zum Radius von 2,5 Millimeter führt zu einer Zunahme der Kraftübertragung auf 42%⁵¹. Diese chronische Drucküberlastung kann zur Degeneration im ulnocarpalen Komplex mit zentralen Rupturen und Desinsertionen führen. Bei weiterer Progredienz kann es zu chondromalazischen Schäden am Lunatum, Triquetrum und Ulnaköpfchen kommen, welche

zu Instabilitäten der ulnocarpalen Bänder sowie Instabilität zwischen Lunatum und Triquetrum und zu ulnocarpaler Arthrose führen⁷⁸.

In einer arthroskopischen Studie bei frischen distalen extraartikulären Radiusfrakturen konnte bei 41% der Patienten eine relevante Bandläsion gefunden werden, bei intraartikulären Frakturen sogar bei 89%¹⁷.

1.2 Epidemiologie

Die distale Radiusfraktur stellt einen Anteil von 10-15% aller Frakturen dar, sie ist somit die häufigste Fraktur des Menschen³⁰. Die Geschlechterverteilung im jüngeren Alter differiert teilweise stark. Einigkeit besteht bei der Zunahme der Inzidenz bei Frauen in höherem Alter mit Auftreten der Osteoporose im Postklimakterium^{40, 59}.

1.3 Unfallmechanismus

Am häufigsten liegt der distalen Radiusfraktur ein Trauma mit indirekten Biegekräften zu Grunde. Typisch ist eine Extensionsfraktur (Abb. 1) durch Sturz auf die ausgestreckte dorsalflektierte Hand. Dorsal gerichtete Kräfte führen zu einer extraartikulären Abspaltung eines Fragments nach dorsal und radial (Colles-Fraktur).

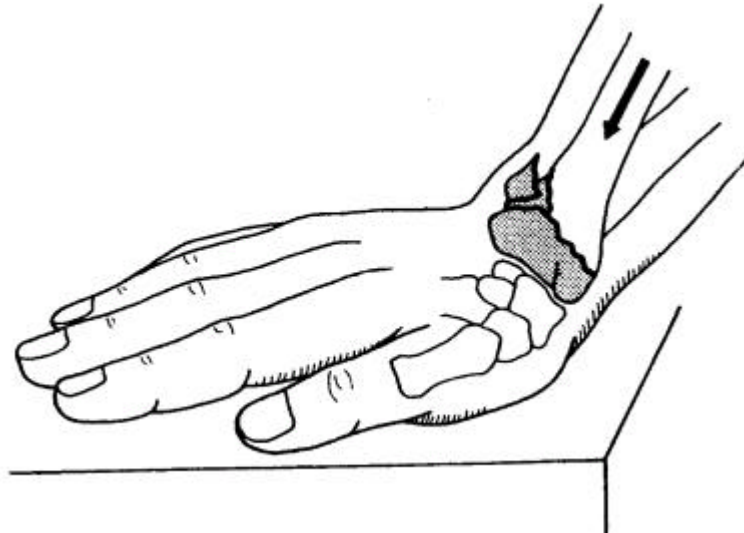


Abb. 1: Extensionsfraktur des distalen Radius. Aus Durst, Rohen¹²

Seltener ist der Sturz auf die flektierte Hand (Abb. 2) durch palmarwärts gerichtete Kräfte (Smith-Fraktur).

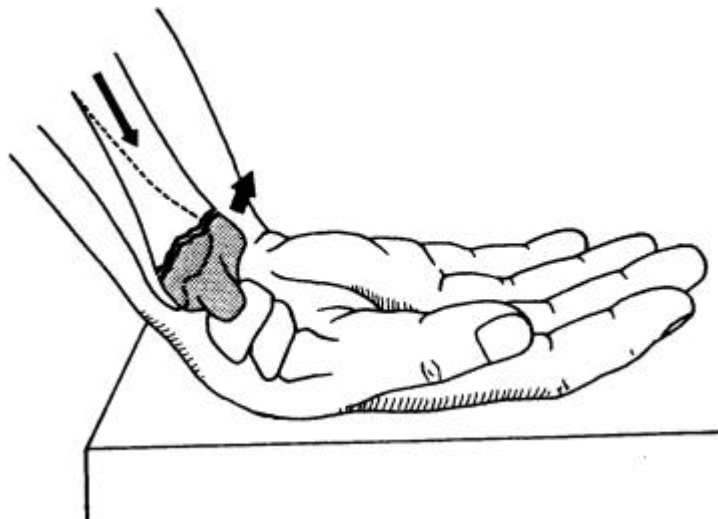


Abb. 2: Flexionsfraktur des distalen Radius. Aus Durst, Rohen¹²

Hierbei kommt es zu einer Abspaltung des Fragments nach palmar.

Bei Hochenergieverletzungen, die vor allem bei jüngeren Menschen auftreten, kommt es zur Trümmerfraktur der Radiusepiphyse. Gelenkfragmente sind nicht selten in der Metaphyse impaktiert. Ein ähnliches Bild präsentiert sich zunehmend auch bei älteren Menschen, bei denen Verletzungen im Zusammenspiel mit einer begleitenden Osteoporose zu Trümmerbrüchen führen können. Die Frakturform ist jedoch auch vom Ausmaß der Ulnar- oder Radialflexion wie auch einer eventuellen Pronation oder Supination abhängig. Die Struktur der beteiligten Knochen und Bänder wie auch die Dynamik der Gewalteinwirkung spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

1.4 Begleitverletzungen

Bei Frakturen des distalen Radius ist ein Ausschluss von Begleitverletzungen notwendig. Die häufigste ossäre Begleitverletzung ist der Abriss des Ellengriffels¹³, die bei annähernd 50% der Fälle auftritt. Bei Konsolidierung des Radiocarpalgelenks in Fehlstellung kommt es aufgrund der Verbindung des Ellengriffels mit dem ulnocarpalen Komplex zu einer Gefügestörung, die meist eine Ausheilung der Ulnarstyloidfraktur in Form einer Pseudoarthrose bewirkt. Der Stellenwert einer solchen Pseudoarthrose als zusätzliches Instabilitätskriterium ist umstritten: Einige Autoren räumen dieser keinen erheblichen Stellenwert ein^{7, 38}. Nach Hagert kommt es nach korrekter Reposition zu einer Ausheilung oder straffen Pseudarthrose. Eine operative Korrektur der Pseudarthrose des Ulnarstyloids ist bei Instabilität oder bewegungsabhängigen Schmerzen notwendig, diese Fälle sind jedoch selten²⁵.

Andere Autoren sehen bei Ausheilung des Processus styloideus ulnae in einer Pseudarthrose generell eine zusätzliche Instabilität aufgrund der Insuffizienz des Bandapparates^{20, 38, 45, 55, 57, 60, 62} und empfehlen die Operation.

Begleitende Bandverletzungen sind häufig: Fischer konnte in einer arthroskopischen Studie über 54 Fällen bei 41% der Patienten mit extraartikulärer Fraktur eine relevante Bandläsion nachweisen, bei intraartikulären Frakturen betrug der Anteil 89%. Eine isolierte ulnare Bandläsion konnte in 10% der Fälle nachgewiesen werden¹⁷.

Läsionen des Triangulären Fibrokartilaginären Komplexes können zur Instabilität im ulnocarpalen und im distalen radioulnaren Gelenk führen. Arthroskopische Studien zeigten eine Mitbeteiligung in bis zu 50% der Fälle^{23, 24}.

Bei rechtzeitiger Diagnose einer scapholunären Bandläsion kann ein schwerer degenerativer Folgeschaden abgewendet werden.

Weitere typische Begleitverletzungen sind Frakturen des Scaphoids, Bandverletzungen am distalen Radioulnargelenk sowie die perilunäre Luxation.

Hierauf ist trotz geringer Inzidenz wie auch bei den häufigeren Verletzungen des Nervus medianus durch Frakturfragmente, die diesen komprimieren können, besonders zu achten.

1.5 Einteilung der Frakturen

Der Begriff einer Colles-Fraktur wird noch oft gebraucht, er beschreibt jedoch nur eine extraartikuläre Extensionsfraktur und ist somit zur Beschreibung der unterschiedlichen Radiusfrakturen ungeeignet. Im Hinblick auf unterschiedliche Therapieformen wurden verschiedene

Schemata zur Unterteilung der distalen Radiusfrakturen entwickelt, die sich jeweils an unterschiedlichen Gesichtspunkten orientieren^{20, 29, 47, 52,}

66

Für keine der Einteilungen wird Anspruch erhoben, als alleinige Grundlage für das vorgeschlagene Procedere zu dienen, vielmehr ist eine Beurteilung des Einzelfalles notwendig. Die unterschiedlichen Klassifikationen dienen als Leitschiene zur Abschätzung des Aufwandes der Versorgung und der Prognose.

1.5.1 Die Fraktureinteilung nach den Prinzipien der AO

Eine zunehmende Verbreitung findet die Einteilung nach den Prinzipien der AO, die auf M.E. Müller zurückgeht, mit dem Ziel, alle Knochenbrüche nach einem einheitlichen Schema zu klassifizieren⁴⁷. Basierend auf die Einteilung von Malleolarfrakturen durch B.G. Weber werden Frakturen in A-, B- oder C-Brüche unterteilt, wobei sich die Prognose in der zuvor genannten Reihenfolge verschlechtert und der Aufwand zur Wiederherstellung zunimmt⁶.

Für Frakturen des Unterarms wurde die Hauptsegmentzahl 2 gewählt. Die langen Röhrenknochen werden in drei Drittel unterteilt, wobei der proximale Abschnitt die 1 zugeordnet bekommt, das mittlere Drittel wird durch die 2 und das distale durch die 3 näher bezeichnet. Daraus ergibt sich für Frakturen des distalen Unterarms die Segmentzahl 23.

Der Gruppe A werden Unterarmfrakturen zugeordnet, wenn diese extraartikulär liegen.

In der Gruppe B werden einfache intraartikuläre Radiusbrüche, bei denen die Kontinuität zwischen Epiphyse und Metaphyse teilweise erhalten ist, zusammengefasst.

Die Gruppe C beinhaltet intraartikuläre mehrfragmentäre Frakturen.

Die Gruppe A1 beinhaltet distale Ulnafrakturen, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Zur Gruppe A2 (Abb. 3) gehören extraartikuläre Metaphysenfrakturen des Radius ohne Einstauchung oder Trümmerzone, die Gruppe A3 (Abb. 4) schließt Einstauchungen oder Trümmerzonen bei extraartikulären Metaphysenfrakturen des Radius ein.



Abb. 3: Einteilung der AO, Gruppe A2

Die Zusatzzahl unterteilt die Frakturen der Gruppe A2 hinsichtlich ihrer Fragmentdislokation. Die Subgruppe A2.1 beschreibt Frakturen ohne

Dislokation, A2.2 mit Fragmentdislokation nach dorsal und A2.3 mit Fragmentdislokation nach palmar.

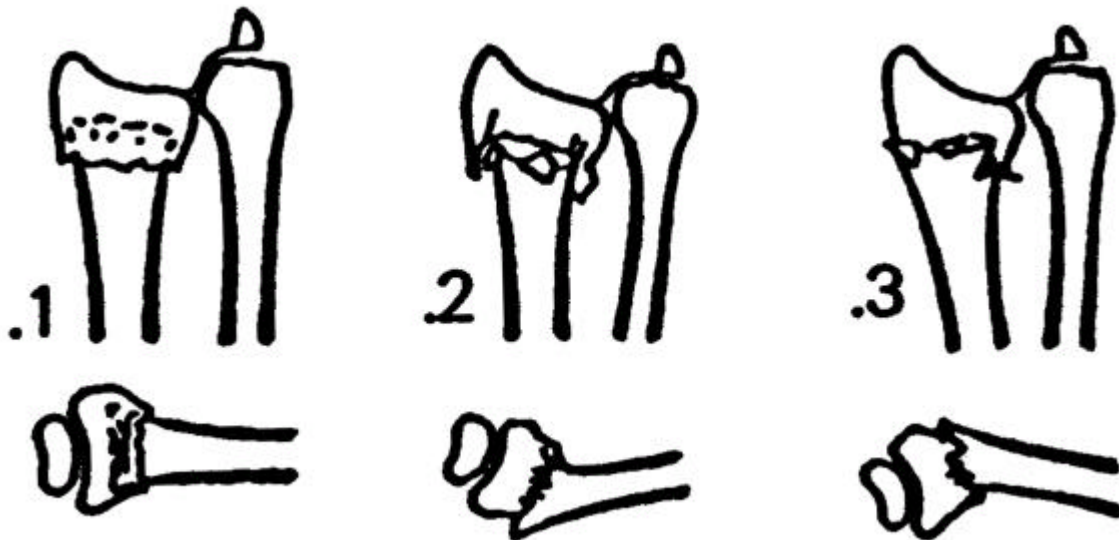


Abb. 4: Einteilung der AO, Gruppe A3

Die Gruppe A3.1 beschreibt eine Stauchung in der radialen Achse, A3.2 eine dorsale und A3.3 eine palmare Dislokation des Fragments.

Der Gruppe B1 (Abb. 5) werden Frakturen des Radiusstyloids zugeteilt, der Gruppe B2 Frakturen (Abb. 6) der dorsalen Speichengelenkkante (Bartonsche Fraktur) und der Gruppe B3 Frakturen (Abb. 7) mit palmarer Kante (Smith II oder reversed Barton).

Die Subgruppenunterteilung erfolgt aufgrund der Morphologie des Fragments bzw. der Fragmente (1-klein, 2-groß, 3-mehrfragmentär).

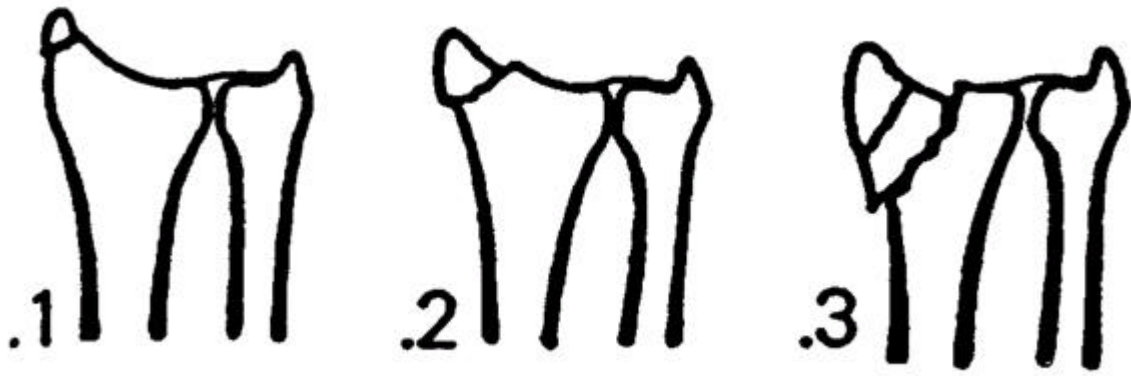


Abb. 5: Einteilung der AO, Gruppe B1

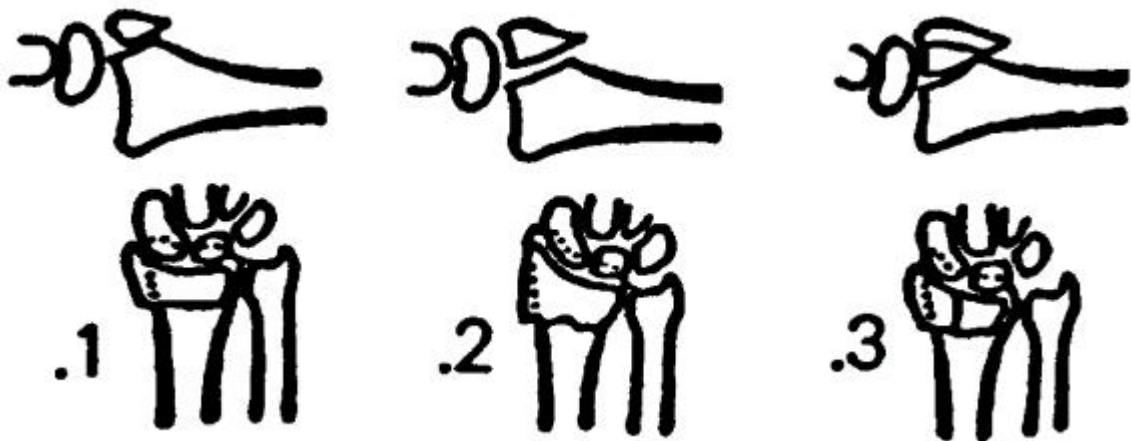


Abb. 6: Einteilung der AO, Gruppe B2



Abb. 7: Einteilung der AO, Gruppe B3

In der Gruppe C1 (Abb. 8) werden intraartikuläre mehrfragmentäre Frakturen mit erhaltener Gelenkkongruenz zusammengefasst. Eine weitere Unterteilung erfolgt nach Richtung der Dislokation.

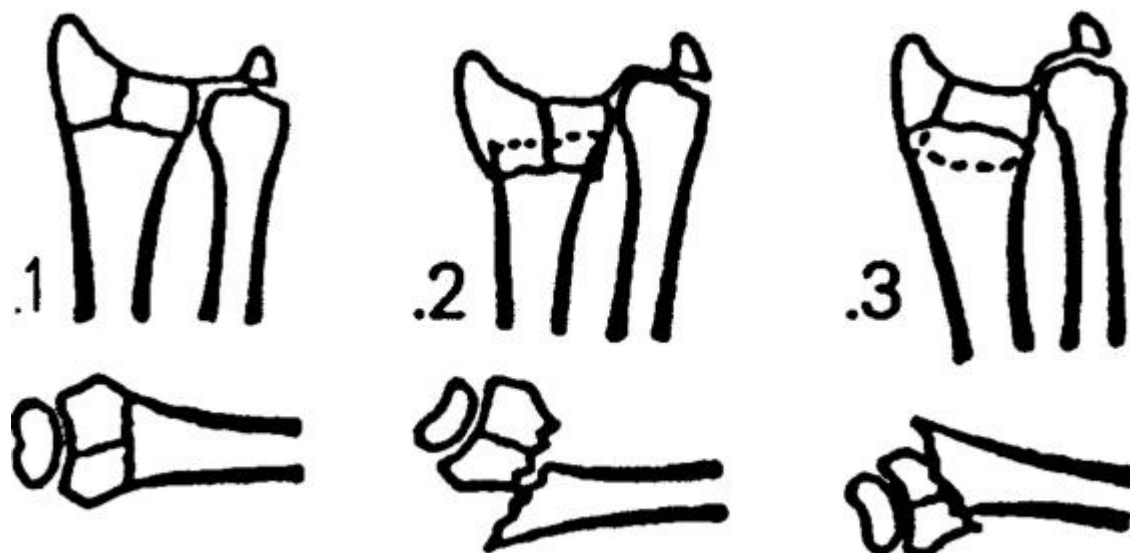


Abb. 8: Einteilung der AO, Gruppe C1

Zur Gruppe C1.1 gehören intraartikuläre Mehrfragmentfrakturen mit erhaltener Gelenkkongruenz und Dislokation in der Längsachse, zur

Gruppe C1.2 mit Dislokation nach dorsal und zur Gruppe C1.3 nach palmar.

Solche Frakturen ohne erhaltene Gelenkkongruenz werden der Gruppe C2 (Abb. 9) zugeordnet. Ebenfalls werden diese in Subgruppen je nach Richtung der Dislokation wie in der Gruppe C1 unterteilt.

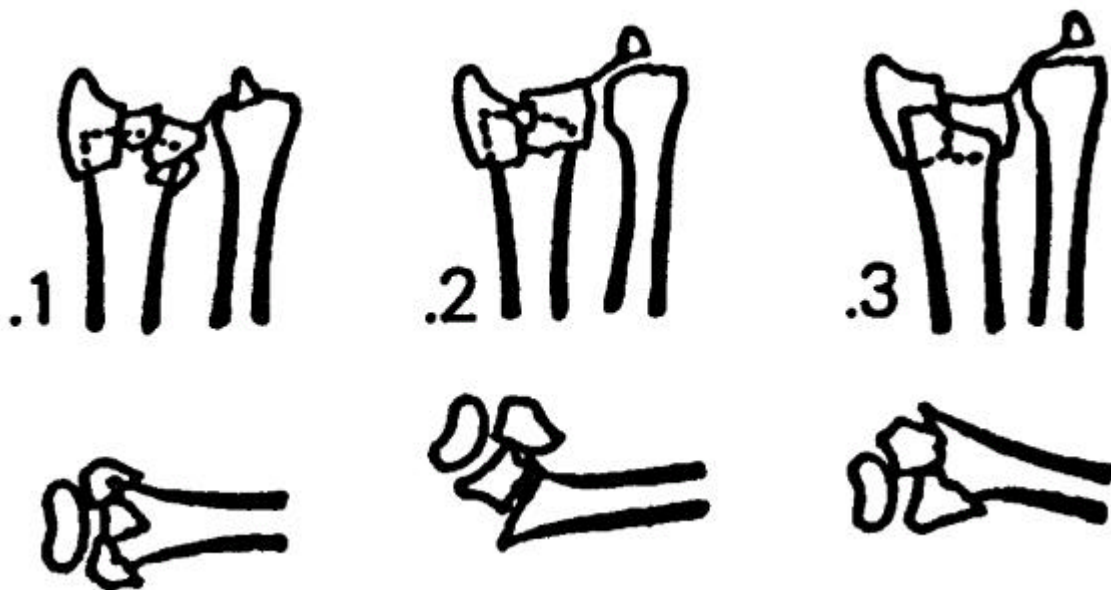


Abb. 9: Einteilung der AO, Gruppe C2

Intraartikuläre Frakturen des distalen Unterarms mit mehrfragmentärer Fraktur der Metaphyse werden der Gruppe C3 (Abb. 10) zugeordnet. Je nach Lokalisation der metaphysären Trümmerfraktur (Radius, Ulna, Radius und Ulna) erfolgt die weitere Einteilung in Untergruppen.

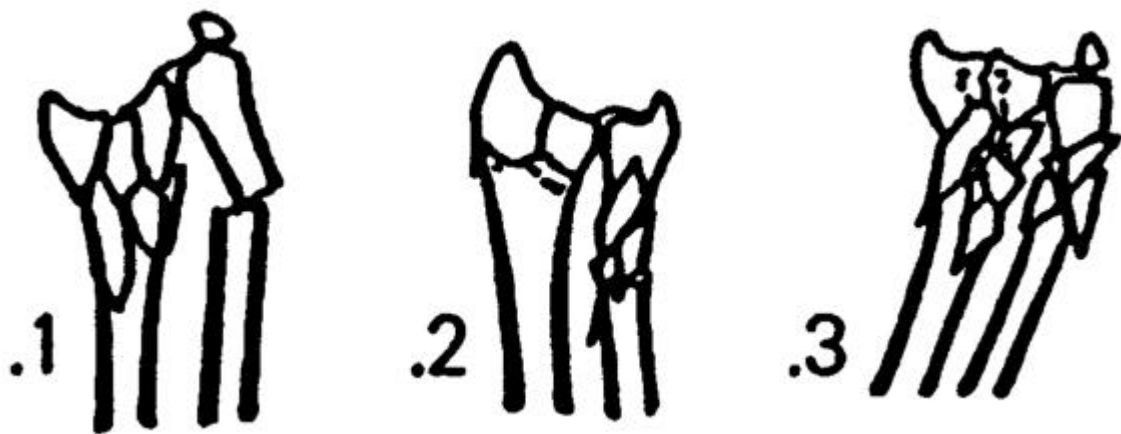


Abb. 10: Einteilung der AO, Gruppe C3

Zur Gruppe C3.1 werden Mehrfragmentfrakturen des Radius mit einfacher Fraktur der Ulna zugeordnet. Zu der Gruppe C3.2 gehören Mehrfragmentfrakturen der Ulna mit einfacher Fraktur des Radius, während die Gruppe C3.3 Mehrfragmentfrakturen sowohl des Radius als auch der Ulna beschreibt.

Eine Zuordnung der Frakturtypen ist anhand von Röntgenaufnahmen im postero-anterioren und seitlichen Strahlengang möglich. Jedoch berücksichtigt die Einteilung die Beschaffenheit des Ulnastyloids in den meisten Gruppen nicht. Ligamentäre Begleitverletzungen finden hier ebenfalls keine Berücksichtigung.

Die AO-Klassifikation erlaubt Rückschlüsse auf die Therapieplanung: Während meist ein konservatives Vorgehen bei distalen Radiusfrakturen der Gruppen A2 und A3 gewählt wird, werden Frakturen der Gruppe B hauptsächlich mit einer Plattenosteosynthese versorgt. Bei Frakturen der Gruppe C wird nicht selten ein Fixateur externe als therapeutische Option gewählt.

1.5.2 Die Fraktуреinteilung nach Frykman

Die Aufteilung der distalen Radiusfrakturen nach Frykman²⁰ erfolgt aufgrund des Einschlusses oder Ausschlusses einer Mitbeteiligung der radiocarpalen und distalen radioulnaren Gelenkflächen an der Fraktur sowie aufgrund des Zustands des distalen Ellengriffels.

Es werden insgesamt acht Gruppen unterschieden:

Im Gegensatz zur AO-Klassifikation geht die Einteilung nach Frykman, zu der lediglich Röntgenaufnahmen im postero-anterioren Strahlengang notwendig sind, nicht näher auf die Richtung der Fragmentdislokation (palmar oder distal) ein.

1.5.3 Die Fraktуреinteilung nach Fernandez

Die Klassifikation unterscheidet fünf Typen unter Berücksichtigung von Pathophysiologie und Morphologie der distalen Radiusfraktur¹⁶. In Abhängigkeit der Richtung der einwirkenden Kraft beschreibt Fernandez distale Radiusfrakturen in ihrer Morphologie und Richtung der Fragmentdislokation und gibt Hinweise auf begleitende Bandverletzungen.

1.5.4 Die Fraktуреinteilung nach Pechlaner

Die Einteilung der distalen Radiusfrakturen nach Pechlaner⁵² erfolgt nach der Richtung der Fragmentdislokation sowie der Beteiligung und Stabilität des Radiocarpalgelenks aufgrund konventioneller Röntgenaufnahmen. Hier werden drei Grundtypen hinsichtlich der Richtung der Fragmentdislokation unterschieden, eine weitere Unterteilung kann durch ergänzende Befunde bezüglich Gelenkbeteiligung, Instabilität oder Begleitverletzungen erweitert werden, diese erfordern jedoch ergänzende klinische und radiologische Untersuchungen.

1.5.5 Die Fraktуреinteilung nach Melone

Die Klassifikation unterscheidet fünf Typen unter Berücksichtigung von Dislokationsgrad und Morphologie der distalen Radiusfraktur⁴⁴. Nach Melone entstehen bei einer distalen intraartikulären Radiusfraktur vier Fragmente: Radiuschaft, Radiusstyloid und zwei ulnare Frakturfragmente mit kräftigen ligamentären Verbindungen zum Carpus und Processus styloideus ulnae.

1.6 Die Therapie der distalen Radiusfraktur

Verschiedene Einteilungen der distalen Radiusfraktur wurden auch im Hinblick auf eine Vereinfachung des therapeutischen Vorgehens geschaffen ohne den Anspruch zu erheben, eine einzige therapeutische Option zu bestimmen.

Ziel der Behandlung ist die Wiederherstellung der Funktion und Schmerzfreiheit des Patienten. Eine Wiederherstellung der Funktion wird

durch die Restitution der anatomischen Verhältnisse gewährleistet^{7, 21, 32, 36, 68, 69}.

1.6.1 Konservative Behandlung distaler Radius-frakturen

Ein großer Anteil distaler Radiusfrakturen wird konservativ behandelt. In Anbetracht einer Vielzahl ungünstiger Ausheilungsergebnisse wird die therapeutische Strategie laufend überprüft. Die stabile extraartikuläre Fraktur des Radius stellt im Allgemeinen eine Indikation zur konservativen Therapie dar. Poigenfürst vernachlässigt dabei die Lage und Richtung des Frakturspalts solange keine zusätzlichen Bandstrukturen mitbetroffen sind. Eine Dislokation bei dieser Konstellation wird als wenig wahrscheinlich betrachtet, da ein intakter ligamentärer Apparat klinisch relevante Dislokationen verhindert. Eine weitere Indikationen zur konservativen Therapie stellen die nicht oder nur gering dislozierte intraartikuläre Radiusfraktur dar. Vereinzelt liegen auch lokale oder allgemeine Kontraindikationen für einen operativen Eingriff vor.

Eine Korrektur der Fehlstellung durch manuelle Reposition und Versorgung mittels Unterarmgips ist ausreichend. Eine Ausnahme hiervon ist die Mitbeteiligung des distalen Radioulnargelenks, die eine Oberarmgipsversorgung erfordert.

Wesentlich bei der Stellung der Indikation zur konservativen Therapie ist, begleitende ligamentäre Bandverletzungen auszuschließen, die eine Instabilität bewirken können. Zu beachten ist auch die Möglichkeit sekundärer Dislokationen primär scheinbar stabiler Frakturen durch Verkennen begleitender Bandverletzungen.

Das Prinzip der Reposition beruht auf Druck und Zug mit dem Ziel, dislozierte Fragmente in ihre Ausgangsposition zurückzubringen. Regelmäßige Kontrollen sind erforderlich, auf eine auch durch Reposition und Retention entstandene Störung der Sensibilität durch Kompression des Nervus medianus sowie der Durchblutung und Motorik ist zu achten. Nicht verletzte Gelenke der betroffenen Extremität sollten gleichentags wieder beübt werden.

1.6.2 Operative Behandlung distaler Radiusfrakturen

Eine Operationsindikation ist für diejenigen distalen Frakturen des Radius zu stellen, die nicht in die zuvor erwähnte Kategorie der konservativ zu behandelnden Brüche gehören. Im Prinzip gehören hierzu alle geschlossenen Frakturen, die nicht reponierbar sind oder deren Repositionsergebnis nicht fixierbar ist. Geschlossene Trümmerfrakturen, intraartikuläre Frakturen mit Stufenbildung sowie größere dorsale Keilfragmente werden wie sämtliche palmar abgekippte Frakturen (Smith-Frakturen) ebenfalls in der Regel operativ behandelt. Begleitende Bandläsionen, die zu einer Instabilität führen, sind wie primär offene Frakturen wie solche mit einhergehenden Durchblutungsstörungen, Affektion des Nervus medianus sowie Sehnenverletzungen zu operieren.

Zur operativen Versorgung stehen verschiedene Methoden zur Auswahl:

Eine Stiff fixation mit Kirschnerdrähten oder Körbchendrähten wird als sog. „geschlossener“ oder „gedeckter“ Eingriff zur Retention stärker dislozierter Fragmente und bei Redislokationen eingesetzt.

Die Fixation mit Kirschnerdrähten wurde 1952 von De Palma beschrieben und stellt eine einfache Methode zur Fixation von Bruchfragmenten dar, die mit einer geringen Gewebeverletzung einhergeht. Dabei sollten die Fragmente keine Dekalzifizierung aufweisen, um eine ausreichende Stabilität gewährleisten zu können.

Die Fixation mit Körbchendrahten entwickelte Kapandji 1976. Nach Reposition des Bruchfragments werden die in der proximalen Epiphyse so verankert, dass sie ein Körbchen um das Bruchfragment bilden, welches eine erneute Dislokation verhindert. Eine Gipsfixation wird nur für kurze Zeit benötigt³¹.

Eine Kombination beider Verfahren kann ebenfalls mit gutem Erfolg durchgeführt werden⁵⁰.

Andere Autoren empfehlen nach Durchsicht ihres Patientenkollektivs, nahezu alle distalen Radiusfrakturen mittels Plattenosteosynthese und Defektauffüllung mittels eigener Spongiosa oder Palacos zu versorgen, um eine Sinterung zu vermeiden⁴³, die durch eine begleitende Osteoporose gefördert wird.

Die Plattenosteosynthese als „offenes“ Verfahren dient zur Versorgung von Frakturen, die gemäß der AO-Klassifikation zu den Gruppen A3, B2, B3, C1 und C2 gehören⁷⁵. Andere Autoren sehen eine Plattenosteosynthese nur für die Frakturen der Gruppen B2 und B3 vor. Für Frakturen der Gruppen C1 und C2 empfehlen sie die Versorgung mittels Fixateur externe und Stiftdrähten⁴⁸.

Eine Sonderform stellt die Zugschraubenosteosynthese dar, die zur Versorgung von Frakturen des Ellen- und Speichengriffels geeignet ist.

Die Indikation zum „halboffenen“ Verfahren mittels Fixateur externe ergibt sich aus dem Ausschluss der vorgängig erwähnten Frakturtypen, sie wird hauptsächlich bei Frakturen der Gruppe A3, C2 und C3 gestellt⁵. Zunächst wurde sie nur bei schwersten Trümmerbrüchen eingesetzt, um aktuell zunehmend eine Routinemethode darzustellen. Eine Kombination mit Kirschnerdrähten oder Zugschrauben ist ebenfalls durchführbar. Der Patient kann in der Regel für leichte Tätigkeiten den Arm sofort gebrauchen und die anschließende Rehabilitation stellt sich problemlos dar.

1.7. Komplikationen

Neben Begleitverletzungen nehmen auch Komplikationen Einfluss auf die Qualität der Ausheilung einer distalen Radiusfraktur:

1.7.1 Sekundärdisllokation

Sekundärdisllokationen gehören zu den häufigsten Komplikationen^{8,21}. Sie treten häufig sehr früh auf, gerade bei ungenügender Retention werden sie oft beobachtet. So zwingen sie z.B. bei konservativer Anbehandlung von Brüchen mit Trümmerzonen zum Verfahrenswechsel. Ein erheblicher Anteil initial konservativ behandelte distale Radiusfrakturen ist von einem Verfahrenswechsel betroffen⁶¹. In der Regel können sie frühzeitig im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen erfasst werden. Klinische Hinweise hierfür können neu aufgetretene Einschränkung der Funktion, Schmerzen und Schwellung sein, in der

obligaten Röntgenkontrolle ist diese zu diagnostizieren und erfordert eine operative Korrektur. Häufig genügt eine manuelle Reposition und Spickdrahtosteosynthese, größere Manipulationen sollten jedoch wegen der Gefahr der sympathischen Reflexdystrophie vermeiden werden.

1.7.2 Sympathische Reflexdystrophie

Die sympathische Reflexdystrophie (Komplexes regionales Schmerzsyndrom (CRPS), Algodystrophie, M. Sudeck) wurde erstmalig vom Chirurgen Paul H. Sudeck um 1900 beschrieben. Er bezeichnete die Erkrankung als entgleiste Entzündung.

Über die Ätiologie ist wenig bekannt: Man vermutet eine Störung efferenter Sympathikusfasern als Folge einer Dysfunktion afferenter Anteile, die zu einer Dysregulation der Durchblutung und einer Störung der Hauttrophik führen, jedoch besteht diesbezüglich weiterhin keine Einigkeit^{71,72}. Angaben über die Inzidenz variieren deutlich².

1.7.3 Kompressionsneuropathie

Kompressionsneuropathien zählen zu den öfter auftretenden Komplikationen nach distaler Radiusfraktur⁶⁴. Cooney konnte in 31% der insgesamt 565 Frakturen eine Neuropathie nachweisen⁸. Es können sowohl der N. medianus als auch der N. ulnaris betroffen sein. Im Zusammenhang mit einem Trauma führen Hämatom, Begleitödem oder Einengung durch ein Frakturfragment zu einer Kompression des Nerven. Am häufigsten ist der N. medianus im Rahmen einer Spätkomplikation betroffen⁴². Frühkomplikationen können nicht selten durch Umgipsen oder Nachreposition behoben werden. Bei operativer Versorgung mittels

palmarer Platte wird deshalb zu einer gleichzeitigen Dekompression des Nervus medianus geraten¹¹.

1.7.4 Sehnenrupturen

Gerade bei nicht oder wenig dislozierten Frakturen kann es durch ein frakturbegleitendes Hämatom in der Scheide des 3. Strecksehnenfaches zu einer Nekrose der Sehne des Musculus extensor pollicis longus kommen. Auch wird ein Kompartmentsyndrom als Ursache diskutiert. Knochenfragmente führen durch mechanische Alteration zu einer chronischen Destruktion der Sehne und können auch als Spätkomplikation auftreten. Implantate wie Osteosyntheseplatten, Schrauben oder Drähte können ebenfalls eine Schädigung der Sehnen bewirken.

1.7.5 Chronische Schmerzen

Chronifizierte Schmerzen werden häufig als Grund für eine Unzufriedenheit mit dem Endergebnis genannt. Häufig verursachend sind Neuropathien durch Kompression des Nervus medianus und die sympathische Reflexdystrophie. Ein Zusammenhang konnte ebenfalls mit in Fehlstellung verheilten Frakturen hergestellt werden, jedoch resultiert ein nennenswerter Anteil ohne bislang fassbares anatomisch-pathologisches Korrelat⁴².

1.7.6 Weitere seltene Spätkomplikationen

Verletzungen der Arterien⁷⁵ wie auch Tendovaginitiden und Periarthritiden gehören zu den seltenen Ereignissen nach distaler Radiusfraktur⁴².

1.7.7 Ausheilung in Fehlstellung

Die Ausheilung einer distalen Radiusfraktur in Fehlstellung wird in ihrer Inzidenz unterschiedlich bewertet^{8, 18, 46}, ein Auftreten in bis zu 20% der Fälle ist beschrieben. Eine unzureichende Rekonstruktion der Gelenkfläche durch Belassen einer Stufe oder Lücke im Radiocarpalgelenk ist mit einer Arthrose als Langzeitkomplikation vergesellschaftet. Es konnte eine Arthroseinzidenz bis zu 92 % bei Stufen über 2 mm nachgewiesen werden^{7, 58}. Der Zusammenhang zwischen anatomischer Rekonstruktion und resultierender Funktion ist mehrfach dargestellt worden^{3, 7, 8, 1628, 67}. Durch eine dorsale Abkippung und Sinterung der Fraktur kann es zu einer Radiusverkürzung kommen, die eine deutliche Verschlechterung des funktionellen Ergebnisses mit sich führt^{1, 67}. Jenkins²⁸ dokumentierte eine durchschnittliche Verkürzung des Radius um 3.26 Millimeter bei retinierten distalen Radiusfrakturen. Aro¹ wies eine Verschlechterung des Endresultats bei Verkürzung des Radius um drei bis fünf Millimeter nach. Er vermutet aufgrund seiner Ergebnisse, dass bereits eine geringere Verkürzung des Radius zu einer deutlichen Funktionseinbusse führen kann. Eine Veränderung des Neigungswinkels der radialen Gelenkfläche durch Fehlstellung der distalen Radiusepiphyse kann die Funktion durch sekundäre Verziehungen im distalen Radioulnargelenk beeinflussen. Ab einer Dislokation der Radiusepiphyse von 10° nach dorsal kommt es durch Verspannung der Membrana interossea zu einer Einschränkung der Umwendbewegungen³⁴.

Nicht versorgte ligamentäre Verletzungen können zur Instabilität des Gelenks sowie zur Arthrose führen⁷⁸. Gute Langzeitergebnisse wurden bei gleichzeitiger Versorgung des Triangulären Fibrokartilaginären Komplexes berichtet⁴⁵, die bei einem begleitenden Frakturspalt des Ellengriffs um zwei Millimeter oder mehr durchgeführt wurde.

Die Arthrose entsteht durch Belastung unphysiologischer Gelenkverhältnisse, wodurch es an bestimmten Stellen zu vermehrtem Knorpelabrieb kommt. Dies führt zu Funktionseinschränkungen und Reduktion der Kraft und wird oft von Schmerzen begleitet.

1.8 Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist es, in einer klinisch retrospektiven Auswertung die Auswirkung der Fehlstellung des distalen Radius auf das funktionelle Ergebnis festzustellen, um Kriterien für therapeutische Konsequenzen zu liefern.

2. Material und Methoden

In dieser Arbeit erfolgt die Zusammenfassung der Behandlungsergebnisse von Patienten mit distaler Radiusfraktur und Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae, die in der Abteilung der Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm zwischen dem 1. Januar 1996 und 1. Januar 1997 behandelt wurden.

2.1 Patientenkollektiv

Von den insgesamt 35 Patienten sind 25 Frauen (71,4%), 10 Patienten (28,6%) sind Männer (Abb. 11).

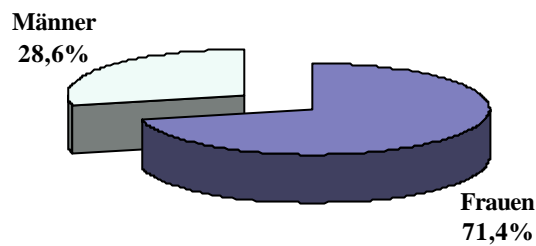


Abb. 11: Prozentuale Häufigkeitsverteilung distaler Radiusfrakturen mit Abrissfraktur des Ulnastyloids nach Geschlecht

Das mittlere Alter zum Zeitpunkt des Unfalls betrug 59 Jahre. Der jüngste Patient war 12 Jahre, der älteste 88 Jahre. Die Häufigkeitsverteilung der nach Dezenien aufgeteilten Altersgruppen zeigte eine erhöhte Inzidenz bei Patienten über 50 Jahren, die über 77% des Kollektivs ausmachten. Eine genauere Aufschlüsselung wird in der folgenden Tabelle (Abb. 12) demonstriert.

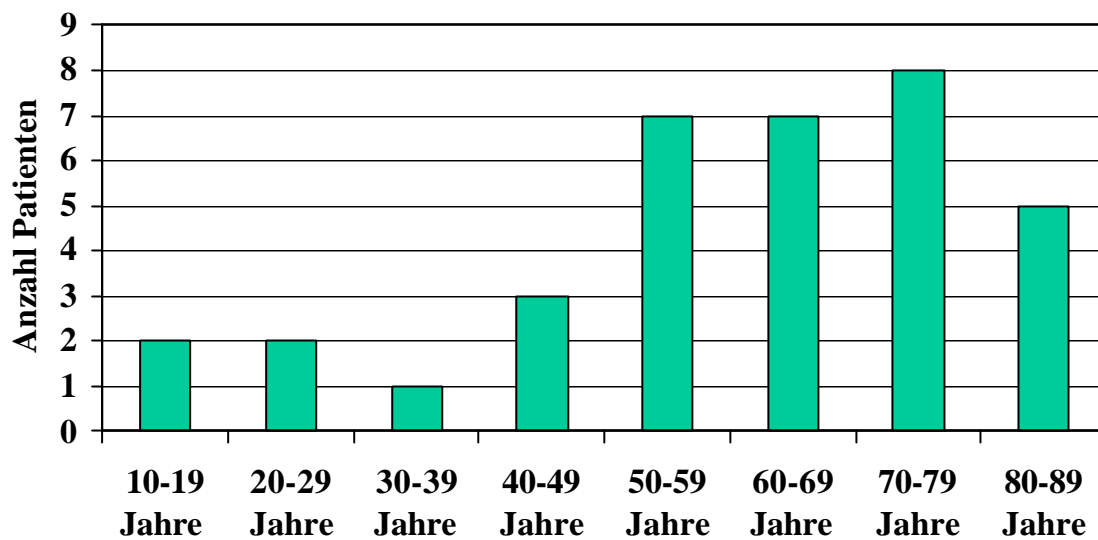


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der nach Dezenien aufgeteilten Altersgruppen

2.2 Klassifikation der Frakturen

Die Einteilung erfolgte nach den Richtlinien der AO. Es handelte sich dabei 23 mal um Frakturen der Gruppe A, entsprechend 65.7% der Patienten (Abb. 23). Vier Frakturen wurden der Gruppe B (11.4%) und acht der Gruppe C (22.9%) zugeordnet.

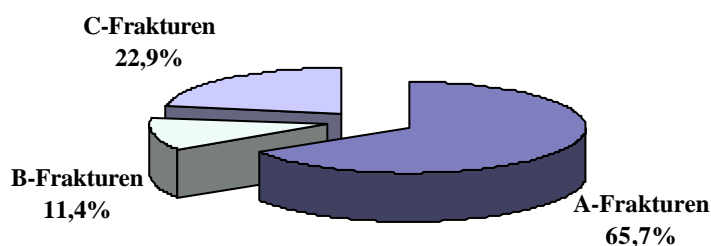


Abb. 13: Prozentuale Verteilung der nach AO-Klassifikation unterteilten Frakturen des distalen Radius

Die Aufteilung nach einzelnen Subgruppen wies folgendes Ergebnis (Abb. 14) aus:

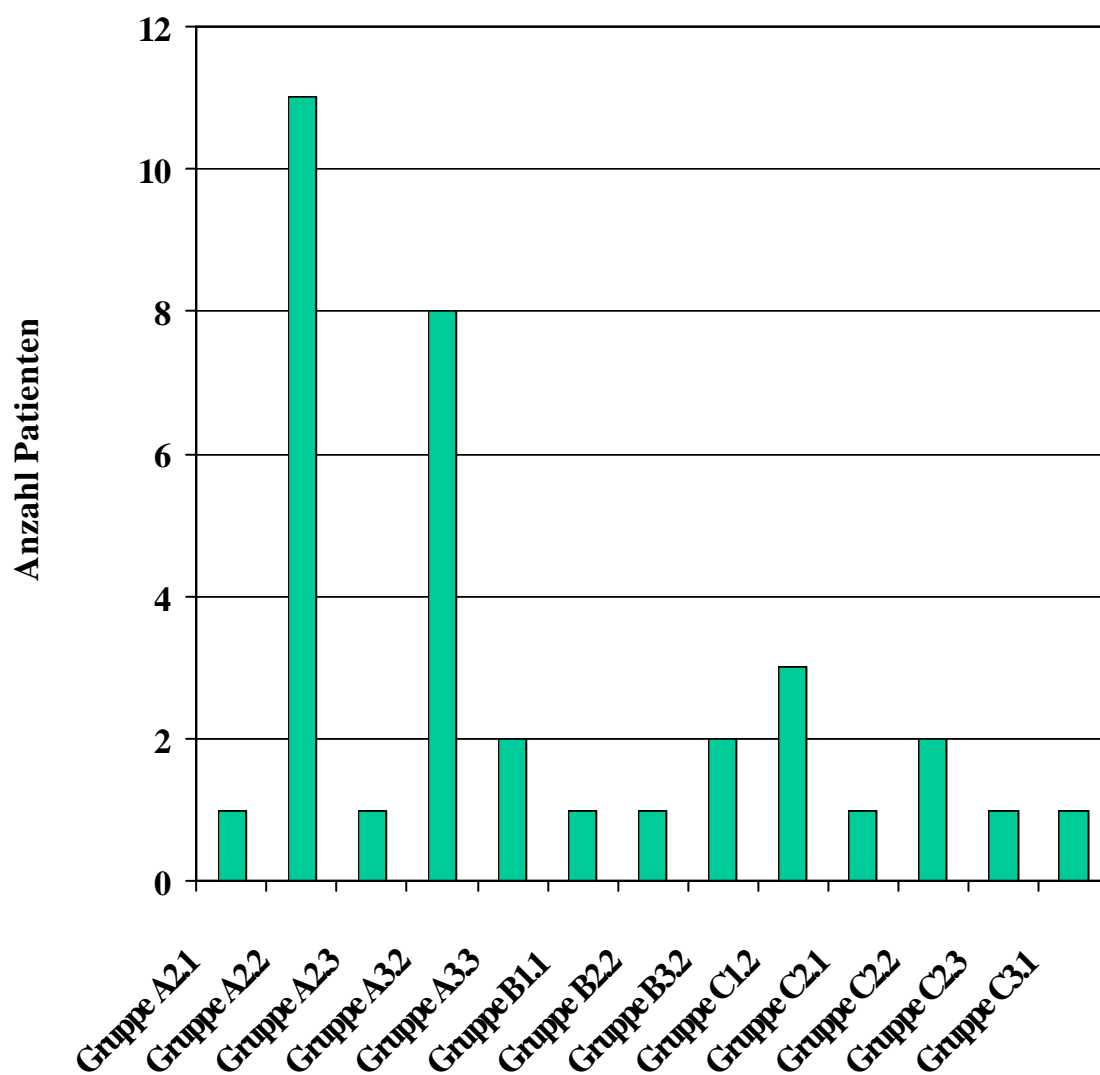


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation

2.3 Behandlung

Bei 23 Patienten erfolgte die Therapie konservativ und bei 12 Patienten operativ.

Neun Patienten wurden mit einer Kirschner-Drahtfixation versorgt, ein Patient mit einer Osteosyntheseplatte, ein Patient kombiniert mit Kirschnerdraht und Osteosyntheseplatte und ein weiterer mit Fixateur externe.

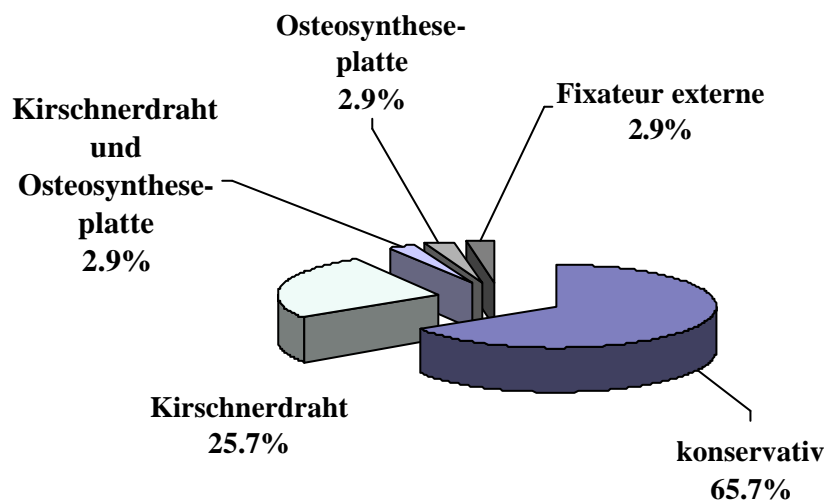


Abb. 15: Therapeutisches Vorgehen bei distaler Radiusfraktur, Angabe der prozentualen Häufigkeit

2.4 Nachuntersuchung

2.4.1 Funktion

Die klinische Untersuchung umfasste die Messung von Extension und Flexion, Radial- und Ulnarduktion sowie der Pro- und Supination nach der Neutral-Null-Methode im Seitenvergleich (Abb. 16-18), wobei die beiden Werte eines jeden Freiheitsgrades zu einem Gesamtbewegungsausmaß (Range of Motion, ROM) addiert wurden. Nach dem Beschluss der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie 1971 wird bei einer aufrecht stehenden Person, deren Arme herabhängen und deren Handinnenflächen zu den Oberschenkeln gedreht sind, das Ausmaß jeweils entgegengesetzter Bewegungsrichtungen durch drei Zahlen bestimmt. Die Ausgangsposition wird auch als Nullstellung bezeichnet. Die erste Zahl gibt in der Regel das Ausmaß der Beweglichkeit in die vom Körper abgewandte Richtung an, die letzte den Umfang in die gegensinnige Richtung. Eine Null zwischen beiden Zahlen bedeutet, dass die Nullstellung erreicht werden kann. Eine Null am Anfang oder Ende beschreibt einen Bewegungsumfang, der die Nullstellung nicht erreichen kann. Eine Gelenksteifigkeit liegt vor, wenn zusätzlich zwei gleiche Zahlen zur Null am Anfang oder Ende vorliegen.

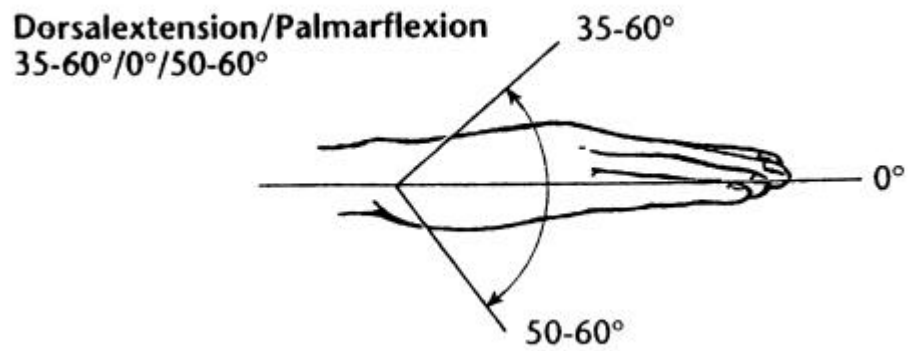


Abb. 16: Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode bei Extension/Flexion mit Angabe der Normalwerte. Aus Hasse, Müller-Lange²⁷

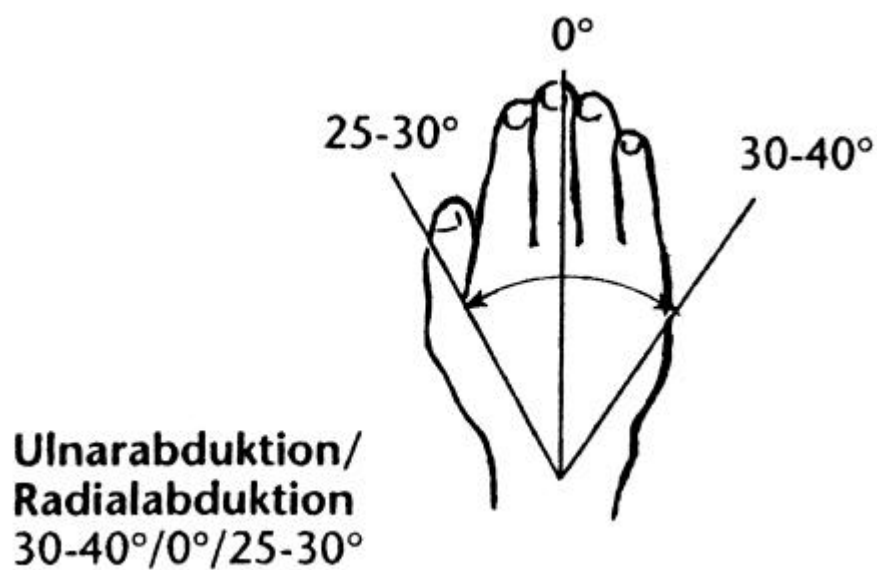


Abb. 17: Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode bei Ulnarabduktion und Radialabduktion mit Angabe der Normalwerte. Aus Hasse, Müller-Lange²⁷

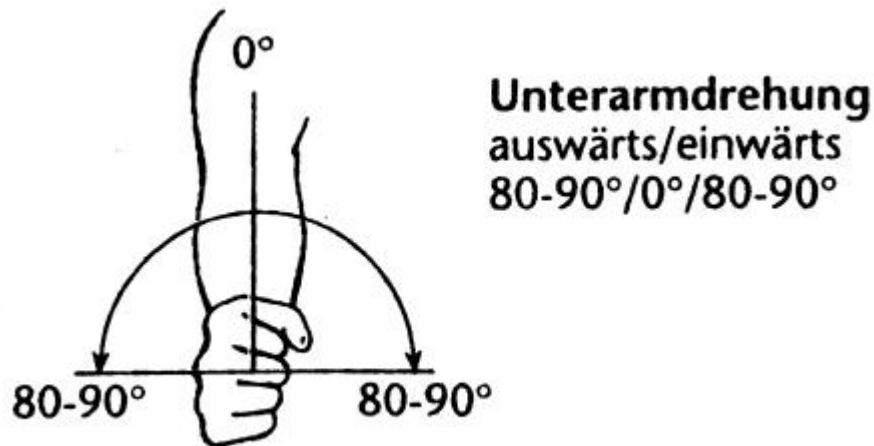


Abb. 18: Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Methode bei Supination und Pronation mit Angabe der Normalwerte. Aus Hasse, Müller-Lange²⁷

2.4.2 Röntgen

Von jedem Patienten wurden Röntgenbilder beider Handgelenke in zwei Ebenen angefertigt. Es wurden jeweils die Radiusgelenkwinkel in beiden Ebenen (Abb. 19 und 20), die Radiusverkürzung, der scapholunäre Winkel (SL-Winkel, Abb. 21) und der scapholunäre Abstand (SL-Abstand) bestimmt. Darüber hinaus wurde festgehalten, ob die Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae knöchern konsolidiert oder unter Bildung einer Pseudarthrose ausgeheilt war.

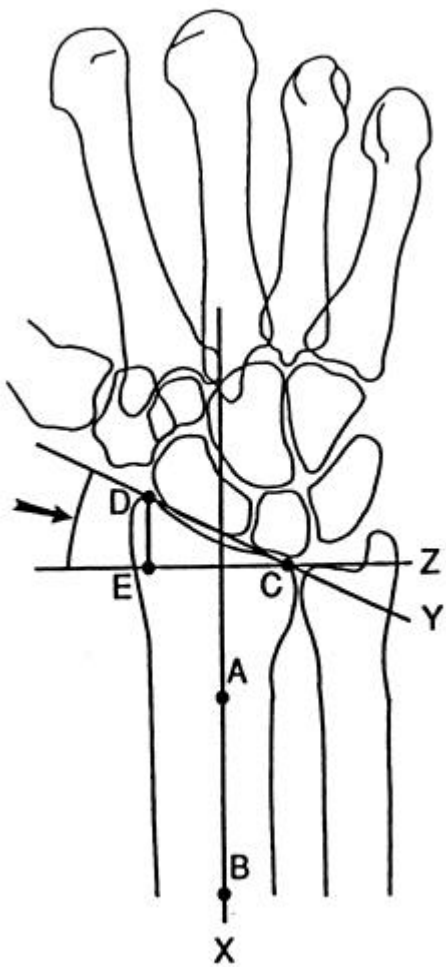


Abb. 19: Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im anteroposterioren Strahlengang¹⁰. Eine Linie (X) wird parallel zum Radiusschaft gezogen. Hierzu orthograd verläuft eine Linie (Z) durch den distalen sigmoidalen Knoten (C). Der Radiusgelenkwinkel wird durch die Linien Z und Y, die durch den Processus styloideus radii (D) und (C) verläuft, bestimmt.

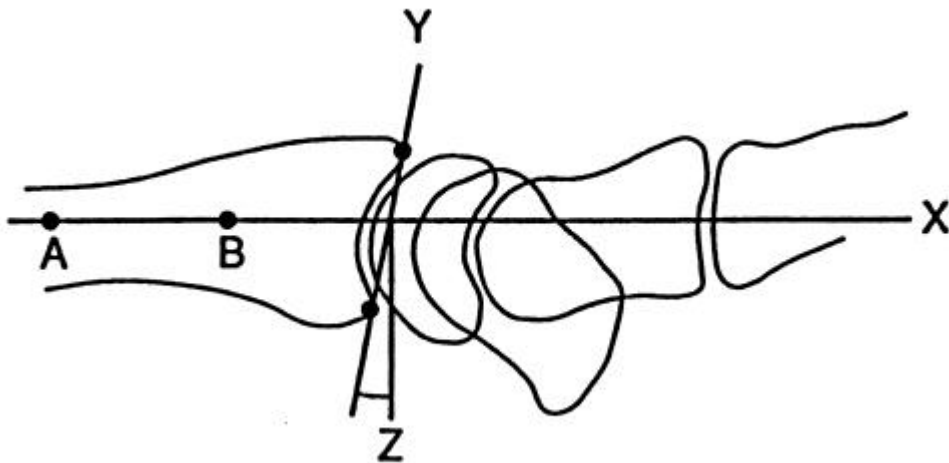
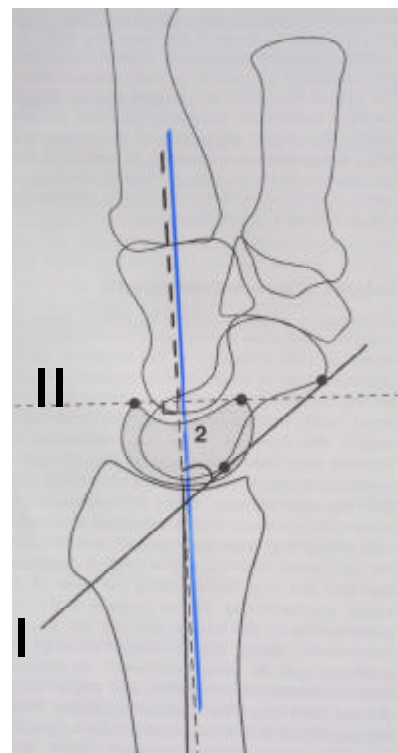


Abb. 20: Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im seitlichen Strahlengang¹⁰. Die Linie (Y) verläuft durch die zwei distalsten Punkte des Radius und kreuzt dabei die Radiusachse (X), die durch die Punkte A und B bestimmt wird. A und B markieren das Zentrum des Markraums 2 und 5 cm proximal vom Radiocarpalgelenk. Der Winkel wird durch die Linie (Y) und die Orthograde (Z) zur Linie (X) bestimmt.

Abb 21: Bestimmung des scapholunären Winkels im Seitlichen Strahlengang: Der Winkel wird aus den Linien (I), die die beiden palmaren Pole des Scaphoids verbindet, und (II), die durch die distalen Pole des Lunatums zieht, gebildet.



2.4.3 Subjektive Beschwerden

Zur Erfassung der subjektiven Beschwerden wurde zwischen Beschwerdefreiheit sowie Schmerzen in Ruhe und bei Belastung unterschieden.

2.5 Auswertungskriterien

Zur Auswertung wurden jeweils vier Gruppenpaare gebildet, die hinsichtlich der erhaltenen Daten aus Messung der Bewegungsumfänge, radiologischer Nachkontrolle und subjektiven Beschwerden (wie unter Kapitel 2.4 beschrieben) verglichen wurden.

2.5.1 Intra-/Extraartikuläre Radiusfraktur

Das erste Paar wurde aus den Gruppen intra- und extraartikuläre Frakturen gebildet. 23 Patienten wiesen extraartikuläre Frakturen der Gruppe A nach der AO-Klassifikation auf, die übrigen 12 Patienten gehören zu den Gruppen B und C (intraartikuläre Frakturen).

2.5.2 Processus styloideus ulnae

Eine weitere Aufteilung erfolgte aufgrund des Vorliegens oder Ausschlusses einer Pseudarthrose des Processus styloideus ulnae. 29 Patienten wiesen eine solche auf, während bei sechs Patienten eine ossäre Konsolidierung nachgewiesen werden konnte.

2.5.3 Radiusverkürzung

Die dritte Aufteilung wurde aufgrund der Radiusverkürzung durchgeführt. In der ersten Gruppe wurden 17 Patienten ohne Radiusverkürzung oder einer vorhandenen Verkürzung bis zwei Millimeter eingeschlossen, die mit der zweiten Gruppe mit einer Verkürzung des Radius zwischen drei und neun Millimeter verglichen wurde.

2.5.4 Stellung der Radiusgelenkfläche

Das letzte Paar wurde aus der Gruppe von Patienten mit einer Neigung der Radiusgelenkfläche bis fünf Grad nach dorsal und der Gruppe der Patienten mit einer Dorsalabkippung zwischen acht und 22 Grad. In der ersten Gruppe befanden sich 19 Patienten, die mit 16 Patienten aus der zweiten Gruppe verglichen wurden.

2.6 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung erfolgte nach dem Welch-t-Test zur Überprüfung bestehender signifikanter Unterschiede hinsichtlich der Bewegungsausmaße und der radiologischen Befunde (Radiusgelenkwinkel, Radiusverkürzung, SL-Winkel, SL-Abstand). Bei kleinem Kollektiv hat dieser Test orientierenden, jedoch nicht beweisenden Charakter. Bezüglich der Schmerzangaben wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt.

3. Ergebnisse

Zwischen März und April 1997 wurden insgesamt 35 Patienten nachuntersucht. Im Mittel betrug der zeitliche Abstand zwischen Frakturereignis und Nachuntersuchung 207 Tage (kürzester Abstand 74 Tage, längster Abstand 456 Tage). Bei 16 Patienten war die rechte Seite betroffen (45,7%), 19 Patienten (54,3%) hatten eine Fraktur des distalen Radius und Ulnastyloids linksseitig.

3.1 Vergleich intraartikulärer mit extraartikulären distalen Radiusfrakturen

23 Patienten mit Frakturen der AO-Gruppe A (extraartikulär) wurden mit 12 Patienten mit intraartikulären Frakturen, die der AO-Gruppe B und C zugeordnet werden, verglichen (Tab. 1).

Der Vergleich der Radiusgelenkwinkel im anteroposterioren Strahlengang war ohne Hinweis auf einen signifikanten Unterschied: Im Mittel betrug dieser bei Frakturen der AO-Gruppe A 17° , bei den zu den Gruppen B und C zählenden Frakturen 21° .

Im seitlichen Strahlengang betrug die Neigung durchschnittlich um 4° nach dorsal bei der Gruppe A und 3° nach dorsal für die intraartikulären Frakturen.

Die Radiusverkürzung betrug in beiden Gruppen im Durchschnitt drei Millimeter.

Es lagen auch keine Anhaltspunkte für einen signifikanten Unterschied beim Vergleich der scapholunären Winkel (58° bei Frakturen der Gruppe A, 55° bei Frakturen der Gruppe B) vor.

Der scapholunäre Abstand mit durchschnittlich einem Millimeter bei Typ A-Frakturen und zwei Millimeter Abstand bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung wies im Vergleich der beiden Gruppen ebenfalls keinen Anhaltspunkt für einen relevanten Unterschied auf.

Beim Vergleich des Range of Motion bei Extension und Flexion, der im Mittel 101° bei extraartikulären und 80° bei intraartikulären distalen Radiusfrakturen betrug, konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden: die Beweglichkeit in dieser Ebene ist in dem untersuchten Kollektiv intraartikulärer distaler Radiusfrakturen mit Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae signifikant schlechter als bei extraartikulären Frakturen des gleichen Kollektivs.

Auch fanden sich signifikant schlechtere Bewegungsumfänge bei Radial- und Ulnarduktion in der untersuchten Gruppe der intraartikulären Frakturen als bei extraartikulären Brüchen. Während das Gesamtbewegungsausmaß bei den der AO-Gruppe A zugeordneten Fälle im Mittel 59° betrug, wurde für die Vergleichsgruppe ein Mittelwert von 45° errechnet.

Hingegen konnte kein Hinweis auf einen relevanten Unterschied bei der Pro- und Supination festgestellt werden. Das Gesamtausmaß der Beweglichkeit bei Typ A-Frakturen betrug 157° , bei Typ B- und C-Frakturen 155° .

Tab. 1: Vergleich extra- und intraartikulärer Frakturen bezüglich klinischer und radiologischer Parameter

AO - Klassifikation	Radiusgelenkwinkel		Radius- verkürzung [mm]	SL Winkel [Grad]	SL Abstand [mm]	ROM Ext./Flex. [Grad]	ROM Rad./Uln. [Grad]	ROM Pro./Sup. [Grad]
	ap [Grad]	seitlich [Grad]						
A n = 23	17	- 4	3	58	1	101	59	157
B und C n = 12	21	- 3	3	55	2	80	45	155

(**signifikant**, nicht signifikant; negative Werte: Neigung der Radiusgelenkfläche nach dorsal).

Der Anteil der Patienten mit Ruhe- und Belastungsschmerzen war in der Gruppe A mit zwei von 23 für Ruheschmerzen und neun von 23 für belastungsabhängige Schmerzen deutlich kleiner als in der Gruppe B und C. Dort gaben drei von 12 Patienten Ruheschmerzen und acht von 12 Patienten belastungsabhängige Schmerzen an (Abb. 22).

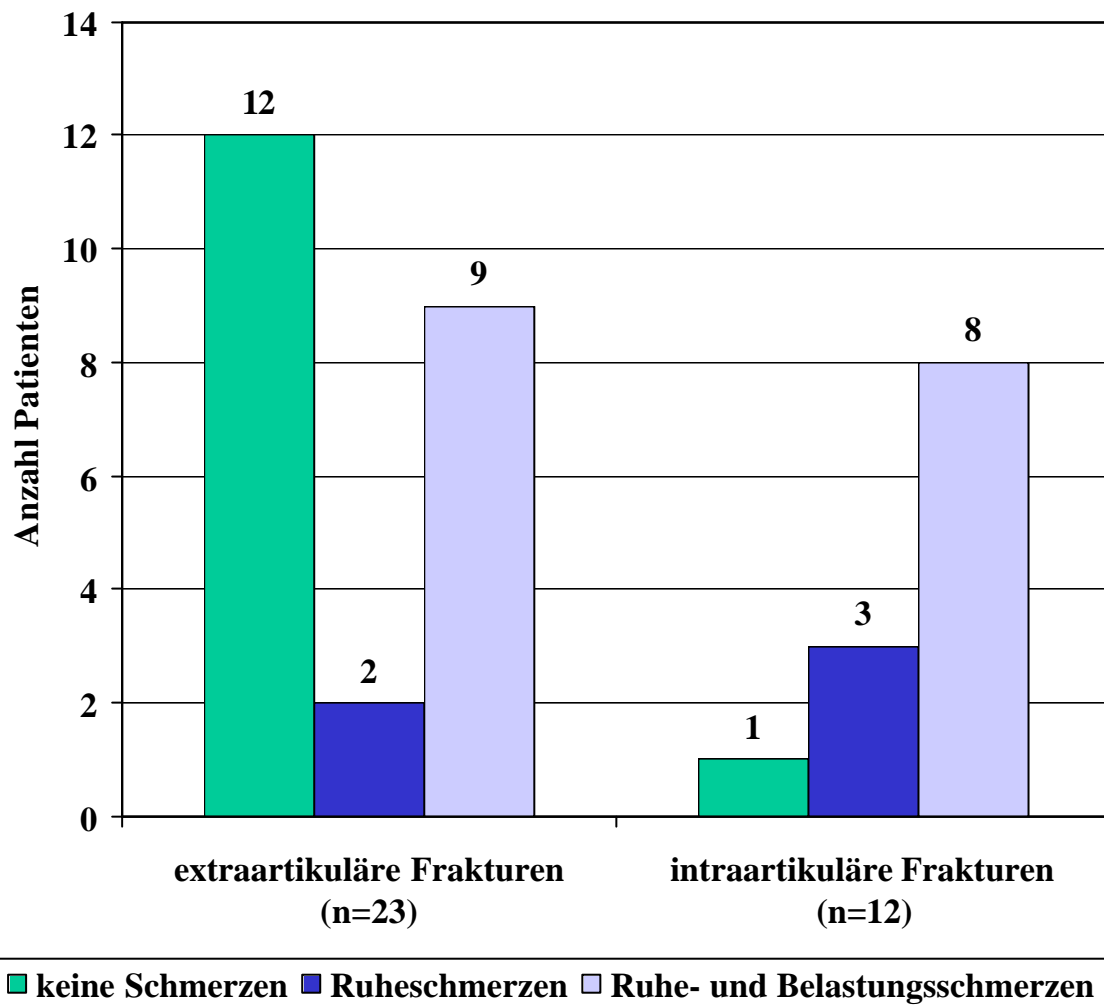


Abb. 22: Aufschlüsselung der einzelnen Gruppen mit extra- und intraartikulären Frakturen des Radius nach Schmerzfreiheit und Schmerzen in Ruhe bzw. bei Belastung

3.2 Vergleich ossär konsolidierter Abrissfrakturen mit Pseudarthrosen des Processus styloideus ulnae

Die Resultate von sechs Patienten mit knöcherner Verheilung der Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae wurden mit den Werten von 29 Patienten verglichen, bei denen es zu einer Ausheilung mit Pseudarthrose des Ellengriffs gekommen war (Tab. 2).

Bei der Messung des Radiusgelenkwinkels im anteroposterioren Strahlengang konnte kein Anhaltspunkt für einen relevanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden werden. Der Mittelwert für die Frakturen mit knöcherner Konsolidierung betrug 22° , während bei den mit Pseudarthrose verheilten Abrissfrakturen 18° ermittelt werden konnten.

Es konnte jedoch ein signifikanter Unterschied der Radiusgelenkwinkel im seitlichen Strahlengang nachgewiesen werden: Der Mittelwert betrug in der Gruppe ohne Pseudarthrose 6° nach palmar, während in der Gruppe mit Pseudarthrose des Ellengriffels im Durchschnitt eine Abkipfung um 6° nach dorsal nachweisbar war.

Die Messung der Radiusverkürzung zeigte in der Gruppe mit ossärer Konsolidierung im Mittel eine Distanz von zwei Millimeter, bei der Vergleichsgruppe betrug der Mittelwert drei Millimeter.

Der mittlere scapholunäre Winkel in der Gruppe mit ossärer Konsolidierung des Ellengriffels betrug 58° , ohne Hinweis für einen signifikanten Unterschied zur Vergleichsgruppe, bei der ein Durchschnitt von 57° errechnet wurde.

Hingegen zeigten die Frakturen mit knöcherner Konsolidierung des Processus styloideus ulnae einen signifikant größeren Gesamtbewegungsumfang bei Extension und Flexion, welcher 113° im Mittel betrug. In der Vergleichsgruppe wurde ein Mittelwert von 90° berechnet.

Der Mittelwert des gesamten Bewegungsumfanges bei Radial- und Ulnarduktion betrug bei der Gruppe ohne Pseudarthrose 66° im Durchschnitt, bei der Gruppe mit Pseudarthrose 52°.

Die Patienten mit knöcherner Konsolidierung des Ellengriffels zeigten einen signifikant größeren Bewegungsumfang bei den Umwendbewegungen: Hier betrug der Mittelwert 173°. In der Vergleichsgruppe mit pseudarthrotischer Ausheilung betrug der Durchschnitt 153° des gesamten Bewegungsausmaßes bei Pro- und Supination.

Tab. 2: Vergleich der Ausheilung ohne und mit Pseudarthrose des Processus styloideus ulnae bezüglich klinischer und radiologischer Parameter

Pseudarthrose Proc. styl. Ulnae	Radiusgelenkwinkel		Radiusverkürzung [mm]	SL Winkel	SL Abstand	ROM Ext./Flex.	ROM Rad./Uln.	ROM Pro./Sup.
	ap [Grad]	seitlich [Grad]		[Grad]	[mm]	[Grad]	[Grad]	[Grad]
Nein n = 6	22	6	2	58	2	113	66	173
Ja n = 29	18	- 6	3	57	1	90	52	153

(**signifikant**, nicht signifikant; negative Werte: Neigung der Radiusgelenkfläche nach dorsal).

In der ersten Gruppe gab kein Patient Ruheschmerzen an und nur zwei von sechs klagten über belastungsabhängige Schmerzen. Demgegenüber waren in der Pseudarthrosegruppe (n = 29) fünf Patienten mit Ruheschmerzen und 15 Patienten mit belastungsabhängigen Schmerzen (Abb.23).

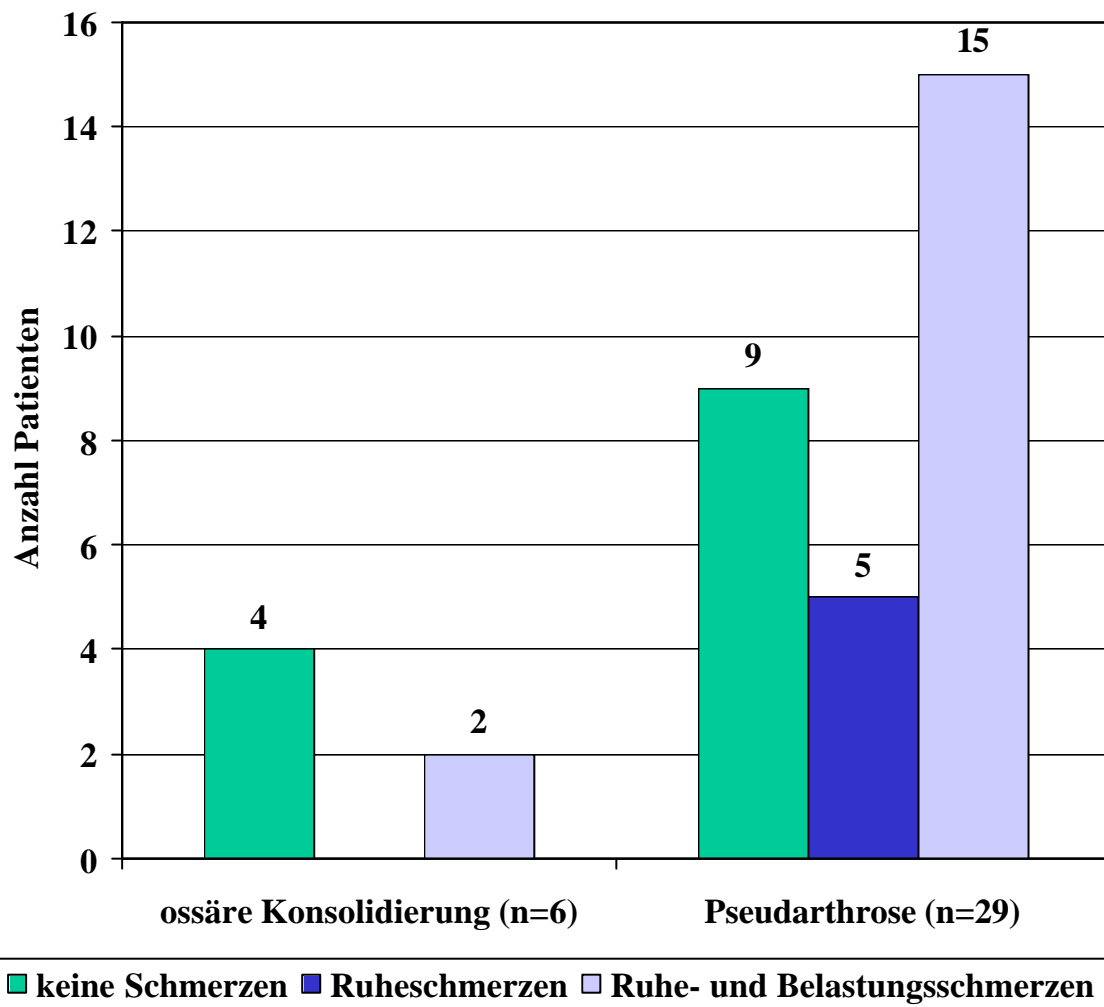


Abb. 23: Aufschlüsselung der einzelnen Gruppen mit ossärer Konsolidierung bzw. Pseudarthrose des Ulnastyloids nach Schmerzfreiheit und Schmerzen in Ruhe bzw. bei Belastung

3.3 Vergleich hinsichtlich der Radiusverkürzung

17 Patienten mit einer Radiusverkürzung zwischen 0 und 2 mm wurden einer Gruppe aus 18 Patienten mit einer Radiusverkürzung zwischen 3 und 9 mm bei distalen Radiusfrakturen gegenüber gestellt (Tab. 3).

Bei der Messung des Radiusgelenkwinkels im Röntgenbild im anteroposterioren Strahlengang konnte in den zwei Vergleichsgruppen

kein relevanter Unterschied ermittelt werden: In der Gruppe mit einer Verkürzung des Radius bis zwei Millimeter betrug der gemessene Mittelwert 19° . Diesem stand ein Durchschnitt von 18° in der Gruppe mit Radiusverkürzung über zwei Millimeter gegenüber.

Die Radiusgelenkfläche war jedoch im seitlichen Strahlengang signifikant nach dorsal abgekippt. Im Durchschnitt wies sie 2° nach dorsal, während sie in der Vergleichsgruppe um 5° im Mittel nach dorsal abgekippt war.

Die Mittelwerte des scapholunären Winkels zeigten keine signifikante Abweichung: In der Gruppe der mit einer Verkürzung bis zwei Millimeter einschließlich ausgeheilten distalen Radiusfrakturen betrug der Winkel 58° im Durchschnitt, ein Mittelwert von 57° konnte in der Gruppe mit Verkürzungen des Radius zwischen drei und neun Millimeter nachgewiesen werden.

Der durchschnittliche scapholunäre Abstand war in beiden Gruppen mit einem Millimeter gleich.

Signifikant besser war der Gesamtbewegungsumfang bei Extension und Flexion in der Gruppe mit einer Verkürzung des Radius zwischen null und zwei Millimeter. Hier konnte ein durchschnittlicher Wert von 105° gemessen werden, in der Vergleichsgruppe betrug dieser 84° .

Es bestand ein statistisch signifikanter Unterschied bei der Radial- und Ulnarduktion. Im Mittel 60° betrug das Bewegungsausmaß in der Gruppe mit geringerer Verkürzung während das Gesamtausmaß der Beweglichkeit in dieser Ebene 49° bei der Gruppe mit einer Radiusverkürzung zwischen drei und neun Millimeter betrug.

Ein signifikant größerer Gesamtbewegungsumfang bei Pro- und Supination konnte bei der Gruppe mit einer Verkürzung bis einschließlich zwei Millimeter errechnet werden, wo ein Durchschnittswert von 164° ermittelt wurde. Dem gegenüber wurden 149° bei der Vergleichsgruppe im Mittel gemessen.

Tab. 3: Vergleich der Ausheilung mit Radiusverkürzung bis zu 2 mm und über 2 mm bezüglich klinischer und radiologischer Parameter

Radius- verkürzung [mm]	Radiusgelenkwinkel		SL	SL	ROM	ROM	ROM
	ap [Grad]	seitlich [Grad]	Winkel [Grad]	Abstand [mm]	Ext./Flex. [Grad]	Rad./Uln. [Grad]	Pro./Sup. [Grad]
0 – 2 n = 17	19	- 2	58	1	105	60	164
3 – 9 n = 18	18	- 5	57	1	84	49	149

(**signifikant**, nicht signifikant; negative Werte: Neigung der Radiusgelenkfläche nach dorsal).

Es zeigte sich kein Hinweis wiederum für einen relevanten Unterschied bei der Auswertung der subjektiven Beschwerden. In der ersten Gruppe waren 11 von 17 Patienten beschwerdefrei, drei gaben Ruhe- und sechs Belastungsbeschwerden an. In der zweiten Gruppe (n = 18) waren es zwei Patienten mit Ruhe- und 11 Patienten mit Belastungsschmerzen (Abb. 24).

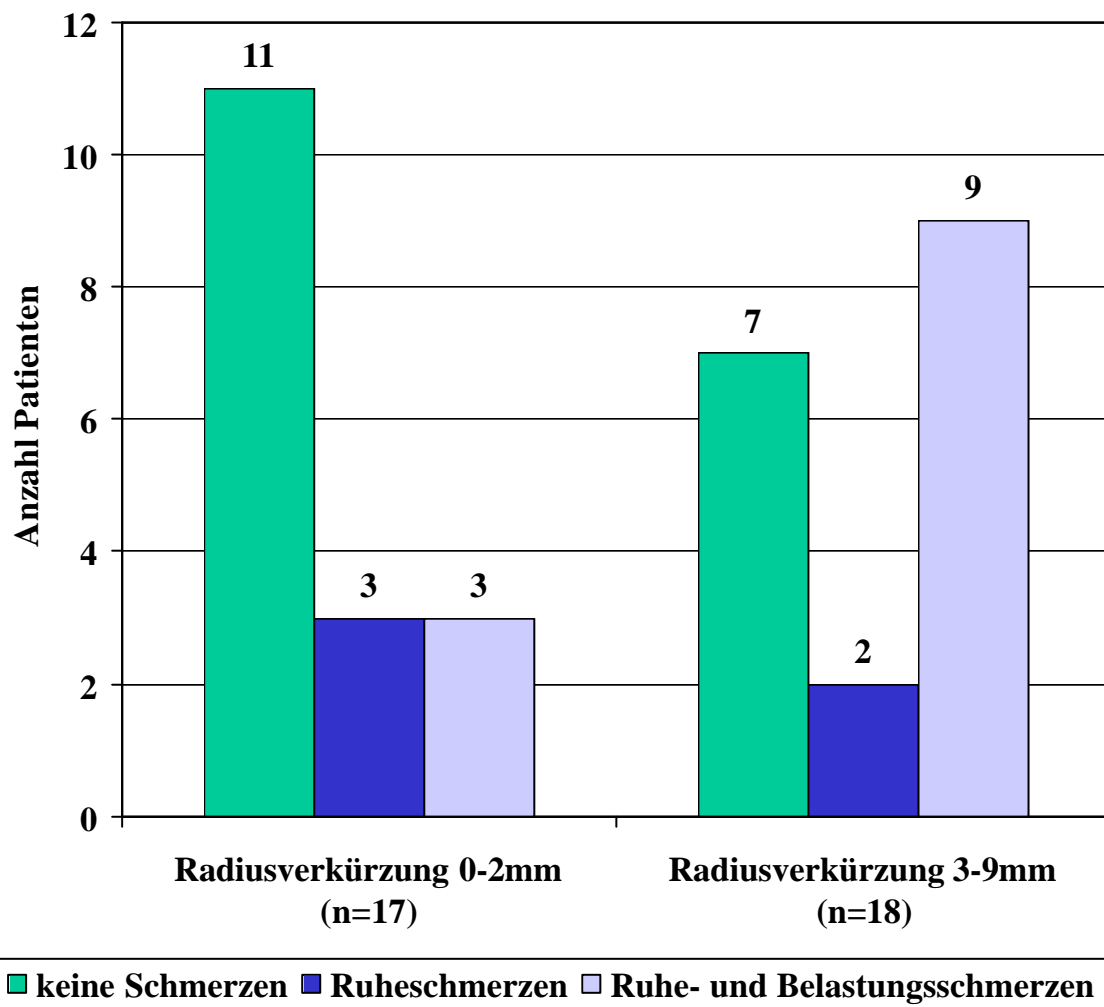


Abb. 24: Aufschlüsselung der einzelnen Gruppen mit Radiusverkürzung bis 2mm und über 2mm nach Schmerzfreiheit und Schmerzen in Ruhe bzw. bei Belastung

3.4 Vergleich hinsichtlich des Radiusgelenkwinkels im seitlichen Strahlengang

Bei der Betrachtung der Patienten hinsichtlich der Radiusgelenkwinkelstellung im seitlichen Strahlengang wurden wiederum zwei Gruppen gebildet. In der ersten Gruppe waren die Patienten mit physiologischer Abwinkelung der Gelenkflächen nach palmar bis zu einer Neigung von 5 Grad nach dorsal (n = 19). In der zweiten Gruppe befanden sich die Patienten mit einer größeren Abkipfung der Radiusgelenkfläche nach dorsal (Tab. 4), nämlich von 8 bis 23 Grad (n=16).

Ein Hinweis für einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Stellung des Radiusgelenkwinkels im anterolateren Strahlengang konnte nicht ermittelt werden. In der Gruppe zwischen einer Neigung nach palmar bis zu einer Neigung von 5° nach dorsal betrug der Winkel im Durchschnitt 20°. In der gegenüber gestellten Gruppe konnte im Mittel 17° gemessen werden.

Die Radiusverkürzung war in beiden Gruppen im Mittel mit drei Millimeter gleich.

Es konnte jedoch ein signifikant vergrößerter scapholunärer Winkel in der Gruppe mit einer Abkipfung der Gelenkfläche um acht bis 22° nach dorsal im seitlichen Strahlengang nachgewiesen werden. Der mittlere gemessene Wert betrug 62°, hingegen wurden 54° im Durchschnitt bei der Vergleichsgruppe gemessen.

Der durchschnittliche scapholunäre Abstand war in beiden Gruppen gleich.

Das Gesamtbewegungsausmaß war in der ersten Gruppe im Durchschnitt etwas größer (99°) als in der zweiten Gruppe mit dorsaler Abkippung der Gelenkfläche zwischen acht und 22° (88°).

Die Auswertung ergab einen signifikanten Unterschied zu Lasten der zweiten Gruppe hinsichtlich Radial- und Ulnarduktion. Dieser betrug in der ersten Gruppe im Mittel 59°, in der zweiten Gruppe wurden durchschnittlich 48° gemessen.

In der Gruppe mit physiologischer Neigung bis zu einer dorsalen Abkippung von 5° wurde ein Gesamtbewegungsumfang von 161° bei den Umwendbewegungen im Durchschnitt gemessen. Diesen stehen 151° Gesamtbeweglichkeit in der Vergleichsgruppe gegenüber.

Tab. 4: Vergleich der Ausheilung mit Neigung der Radiusgelenkfläche bis 5 Grad und über 5 Grad nach dorsal bezüglich klinischer und radiologischer Parameter

Neigung der Radiusgelenkfläche [Grad]	Radiusgelenkwinkel ap [Grad]	Radiusverkürzung [mm]	SL Winkel [Grad]	SL Abstand [mm]	ROM Ext./Flex. [Grad]	ROM Rad./Uln. [Grad]	ROM Pro./Sup. [Grad]
bis -5 n = 19	20	3	54	1	99	59	161
-8 bis -22 n = 16	17	3	62	1	88	48	151

(**signifikant**, nicht signifikant; negative Werte: Neigung der Radiusgelenkfläche nach dorsal).

Während in der ersten Gruppe drei von 19 Patienten Ruhe- und sieben Patienten über belastungsabhängige Schmerzen klagten, waren es - im Vergleich wieder nicht signifikant - in der zweiten Gruppe zwei von 16 Patienten mit Ruheschmerzen und acht Patienten mit Belastungsschmerzen (Abb. 25).

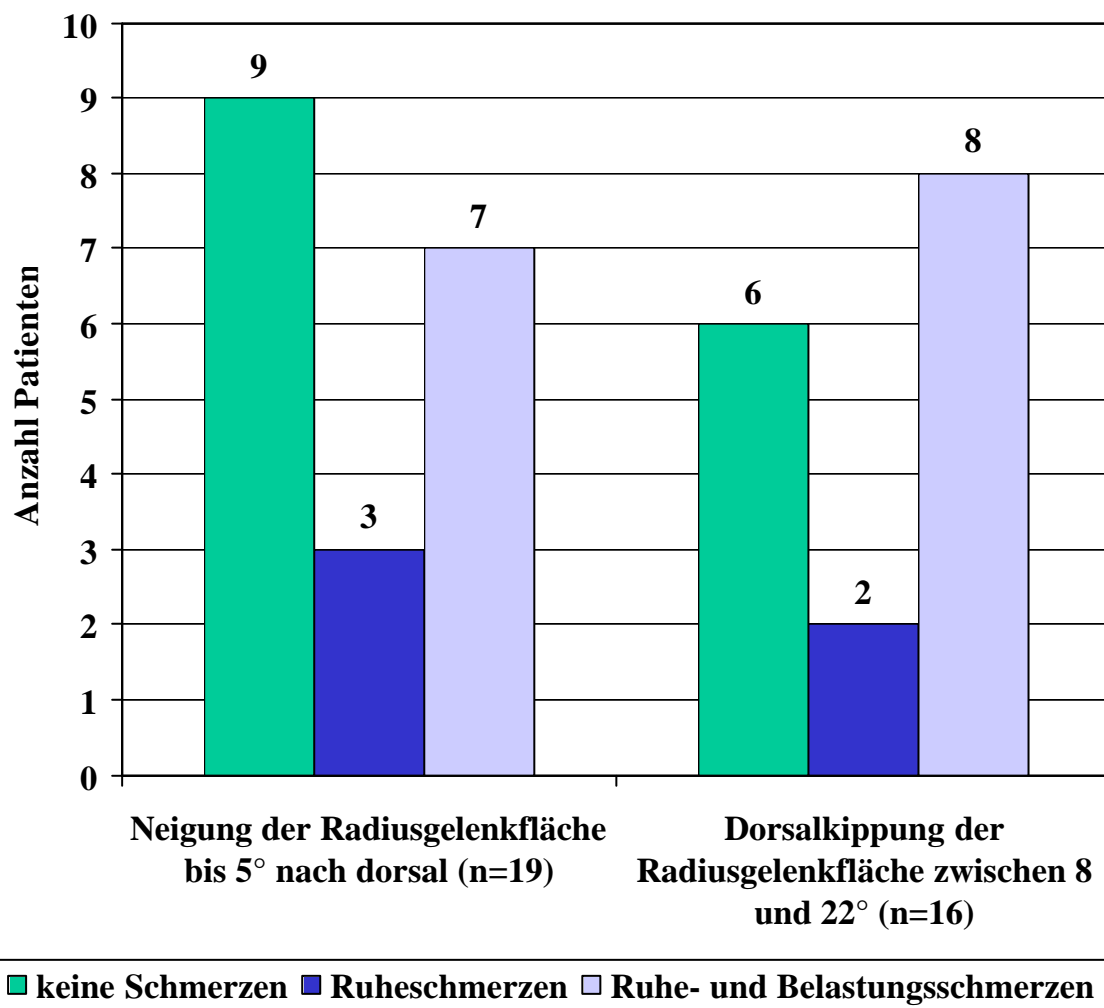


Abb. 25: Aufschlüsselung der einzelnen Gruppen mit Neigung der Radiusgelenkfläche bis 5° und über 5° nach dorsal nach Schmerzfremheit und Schmerzen in Ruhe bzw. bei Belastung

Der scapholunäre Abstand lag mit Werten zwischen ein und zwei Millimeter bei allen Patienten im Normbereich.

4. Diskussion

Der behandelnde Arzt wird zunehmend mit einer gesteigerten Anforderung von Patienten aller Altersschichten konfrontiert. Nicht nur junge Menschen wünschen sich eine vollständige Wiederherstellung der Funktion und uneingeschränkte Belastbarkeit in Anbetracht einer Erhaltung der Arbeits- und Erwerbsfähigkeit, sondern auch zunehmend ältere Patienten sind darauf angewiesen zur Fortführung ihrer Freizeitaktivitäten und Beibehaltung ihrer Selbständigkeit. Neben der persönlichen Belastung der Patienten durch die Funktionseinschränkung haben die Minderung der Erwerbstätigkeit und zusätzlicher Pflegeaufwand eine außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung.

Trotz Verfeinerung der konservativen Behandlungsmethoden und ein Vielzahl zur Verfügung stehender Möglichkeiten einer operativen Versorgung bleibt die Behandlung der distalen Radiusfraktur bei Komplikationsraten, die bis zu 30% der Fälle betreffen^{8, 42}, eine Herausforderung.

Obschon die distale Radiusfraktur eine der häufigsten Frakturen des Menschen darstellt, sind einheitliche Behandlungsrichtlinien nicht vorhanden.

Die Radiusverkürzung und die Ausrichtung der Radiusgelenkfläche sind neben der eigentlichen Wiederherstellung der Gelenkfläche entscheidend für das funktionelle Ergebnis.

Eine Gelenkstufe von bereits einem Millimeter konnte mit persistierenden Schmerzen und Gelenksteifigkeit in Verbindung gebracht werden^{15, 67}.

Bei über 92% der Patienten war eine Inkongruenz der Radiusgelenkfläche mit einer Stufe oder Lücke von über zwei Millimeter mit dem Auftreten einer Arthrose vergesellschaftet^{7, 58}.

In dem hier untersuchten Patientenkollektiv gaben wesentlich mehr Patienten mit intraartikulären Frakturen (Gruppe B und C nach der AO-Klassifikation) Belastungsschmerzen an als Patienten mit extraartikulären (Gruppe A nach der AO-Klassifikation) Frakturen des distalen Radius. Eine statistische Signifikanz ließ sich daraus allerdings nicht ableiten. Jedoch konnten bei Patienten mit intraartikulären Frakturen aus demselben Kollektiv signifikant schlechtere Ergebnisse bezüglich Extension und Flexion sowie Radial- und Ulnarduktion nachgewiesen werden.

Eine nicht exakt durchgeführte Reposition der Radiusgelenkfläche sowie fehlender Ausgleich einer Radiusverkürzung kann durch Überbelastung des distalen Radioulnargelenks sowie des Ulnocarpalgelenks zu einer Arthrose führen^{4, 29, 54, 70, 74}. Das gehäufte Auftreten einer Arthrose des Radiocarpalgelenks in Folge ungenügender Rekonstruktion der Gelenkflächen ist mehrfach dargestellt worden^{1, 3, 7, 8, 1628, 67}.

Eine komplexe Beurteilung der Fraktur zur Prävention solcher Komplikationen ist bereits bei der Erstversorgung notwendig.

Mit entscheidend zur Erlangung eines günstigen Behandlungsergebnisses ist die Beseitigung einer Radiusverkürzung^{4, 74}.

Die relative Überlänge der Ulna führt zur Schädigung im ulnocarpalen Komplex durch die Zunahme der Kraftübertragung zwischen ulnarem Carpus und Ulnaköpfchen. Schmerzen und Läsionen des Triangulären Fibrocartilaginären Komplexes mit zentralen Rupturen und Desinsertionen aufgrund der chronischen Drucküberlastung sind die Folge. Das hier untersuchte Patientenkollektiv mit einer Verkürzung des Radius von über zwei Millimeter wies eine signifikante Reduktion des Bewegungsumfanges bei Extension und Flexion sowie Pro- und Supination auf im Vergleich zur Gruppe ohne Radiusverkürzung. Ebenfalls konnte eine statistisch nicht signifikante Zunahme der belastungsabhängigen Schmerzen nachgewiesen werden. Eine sicherer Ausschluss einer Läsion des Triangulären Fibrocartilaginären Komplexes ist nur arthroskopisch möglich. Eine sichere und ausreichende Beurteilung ist durch Arthrographie oder MR-Tomographie nicht immer gewährleistet⁶³.

Durch die Verankerung des TFCC von der ulnaren Kante des distalen Radius zur Basis des Processus styloideus ulnae tritt die Bedeutung des Ellengriffels in den Vordergrund, obwohl der Stellenwert einer Abrissfraktur in der heutigen Literatur umstritten ist. Sie ist eine der häufigsten Begleitverletzungen der distalen Radiusfraktur. Während sie für einige Autoren keine wesentliche Bedeutung aufweist^{38, 60}, stellt sie für andere einen weiteren Instabilitätsfaktor dar^{19, 44, 48, 54, 55, 61}. Poigenfurst beschreibt eine Verstärkung der primären Instabilität⁵⁶.

In dem hier untersuchten Patientenkollektiv konnte bei 29 von 35 Patienten eine Ausheilung der Fraktur des Processus styloideus ulnae in einer Pseudarthrose nachgewiesen werden. Das Ergebnis der Reposition des Radius war bei dieser Gruppe signifikant schlechter, die

Radiusgelenkfläche zeigte im seitlichen Strahlengang durchschnittlich eine Neigung von 6 Grad nach dorsal auf, während in der Vergleichsgruppe die Radiusgelenkfläche im Mittel um 6 Grad nach palmar zeigte.

Allgemein wird hier von einer „Erfordernisfehlstellung“ gesprochen. Durch die unzureichende Reposition des distalen Radius und der damit verbundenen Inkongruenz der Gelenkflächen radiocarpal sowie im distalen Radioulnargelenk in der Gruppe der Patienten mit einer Pseudarthrose des Processus styloideus ulnae wies diese Gruppe signifikant schlechtere Bewegungsausmaße bei Extension und Flexion sowie Pronation und Supination auf. Auch klagte ein wesentlich größerer Anteil der Patienten mit Pseudarthrose des Processus styloideus ulnae über belastungsabhängige Schmerzen.

Auch van Schoonhoven⁷³ sieht die Ursache eingeschränkter Umwendbewegungen nach distaler Radiusfraktur in der Beeinträchtigung des ulnocarpalen Komplexes. Durch zunehmende Verkippung des distalen Radius wie auch bei der isolierten Radiusverkürzung kommt es durch die Gefügestörung zu Rupturen des Triangulären Fibrocartilaginären Komplexes sowie der radioulnaren dorsalen und palmaren Bänder, die die Stabilität des distalen Radioulnargelenks wesentlich beeinträchtigen. Die vermehrte Druckbelastung im ulnocarpalen Gelenk durch die Gefügestörung sowie die erhöhte Spannung im TFCC kann zu dessen Schädigung führen. Kommt es nicht zu einer akuten Läsion des TFCC, so wird dieser langsam destruiert durch Zerreibevorgänge. Durch sekundäre Traumatisierung von Os lunatum und Os triquetrum und Affektion der Bänder des Handwurzelapparates entstehen ulnocarpale Handgelenksschmerzen bei Patienten mit fehlverheilten distalen Radiusfrakturen.

Ebenfalls von prognostischer Bedeutung ist die Stellung der Radiusgelenkfläche. In der hier untersuchten Patientengruppe konnte bei einem Neigungswinkel der Radiusgelenkfläche im seitlichen Strahlengang von mehr als fünf Grad nach dorsal (dies entspricht bei einer physiologischen Neigung von zehn Grad nach palmar einer durchschnittlichen Dislokation um 15 Grad) eine signifikante Vergrößerung des scapholunären Winkels auf im Mittel 62 Grad nachgewiesen werden. Damit liegt er an der oberen Normgrenze und legt eine Assoziation mit Handwurzelgefügestörungen nahe. Bei einer Dorsalabkipfung der Radiusgelenkfläche konnte eine Druckumverteilung von der Fossa scaphoidea zur Fossa lunata experimentell nachgewiesen werden⁵⁴, die mit einem erhöhten Arthroserisiko einher geht. Ein gemeinsames Auftreten von distalen Radiusfrakturen und scapholunären Bandverletzungen ist mehrfach detailliert beschrieben worden^{22, 53}. Ist die synergistische Bewegung des Os lunatum und Os scaphoideum gestört, kommt es aufgrund der Gelenkflächeninkongruenz zu einer Destruktion des Knorpelgewebes mit konsekutiver Arthrose und eventuellem Kollaps des karpalen Gefüges.

4.1 Schlussfolgerung

Maßgebend für die Ergebnisse bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen sind die Rekonstruktion der Radiusgelenkfläche unter Beibehaltung einer möglichst physiologischen Ausrichtung der Gelenkfläche sowie die Aufhebung der Radiusverkürzung.

Die Pseudarthrose des Processus styloides ulnae stellt eine Erfordernisfehlstellung dar, die signifikant häufig mit einer unzureichenden Reposition der distalen Radiusfraktur einhergeht. Die daraus entstandene Funktionsstörung durch Inkongruenz der Gelenkflächen führt zu einem erhöhten Arthroserisiko.

Patienten mit einer Radiusverkürzung bis zu zwei Millimeter und einer Neigung der Gelenkfläche von weniger als fünf Grad nach dorsal weisen signifikant bessere Funktionsergebnisse auf. Der Stellenwert einer möglichst exakten anatomischen Reposition sollte bei der Versorgung der distalen Radiusfraktur zur Vermeidung schlechter funktioneller Resultate hoch sein.

Das therapeutische Vorgehen muss weiterhin individuell festgelegt werden, jedoch können diese Daten als Eckwerte dienen.

5. Zusammenfassung

Maßgebend bei der Versorgung distaler Radiusfrakturen ist die Qualität der Reposition und Retention.

In der Nachuntersuchung von 35 Patienten mit distaler Radiusfraktur und begleitender Abrissfraktur des Ulnastyloids zeigten Patienten mit intraartikulärer Fraktur signifikant schlechtere funktionelle Ergebnisse.

Patienten mit einer Radiusverkürzung über zwei Millimeter wiesen ebenfalls signifikant schlechtere funktionelle Ergebnisse und eine im Mittel um fünf Grad nach dorsal abgekippte Gelenkfläche auf.

Die Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae dokumentiert eine Erfordernisfehlstellung und geht mit signifikant schlechteren

Bewegungsausmaßen einher. Diese Patienten wiesen eine signifikante Abkipfung der Radiusgelenkfläche nach dorsal auf.

Ein signifikanter Anstieg des scapholunären Winkels konnte bei einer Neigung der Radiusgelenkfläche von mehr als 5° nach dorsal nachgewiesen werden. Er betrug im Mittel 62°.

Um ein möglichst gutes funktionelles Ergebnis bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen zu erzielen, können aufgrund der hier demonstrierten Zahlen eine Radiusverkürzung über zwei Millimeter sowie eine Neigung der Radiusgelenkfläche im seitlichen Strahlengang von über fünf Grad nach dorsal als Eckwerte dienen, um im Einzelfall die Indikation zur Korrektur zu überprüfen.

6. Literaturverzeichnis

1. Aro HT, Koivunen T: Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles´ fracture treatment. *J Hand Surg* 16-A: 392-398 (1991)
2. Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA: Features of algodystrophy after Colles´ fracture. *J Bone Joint Surg Br* 72(1): 105-110 (1990)
3. Axelrod T, Paley D, Green J, McMurtry RY: Limited open reduction of the lunate facet in comminuted intraarticular fractures of the distal radius. *J Hand Surg Am* 13: 372-377 (1998)
4. Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF: The effects of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study. *J Hand Surg Am* 22: 258-262 (1997)
5. Brunner R.: Distale intraartikuläre Radiusfrakturen: Indikation für den Fixateur externe. *Helv Chir Acta* 52: 861-864 (1985)
6. Buck-Gramcko D.: Frakturen am distalen Radiusende. Hippokrates Verlag Stuttgart: 18 (1987)
7. Catalano LW, Cole RJ, Gelberman RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borrelli J: Displaced intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Long-term results in young adults after open reduction and internal fixation. *J Bone Joint Surg Am* 79: 1290-1302 (1997)
8. Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL: Complications of Colles' fractures. *J Bone Joint Surg Am* 62: 613-619 (1980)
9. Colles A: On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Journal of Medical Surgery Edinburgh* 10: 182-185 (1814)
10. DiBenedetto MR, Lubbers LM, Ruff ME, Nappi JF, Coleman CR: Quantification of error in measurements of radial inclination and radiocarpal distance. *J Hand Surg* 16A: 399-400 (1991)
11. Dresing K, Peterson T, Schmidt-Neuerburg KP: Compartment pressure in the carpal tunnel in distal fractures of the radius. A prospective study. *Arch Orthop Trauma Surg* 113: 285-289 (1994)
12. Durst J, Rohen JW: *Chirurgische Operationslehre*. Schattauer Verlag Stuttgart, New York: 830 (1996)
13. Ehalt W: Die Bruchformen am unteren Ende der Speiche und Elle. *Arch Orthop Unfall Chir* 35: 397-442 (1935)

14. Fernandez DL, Albrecht HU, Saxer U: Die Korrekturosteotomie am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Arch Orthop Unfall Chir 90: 199-211 (1977)
15. Fernandez DL, Geissler WB: Treatment of displaced articular fractures of the radius. J Hand Surg 16A: 136-177 (1991)
16. Fernandez DL, Jupiter JB: Fractures of the distal radius. New York: Springer Verlag: 49-50 (1996)
17. Fischer M: Begleitende karpale Bandläsionen bei frischen distalen Radiusfrakturen – arthroskopische Studie über 54 Fälle. Acta Chir. Austriaca 29: 177-179 (1997)
18. Förstner H: Morphology of the distal radio-ulnar joint. Surgical orthopedic consequences. Handchir Mikrochir Plast Chir 22: 296-303 (1990)
19. Friedman SL, Palmer AK: The ulnar impaction syndrome. Hand Clin 7(2): 295-310 (1991)
20. Frykman G: Fracture of the distal radius including sequelae--shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop Scand Suppl 108: 3 (1967)
21. Gartland JJ, Werley CW: Evaluation of Healed Colles' Fractures. J Bone Joint Surg Am 33: 895-907 (1951)
22. Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, McIntyre LE, Whipple TL: Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intraarticular fracture of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am 78: 357-365 (1996)
23. Grechenig W, Peicha G, Fellingner M, Seibert FJ, Preidler KW: Wrist arthrography after acute trauma to the distal radius: diagnostic accuracy, technique, and sources of diagnostic errors. Invest Radiol 33(5): 273-278 (1998)
24. Haas N, Tempka A: Behandlung der distalen Radiusfraktur – Diagnostik und Therapie der örtlichen Begleitverletzungen. Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir: 687-692 (1990)
25. Hagert CG: Distal radius fracture and the distal radioulnar joint: anatomical considerations. Handchir Mikrochir Plast Chir 26: 22-26 (1994)
26. Hartz CR, Beckenbaugh D: Long-term results of resection of the distal ulna for posttraumatic conditions. J Trauma 19: 219-226 (1979)

27. Hasse FM, Müller-Lange P: *Klinikleitfaden Chirurgie* 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag Ulm, Stuttgart, Jena, Lübeck: 144 (1997)
28. Jenkins NH: The unstable Colles' fracture. *J Hand Surg Br*; 14(2): 149-154 (1989)
29. Jupiter JB, Fernandez DL: Comparative classification for fractures of the distal end of the radius. *J Hand Surg Am* 22: 563-571 (1997)
30. Jupiter JB: Fractures of the distal end of the radius. *J. Bone Joint Surg* 73 A: 461-469 (1991)
31. Kapandji A: L'ostéosynthèse par double embrochage intrafocal. Traitement fonctionnel des fractures non-articulaires de l'extrémité inférieure du radius. *Ann. Chir.* 30: 903-908 (1976)
32. Kapandji A: Biomechanics of the carpus and the wrist. *Ann Chir Main* 6: 147-169 (1987)
33. Kessler I, Hecht O: Present application of the Darrach procedure. *Clin Orthop* 72: 254-260 (1970)
34. Kihara H, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD: The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint congruency and forearm rotation. *J Hand Surg Am* 21(1): 40-47 (1996)
35. Kurvers HA: Reflex sympathetic dystrophy: facts and hypothesis. *Vasc Med* 3(3): 207-214 (1998)
36. Kwasny O, Barisani GR, Schabus R, Hertz H: Ergebnisse und Analyse von Misserfolgen der konservativen Therapie bei distaler Radiusfraktur. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 23: 240-244 (1991)
37. Kwasny O, Schabus R, Hertz H: Ergebnisse von konservativ behandelten Radiusfrakturen an typischer Stelle. *Aktuelle Traumatol* 20: 1-5 (1990)
38. Langenberg R: Der Abbruch des Processus styloideus ulnae - sein Einfluss auf die Handgelenkfunktion bei distalen Radiusfrakturen. *Zentralbl Chir* 114: 1006-1011 (1989)
39. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS: Traumatic instability of the wrist. Diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg Am* 54: 1612-1632 (1972)
40. Mallmin H, Ljunghall S: Incidence of Colles' fracture in Uppsala. A prospective study of a quarter-million population. *Acta Orthop Scand* 63 (2): 213-215 (1992)
41. McKee MD, Richards RR: Dynamic radio-ulnar convergence after the Darrach procedure. *J Bone Joint Surg Br* 78(3): 413-418 (1996)

42. Meine J: Die Früh- und Spätkomplikationen der Radiusfraktur loco classico. Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr 82: 25-32 (1989)
43. Melik N, Togninalli D, Biegger P: Retrospektive Analyse konsekutiv behandelte distaler Radiusfrakturen mit Fixateur externe. Unfallchirurg 97: 645-648 (1994)
44. Melone CP: Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. Clin Orthop 202: 103-111 (1984)
45. Mikic ZD: Treatment of acute injuries of the triangular fibrocartilage complex associated with distal radioulnar joint instability. J Hand Surg Am 20: 319-323 (1995)
46. Möllenhoff G, Walz M, Sistermann R: Posttraumatische Korrekturosteotomien am distalen Unterarm. Handchir Mikrochir Plast Chir 24(3): 145-150 (1992)
47. Müller ME: Die umfassende Klassifikation der Frakturen der langen Röhrenknochen. In: Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (eds) Manual der Osteosynthese Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 118 (1992)
48. Oestern HJ, Huls E: Die differenzierte Behandlung distaler Radiusfrakturen. Zentralbl Chir 119(8): 521-532 (1994)
49. Oskarsson GV, Aaser P, Hjal A: Do we underestimate the predictive value of the ulnar styloid affection in Colles fractures? Arch Orthop Trauma Surg 116: 341-344 (1997)
50. Pachucki A: Stiff fixation distaler Radiusfrakturen – Indikation, Technik, Ergebnisse. Acta Chir. Austriaca 29: 197-200 (1997)
51. Palmer AK, Glisson RR, Werner FK: Relationship between ulnar variance and triangular fibrocartilage complex thickness. J Hand Surg 6: 153-162 (1981)
52. Pechlaner S: Einteilung distaler Radiusfrakturen. Acta Chir Austr 4: 189-193 (1997)
53. Peicha G, Fellingner M, Seibert FJ, Grechenig W, Schippinger G: Scapholunäre Bandverletzungen beim akuten Handgelenktrauma. Unfallchirurg 100(6): 430-437 (1997)
54. Pogue DJ, Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, Jenkins DK, Sweo TD, Hokanson JA: Effects of distal radius fracture malunion on wrist joint mechanics. J Hand Surg Am 15: 721-727 (1990)
55. Poigenfürst J, Tuchmann A: Significance of ulnar ligament injuries in typical radius fractures. Handchirurgie 10: 121-125 (1978)

56. Poigenfürst J: Brüche am distalen Unterarmende. Hefte Unfallheilkunde 148: 53-59 (1980)
57. Rappold G, Poigenfürst J: Should an osseous rupture of the ulnar styloid in radius fractures be repaired? Handchir Mikrochir Plast Chir 29: 234-237 (1997)
58. Rikli D, Küpfer K, Bodoky A: Long-term results of the external fixation and early function. J Trauma 44(6): 970 (1998)
59. Robertsson GO, Jonsson GT, Sigurjonsson K: Epidemiology of distal radius fractures in Iceland in 1985. Acta Orthop. Scand. 61: 457-459 (1990)
60. Sarmiento A, Cooper JS, Sinclair WF: Forearm fractures. Early functional bracing - A preliminary report. J Bone Joint Surg Am 57: 297-304 (1975)
61. Schmalholz A: Closed rereduction of axial compression in Colles' fracture is hardly possible. Acta Orthop Scand 60(1): 57-59 (1989)
62. Schweiberer L: Frakturen und Luxation im Bereich des distalen Radiusendes und der Handwurzel. Langenbecks Arch Chir 334: 171-180 (1973)
63. Seibert FJ, Peicha G, Grechenig W, Schippinger G, Passler JM, Fellingner M: Radiusfraktur loco typico. Arthroskopie 11: 259-270 (1998)
64. Stewart HD: The hand complications of Colles' fractures. J Bone Joint Surg Ser A 62 (4): 613-619 (1989)
65. Taleisnik J, Watson HK: Midcarpal instability caused by malunited fractures of the distal radius. J Hand Surg Am 9: 350-357 (1984)
66. Taras J, Melone CP: Hypertrophic neuropathy presenting with ulnar nerve compression: a case report. J Hand Surg Am 20: 233-234 (1995)
67. Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB: Factors affecting functional outcome of displaced intraarticular distal radius fractures. J Hand Surg 19-A: 325-340 (1994)
68. Tscherne H, Jahne J: Aktueller Stand der Therapie der distalen Radiusfraktur. Unfallchirurg 93: 157-164 (1990)
69. Tscherne H, Wippermann BW: Conservative treatment in fractures of the upper limb. Chirurg 61: 752-760 (1990)
70. Tsukazaki T, Iwasaki K: Ulnar wrist pain after Colles' fracture. 109 fractures followed for 4 years. Acta Orthop Scand 64: 462-464 (1993)
71. van der Laan L, Goris RJ: Reflex sympathetic dystrophy. An exaggerated regional inflammatory response? Hand Clin Aug 13(3): 373-385 (1997)
72. van der Laan L, Goris RJ: Sudeck's syndrome. Was Sudeck right? Unfallchirurg 100(2): 90-99 (1997)

73. van Schoonhoven J, Prommersberger KJ, Lanz U: Die Bedeutung des distalen Radioulnargelenks bei rekonstruktiven Eingriffen nach fehlverheilten körperfernen Speichenbrüchen. *Orthopäde* 28: 864-871 (1999)
74. Villar RN, Marsh D, Rushton N, Greatorex RA: Three years after Colles' fracture. A prospective review. *J Bone Joint Surg Br* 69: 635-638 (1987)
75. Wiemer P, Koster G, Felderhoff J, Weber U: Frakturen am distalen Radius. Wandel der therapeutischen Strategien. *Orthopäde* 28(10): 846-852 (1999)
76. Wilhelm A: Die Gelenkdenervation und ihre anatomischen Grundlagen. Ein neues Behandlungsprinzip in der Handchirurgie. *Hefte Unfallheilk* 86, 1-109 (1966)
77. Wilhelm K: Indications and results of corrective radius operations. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 17(4): 225-229 (1985)
78. Windisch G, Weiglein A, Grechenig W, Peicha G: Anatomy of the distal radio-ulnar joint (DRUJ) and the ulno-carpal complex. *European Journal of Trauma, E-Suppl.* 1: 169-174 (2001)

Danksagung

Herrn PD Dr. med. M. Mentzel danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für die freundliche und wertvolle Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.