

Aus der Klinik für Orthopädische, Unfall- und
Wiederherstellungschirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Die Wirkung von Kompressionshandschuhen bei der
frühfunktionellen Nachbehandlung operativ versorgter distaler
Radiusfrakturen

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Dipl.-Med. Petra Teßmann

aus Berlin

Gutachter/in: 1. Prof. Dr. med. W. Ertel
 2. Prof. Dr. rer. nat. D. Blottner
 3. Priv.-Doz. Dr. med. H.-J. Erli

Datum der Promotion: 25.10.2013

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis	4
1. Einleitung	6
2. Anatomie	8
3. Biomechanik	10
4. Distale Radiusfraktur	11
4.1. Frakturmechanismus	11
4.2. Klassifikation	11
4.3. Begleitverletzungen	16
4.4. Diagnostik	16
4.5. Therapie	17
4.5.1. Konservative Therapie	18
4.5.2. Operative Therapie	19
4.5.2.1. Minimalinvasive Eingriffe	21
4.5.2.1.1. Schraubenosteosynthese	21
4.5.2.1.2. Kirschnerdrahtosteosynthese	22
4.5.2.1.3. Fixateur-externe-Osteosynthese	24
4.5.2.2. Primär offene Verfahren	25
4.5.2.2.1. Plattenosteosynthesen	25
4.5.2.2.1.1. Nicht winkelstabile Plattenosteosynthesen	26
4.5.2.2.1.2. Winkelstabile Plattenosteosynthesen	26
4.6. Komplikationen	29
4.7. Nachbehandlung	30
4.7.1. Nachbehandlung bei konservativer Therapie	31
4.7.2. Nachbehandlung bei operativer Therapie	31

4.7.2.1.	Kirschnerdrahtosteosynthese	31
4.7.2.2.	Fixateur-externe-Osteosynthese	32
4.7.2.3.	Nicht winkelstabile Plattenosteosynthese	32
4.7.2.4.	Winkelstabile Plattenosteosynthese	32
5.	Fragestellung	33
6.	Vorstudie	35
6.1.	Studiendesign	35
6.2.	Material und Methode	36
6.2.1.	Einschlusskriterien	36
6.2.2.	Ausschlusskriterien	36
6.2.3.	Messungen	37
6.2.3.1.	Zeitpunkte	37
6.2.3.2.	Volumenmessungen	37
6.2.3.3.	Umfangsmessungen	38
6.2.3.4.	Messungen der Bewegungsumfänge	39
6.3.	Ergebnisse	41
6.4.	Schlussfolgerung der Pilot-Studie	44
7.	Studie	44
7.1.	Studiendesign	44
7.2.	Material und Methode	45
7.2.1.	Einschlusskriterien	45
7.2.2.	Ausschlusskriterien	46
7.3.	Osteosynthesematerial	46
7.3.1.	LCP-Platten 3,5 distaler Radius	47
7.3.2.	Winkelstabile distale Radiusplatte WSP 3,5 distaler Radius	47
7.3.3.	Distale palmare Radiusplatten (Jupiter)	48

7.4.	Elastische Bandagen	49
7.5.	Interimshandschuh	50
7.6.	Messzeitpunkte	51
7.7.	Messungen	51
7.8.	Statistik	51
8.	Ergebnisse	53
8.1.	Verteilung nach Frakturtyp	54
8.2.	Osteosynthetische Versorgung	54
8.3.	Homogenität der Gruppen	55
8.4.	Geschlechtsverteilung	58
8.5.	Altersverteilung	60
8.6.	Operationsdauer	61
8.7.	Postoperative Schmerzen	61
9.	Auswertung	61
9.1.	Postoperative Schmerzen	61
9.2.	Volumen	62
9.3.	Schwellung	63
9.4.	Beweglichkeit	64
9.5.	Kosten	66
9.5.1.	Handschuh	66
9.5.2.	Elastische Binde	66
10.	Zusammenfassung	67
11.	Kritik	69
12.	Ausblick	72
	Literaturverzeichnis	74

Abbildungsverzeichnis

Fotos und Abbildungen erstellt durch Frau Dipl.-Med. Petra Teßmann

Abb. 1: Einteilung nach Frykman 1–4 obere Reihe, 5–8 untere Reihe	12
Abb. 2: Klassifikation nach Melone in Typ I bis V	13
Abb. 3: AO Klassifikation	15
Abb. 4: Perkutane Schraubenosteosynthese	21
Abb. 5: Stabilisierung der dorsalen Radiusfraktur durch Kirschner-Drähte	22
Abb. 6: Zusätzliche Stabilisierung bei dorso-ulnarem Fragment (40)	22
Abb. 7: Methode nach Kapandji. (40)	23
Abb. 8: Kombinierte Kirschnerdrahtversorgung	23
Abb. 9: Einsetzen der Schanz-Schrauben (40)	24
Abb. 10: Fixateur externe	25
Abb. 11: Einbringen des Drahtes in das distale Fragment	28
Abb. 12: Intraoperative Bildverstärkerkontrolle	28
Abb. 13: Konfektionierte Interimskompressionshandschuhe (Thuasne®)	34
Abb. 14: Schematische Darstellung der definierten Zeitpunkte der Messungen	37
Abb. 15: Volumenmessung der Unterarme mittels Wasserverdrängung	38
Abb. 16: Darstellung der Messpunkte	39
Abb. 17: Supination	40
Abb. 18: Pronation	40
Abb. 19: Extension	40
Abb. 20: Flexion	40
Abb. 21: Radialduktion	40
Abb. 22: Ulnarduktion	40
Abb. 23: Operative Versorgung mit Jupiterplatte	41
Abb. 24: Operative Versorgung mit LCP 3,5mm	42

Abb. 25: Supination am 5. p.o. Tag	42
Abb. 26: Pronation am 5. p.o. Tag	42
Abb. 27: Two-Sample T-Tests Power Analysis	43
Abb. 28: LCP-Platte 3,5 distaler Radius	47
Abb. 29: Kopfverriegelungsschrauben	47
Abb. 30: aap-Platte	48
Abb. 31: Kopfverriegelungsschrauben	48
Abb. 32: Jupiterplatte	49
Abb. 33: Abstützstift und Schrauben	49
Abb. 34: Frakturverteilung	54
Abb. 35: Osteosynthesematerial	55
Abb. 36: Kreuztabelle Seitenverteilung Handschuh/elastische Wicklung	56
Abb. 37: Verteilung Handschuh/elastische Wicklung	56
Abb. 38: Seitenverteilung	57
Abb. 39: Seitenverteilung Handschuh/elastische Wicklung	57
Abb. 40: Geschlechtsverteilung	58
Abb. 41: Geschlechtsverteilung Handschuh/elastische Wicklung	59
Abb. 42: Kreuztabelle Geschlechtsverteilung Handschuh/elastische Wicklung	59
Abb. 43: Altersverteilung	60
Abb. 44: Abnahme der Schmerzen	62
Abb. 45: Relativer Rückgang des Volumens nach Gruppen	63
Abb. 46: Relativer Rückgang der Schwellung der Handgelenke nach Gruppen	63
Abb. 47: Schwellung Mittelhand	64
Abb. 48: Zunahme der Beweglichkeit ein- und auswärts nach Gruppen	65
Abb. 49: Zunahme der Beweglichkeit Hohlhand/Handrücken nach Gruppen	65
Abb. 50: Änderung der Beweglichkeit Elle/Speiche	66

1. Einleitung

Die distale Radiusfraktur gehört zu den häufigsten Frakturen. Die Inzidenz liegt zwischen 2 und 3 Fällen pro 1 000 Einwohner und Jahr (41). Mit einer Häufigkeit von 10-25% aller Frakturen geht man in Deutschland von etwa 200 000 Fällen pro Jahr aus.

Ursächlich für die Entstehung der distalen Radiusfraktur ist der Sturz auf den ausgestreckten Arm, wobei die Stellung des Handgelenkes die Frakturform determiniert. Ist zum Zeitpunkt des Sturzes die Hand extendiert, entstehen die Colles-Frakturen. Eine flektierte Hand bedingt eine Smith-Fraktur. Den überwiegenden Anteil der Frakturen bilden mit 90% die Extensionsfrakturen. Nur in 10% aller Fälle sind Flexionsfrakturen erkennbar (47, 6).

Die distale Radiusfraktur tritt in allen Lebensalterstufen mit unterschiedlichen, aber typischen Erscheinungsformen auf. Während bei Kleinkindern die Wulstungsbrüche zu finden sind, ereilen Schulkindern und Jugendlichen vorwiegend Epiphysenbrüche. Beim männlichen Geschlecht liegt der Altersdurchschnitt um das 30. Lebensjahr. Die Unfallhergänge mit dominierenden Hochrasanztraumen oder Stürzen aus größerer Höhe bedingen die überwiegend auftretenden Trümmerbrüche. Besonders betroffen sind postmenopausale Frauen, die etwa zwei Drittel aller distalen Radiusfrakturen erleiden. Vor allem in der Kombination mit einer Osteoporose können bereits bei niederenergetischen Traumen Stauchungsbrüche mit komplexen Verletzungen, wie Trümmerfrakturen mit Zerstörung der Gelenkfläche, vorkommen (46, 61).

Das unterstreicht die volkswirtschaftliche Bedeutung der Behandlung der Fraktur. Auch wenn ein großer Teil der Patienten nicht mehr im berufsfähigen Alter ist, entstehen der Gesellschaft erhebliche Kosten. Einer Erhebung der gesetzlichen Unfallversicherung BG Chemie zufolge beträgt die durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit der Patienten 127 Tage (52).

In den Richtlinien der Berufsgenossenschaften ist eine vertretbare Arbeitsunfähigkeit von 8-12 Wochen angegeben. Untersuchungen der Verwaltungsberufsgenossenschaft weisen eine durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit zwischen 50 und 90 Tagen aus. Die Kosten pro Behandlungsfall schwanken in Abhängigkeit von der Schwere der Fraktur und der Nachbehandlung zwischen 2 000 € und 10 000 € (33). Die Gesamtkosten

werden allerdings durch die Rentenleistungen geprägt. Im Rentenfall werden die Kosten mit 120 000 € je Fall beziffert (52).

Die bisherige Behandlung bestand entweder in der alleinigen geschlossenen Reposition der Fraktur oder in der operativen Versorgung mittels Kirschnerdrähten, Schrauben oder Plattenosteosynthesen. Allen Verfahren schloss sich eine mindestens vierwöchige Immobilisation des Handgelenkes und Unterarmes in einem Castverband an. Erst danach konnte die Krankengymnastik beginnen.

Mit der Entwicklung winkelstabiler Implantate konnten erstmals Verfahren am distalen Radius Anwendung finden, die eine primär übungsstabile Versorgung der Frakturen ermöglichen (45, 60). Damit ist ein Umdenken in der Nachbehandlung zwingend notwendig. Insbesondere gilt es, die frühfunktionellen Möglichkeiten in vollem Umfang zu nutzen. Nur so kann ein bestmögliches funktionelles Ergebnis in einer kurzen Zeitspanne erreicht werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei der posttraumatischen und postoperativen Schwellung zu widmen. Eine rasche Abschwellung bildet die Voraussetzung für eine zügige Wiederherstellung der Beweglichkeit. Hinlänglich bekannt ist die entstauende Wirkung von Kompressionsbandagen.

Aufbauend auf den guten Erfahrungen in der Kompressionsbehandlung der unteren Extremitäten (7) und in der Behandlung von Lymphödemen der oberen Extremitäten, vor allem beim Mammakarzinom (22, 35) und in der Verbrennungschirurgie (68), mit konfektionierten Kompressionsbandagen, stellte sich die These, dass dieser Effekt bei der distalen Radiusfraktur nutzbar ist.

Im Rahmen einer prospektiv randomisierten Studie sollte die Frage beantwortet werden, ob die Anwendung von konfektionierten Kompressionshandschuhen mit Stulpe einen günstigeren Einfluss auf die Wiederherstellung der Funktion und die Abschwellung gegenüber der elastischen Wicklung aufweist.

Hierbei kamen für die Wicklung die elastischen Uniflex-Universal Binden® der Firma BSN und die Cicatrex-Interimshandschuhe® der Firma Thuasne als konfektionierte Kompressionsbandage zum Einsatz.

Die konfektionierten Handschuhe standen in sechs standardisierten Größen sofort zur Verfügung.

2. Anatomie

Im Handgelenk artikulieren die Elle, die Speiche und die Handwurzelknochen. Es werden drei Teilgelenke unterschieden. Dabei handelt es sich um das distale Radio-Ulnargelenk, das proximale und das distale Handgelenk. Das Zusammenspiel der drei Teilgelenke ermöglicht die Bewegung in den drei Hauptachsen. Im Handgelenk können Extension und Flexion, Abduktion und Adduktion sowie Pro- und Supination ausgeführt werden.

Die Pro- und Supination vollziehen sich im distalen Radio-Ulnargelenk, einem Radgelenk. Der Radius umfährt bei der Bewegung die Ulna. Das Ligamentum anulare und der Recessus sacciformis sichern den Radius. Die Membrana interossea, die die beiden Knochen verbindet, stabilisiert Radius und Ulna gegen Längsverschiebung (50).

Das proximale Handgelenk, die *Articulatio radiocarpea*, stellt die Verbindung des Radius mit der proximalen Handwurzelreihe dar. Die *Ossa scaphoideum*, *lunatum* und *triquetrum* bilden diese Reihe. Das Gelenk nennt man auf Grund seiner Form Eigelenk, welches Ab- und Adduktion sowie Flexion und Extension der Hand ermöglicht (59). Der Gelenkanteil des distalen Radius ist bikonkav und dreieckförmig. Die Spitze des Dreiecks zeigt zum *Processus styloideus radii*, die Basis dient der gelenkigen Verbindung mit dem Ulnaköpfchen. Die Gelenkfläche weist Facetten für das artikulierende *Os scaphoideum* und das *Os lunatum* auf. Die *Lunatumfacette* liegt auf der gleichen Höhe wie das Ulnaköpfchen, mit einer Varianz von 2 mm. Darüber hinausgehende Abweichungen bezeichnet man als Plus- oder Minusvariante. Ebenso wie bei anlagebedingten Abweichungen können entsprechende posttraumatische Veränderungen bei der Plusvariante zu einem ulnaren Impingement mit Schädigung des *Fibrocartilago triangularis* führen. Die Minusvariante vermehrt die karpale Belastung, was unter Umständen eine avasculäre *Lunatumnekrose* bedingen kann (20).

Das distale Handgelenk, die *Articulatio mediocarpea*, ist ein verzahntes Scharniergelenk. Die untereinander verzahnten proximalen und distalen Reihen der Handwurzelknochen bilden dieses Gelenk. Die distale Reihe der Handwurzelknochen besteht aus dem *Os trapezium*, dem *Os trapezoideum*, dem *Os capitatum* und dem *Os hamatum*. Sowohl die Bewegungen der *Palmarflexion* und *Dorsalextension* als auch von *Radial-*

und Ulnarduktion sind kombinierte Bewegungen, welche von beiden Gelenken ausgeführt werden (5, 50, 59).

Das Erbsenbeingelenk, *Articulatio ossis pisiformis*, als Gelenk zwischen *Os pisiforme* und *Os triquetrum* besitzt eine weite Gelenkkapsel, die eine beträchtliche Verschiebung ermöglicht. Da das *Os pisiforme* in die Sehne des *M. flexor carpi ulnaris* eingelagert ist, fasst man es auch als Sesambein auf (5).

Die Gelenke sind von einem komplexen dreischichtigen Kapsel-Band-Apparat eingehüllt.

Die auf das Handgelenk wirkenden Muskeln werden entsprechend ihrer hauptsächlichen Funktion in zwei Gruppen eingeteilt. Die Flexoren beugen das Handgelenk und bestehen aus dem *Musculus flexor carpi radialis*, dem *Musculus palmaris longus* und dem *Musculus flexor carpi ulnaris*. Im Gegensatz dazu strecken die Extensoren. Zu ihnen gehören der *Musculus extensor carpi radialis longus*, der *Musculus extensor carpi radialis brevis* und der *Musculus extensor carpi ulnaris*.

Während der *Musculus flexor carpi radialis* und die *Musculi extensor carpi radialis longus et brevis* zudem eine Abduktion bewirken, führen Kontraktionen des *Musculus flexor carpi ulnaris* und des *Musculus extensor carpi ulnaris* zu einer Adduktion (16).

Die Blutversorgung des Handgelenkes erfolgt über die *Arteria radialis*, die *Arteria ulnaris* und die *Arteria interossea*. Der *Nervus medianus* und der *Nervus ulnaris* innervieren das Handgelenk.

Die Lymphe des gesamten Körpers ergießt sich in das Einzugsgebiet der oberen Hohlvene. Im *Angulus venosus*, dem Zusammenfluss von *Vena jugularis interna* und *Vena subclavia*, münden rechts und links je ein Hauptlymphstamm.

Der linksseitig gelegene *Ductus thoracicus* sammelt die Lymphe aller Organe und Regionen unterhalb des Zwerchfells und der linken Seite oberhalb des Zwerchfells. In den kleineren *Ductus lymphaticus dexter* drainieren lediglich der rechte Thorax, rechter Arm und rechte Kopfhälfte. Dreiviertel der gesamten Lymphe wird über den *Ductus thoracicus* abgeleitet (5).

Die interstitielle Gewebeflüssigkeit wird über die Lymphkapillaren zu den regionären Lymphknoten geleitet. Nach Filtration und Vermischung der Lymphe der Brustwand leiten die *Vasa efferentia* die Lymphe des Armes in den *Truncus subclavius*.

3. Biomechanik

Die Bewegung im Handgelenk vollzieht sich in komplexen funktionellen Einheiten, die sich gegenseitig beeinflussen. Die *Articulatio radioulnaris distalis*, die mechanisch an das proximale Handgelenk gekoppelt ist, ermöglicht die Pro- und Supination des Unterarmes. Der radio-karpale Gelenkkomplex mit dem proximalen und distalen Handgelenk erlaubt sowohl die Ab- und Adduktion als auch die Extension und Flexion. Senkrechte und quere Achsen stellen Hauptachsen dar, die weitere Bewegungen zulassen. Insgesamt besteht ein eiförmiger Bewegungsraum.

Die ungestörten Bewegungsumfänge betragen im Normalfall:

- Pro- und Supination je 90°
- Radialabduktion 25° , 15° entfallen auf das Radiokarpalgelenk und 10° auf das Mediokarpalgelenk
- Ulnaradduktion 45° , wovon 20° im Radiokarpalgelenk und 25° im Mediokarpalgelenk bewegt werden
- Extension und Flexion mit jeweils 85° , davon 35° im Radiokarpal- und 50° im Mediokarpalgelenk (5, 43, 50)

Der *Discus triangularis* fungiert als druckübertragendes und adaptierendes Element zwischen der karpalen Ulnakopffläche und den *Ossa lunatum et triquetrum*. Wegen der doppelten Verankerung an der radialen Basis des *Processus styloideus ulnae* und an diesem selbst muss eine Fraktur des Griffelfortsatzes nicht unbedingt eine vollständige ulnare Ablösung des *Discus* nach sich ziehen (37).

Die Kraftübertragung geschieht im proximalen Handgelenk zu 60 % vom distalen Radius zum *Os scaphoideum* und zum *Os lunatum*. Zu 40 % verläuft die Kraftachse über das *Caput ulnae*, den *Discus triangularis*, das *Os lunatum* und das *Os triquetrum*. Das Teilgelenk wird als *Articulatio ulnaris carpalis* bezeichnet. Der Gelenkdruck zwischen Radius und *Os scaphoideum* ist höher als der zwischen Radius und *Os lunatum*.

4. Distale Radiusfraktur

4.1. Frakturmechanismus

Ursache der distalen Radiusfraktur sind Stürze auf die ausgestreckte Hand. Eine durchschnittlich einwirkende Kraft von 282 kp (140- 440 kp) beim Mann und 195 kp (105- 320 kp) bei der Frau führt hierbei zur Fraktur (13). Die Stellung der Hand zum Zeitpunkt des Unfalles entscheidet dabei über die Form der Fraktur.

Zur typischen Fraktur am distalen Radius mit dorsal liegender Trümmerzone kommt es bei einem Extensionswinkel zwischen 40° und 90° und gleichzeitiger Ab- oder Adduktion. Je größer der Extensionswinkel ist, desto stärker muss die Kraft sein, die zur Fraktur führt. Bei Extensionswinkeln über 90° treten Verletzungen oder Frakturen im Handwurzelbereich auf. Extensionswinkel unter 40° bedingen eher Frakturen des Unterarmschaftes oder des Ellenbogens (13, 43).

Die selteneren Frakturen nach Sturz auf die flektierte Hand führen zu einer palmaren Radiusabscherung mit palmarer Trümmerzone.

4.2. Klassifikation

Zur Befundbesprechung und zur Festlegung der Therapie, aber auch zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, sind eine Klassifizierung und damit gemeinsame Einteilung Grundvoraussetzung.

Historisch wurden die Radiusfrakturen nach ihren Erstbeschreibern benannt. Im deutsch- und englischsprachigen Gebiet hat sich die Bezeichnung der extraartikulären metaphysären Radiusfrakturen mit dorsaler Verschiebung nach Abraham Colles (1814) (41) durchgesetzt. Lediglich im französischen Sprachraum bezieht man sich auf den dortigen Erstbeschreiber Pouteau (1783) (50).

Die Frakturen mit palmarer Verschiebung des Bruchfragmentes heißen einheitlich Smith-Frakturen (1847) (43, 62).

Als Barton-Frakturen (1838) bezeichnet man die partiell intraartikulären Frakturen mit dorsaler Verschiebung des Carpus (3). Analog dazu nennt man Frakturen mit palmarer Verschiebung des Carpus reversed Barton Frakturen.

In der Systematisierung von Frykman (1967) (13) wird besonders zwischen extra- und intraartikulären Frakturen unterschieden und die Frakturform berücksichtigt. Die Einteilung erfolgt nach dem extra- und intraartikulären Frakturverlauf und dem zusätzlichen Abriss des Processus styloideus ulnae. Sie unterscheidet 8 Gruppen und beinhaltet Zusatzverletzungen im Bereich der distalen Ulna. Während als Typ A die extraartikulären Frakturen bezeichnet werden, sind Typ B die radiokarpalen Gelenkfrakturen und Typ C die radioulnaren Gelenkfrakturen. Der Typ D umfasst die Frakturen mit einer Gelenkbeteiligung beider Gelenke.

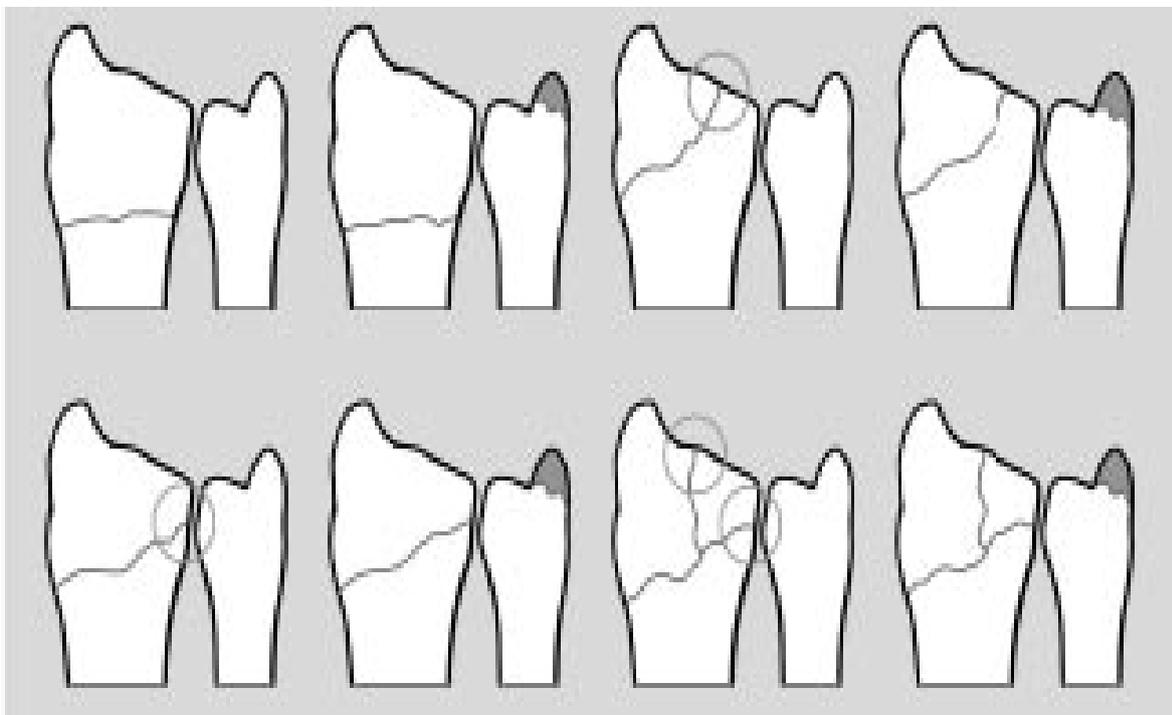


Abb. 1: Einteilung nach Frykman 1–4 obere Reihe, 5–8 untere Reihe

- Typ A: extraartikuläre Frakturen
- Frykman I: Querfraktur des Radius ohne Gelenkbeteiligung
- Frykman II: zusätzliche Fraktur des Processus styloideus ulnae
- Typ B: radiokarpale Gelenkfrakturen
- Frykman III: Schrägfraktur des Radius (Processus styloideus radii)
- Frykman IV: zusätzliche Fraktur des Processus styloideus ulnae
- Typ C: radioulnare Gelenkfrakturen

Frykman V: Querfraktur des Radius mit Beteiligung des distalen Radioulnargelenkes

Frykman VI: zusätzliche Fraktur des Processus styloideus ulnae

Typ D: Kombination der Gelenkbeteiligung beider Gelenke

Frykman VII: Kombination aus Typ III und Typ V

Frykman VIII: zusätzliche Fraktur des Processus styloideus ulnae

Bekannt ist auch die Einteilung intraartikulärer Frakturen nach Melone in 5 Typen, die den unterschiedlichen Stabilitätsgrad der Fraktur beschreibt (34).

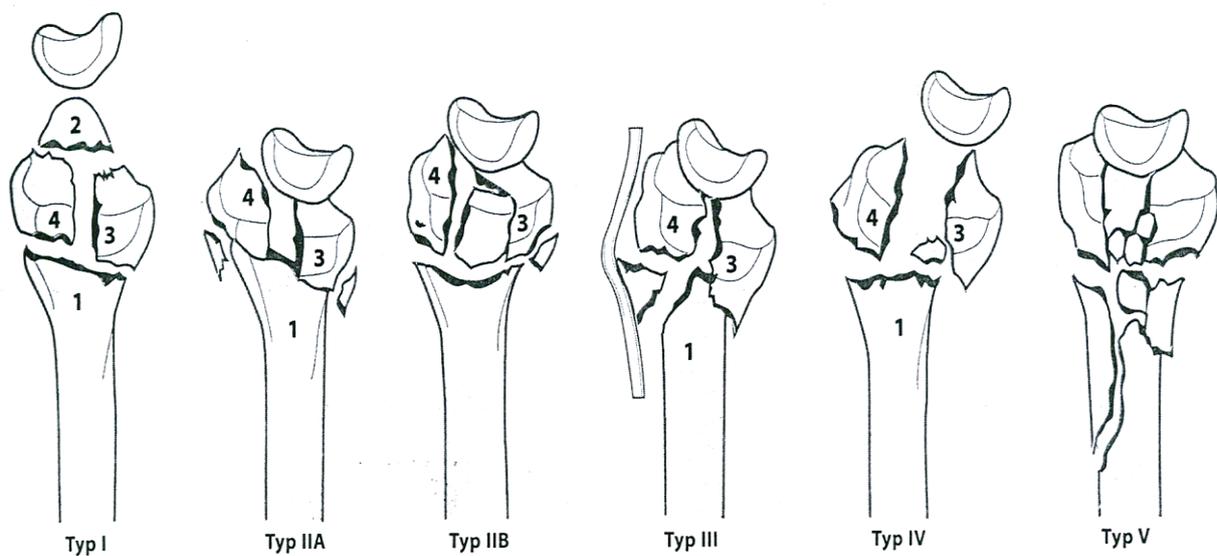


Abb. 2: Klassifikation nach Melone in Typ I bis V:

Typ I: stabile Fraktur: nicht disloziert oder keine Verkürzung bzw. Stauchung

Typ II: instabile Fraktur: mäßige oder erhebliche Dislokation des medialen Komplexes als Einheit mit Einstauchung der palmaren und dorsalen Kortikalis, Trennung des medialen Komplexes vom Processus styloideus ulnae, Verkürzung des Radius um mehr als 5-10 mm, Dorsalkippung meist mehr als 20°

Typ II A: retinierbar

Typ II B: nicht retinierbar

- Typ III: „Spike Fraktur“: instabil, Dislokation des medialen Komplexes, zusätzlich Aussprengung eines palmaren Fragments
- Typ IV: Mehrfragmentfraktur: instabil, erhebliche Eintauchung des medialen Komplexes, Fragmente auseinander gesprengt und möglicherweise rotiert
- Typ V: komplexe Trümmerfraktur (32)

Im deutschsprachigen Raum hat sich die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese immer mehr durchgesetzt. Die Fraktуреinteilung der AO geht auf M. E. Müller zurück und unterscheidet zwischen:

- den extraartikulären Frakturen (Typ A),
- den partiell artikulären Frakturen (Typ B) sowie
- den komplexen artikulären Frakturen (Typ C).

Entsprechend der hierarchischen Gliederung der AO-Klassifikation folgen Gruppen und Untergruppen(38).

A1-Verletzungen umfassen die isolierten distalen Ulnafrakturen. Die A2-Klassifikation beschreibt die einfachen extraartikulären Radiusfrakturen mit dorsaler (Typ A2.2, Colles-Fraktur) bzw. palmarer (Typ A2.3, Smith-Fraktur) Abkippung des distalen Fragments. Bei bestehender metaphysärer Trümmerfraktur sind die extraartikulären Frakturen der Speiche unter A3 nach den gleichen Prinzipien zusammengefasst.

Die Unterteilung der Typ B-Verletzungen erfolgt nach der Richtung der Frakturebene. Bei der Gruppe B1 (Chauffeur-Fraktur) verläuft sie in sagittaler Richtung. Während die B2-Verletzungen eine Fraktur der dorsalen Kante (Barton-Fraktur) (3, 65) zeigen, weisen die B3-Verletzungen eine Fraktur der palmaren Kante (reversed Barton) auf.

Die typischen Gelenkfrakturen sind die Typ C-Verletzungen. Bei den C1-Frakturen sind die Gelenkfläche und die Metaphyse einfach frakturiert. C2-Frakturen bedeuten eine Mehrfachfraktur der Metaphyse, begleitet mit einer Einfachfraktur der Gelenkfläche. Unter der C3-Gruppe werden alle Frakturen mit mehrfach frakturiert Gelenkfläche zusammengefasst.

Die in etwa 34% bis 80% gleichzeitig auftretende Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae (28) wird bei der Einteilung nach der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese nicht berücksichtigt.

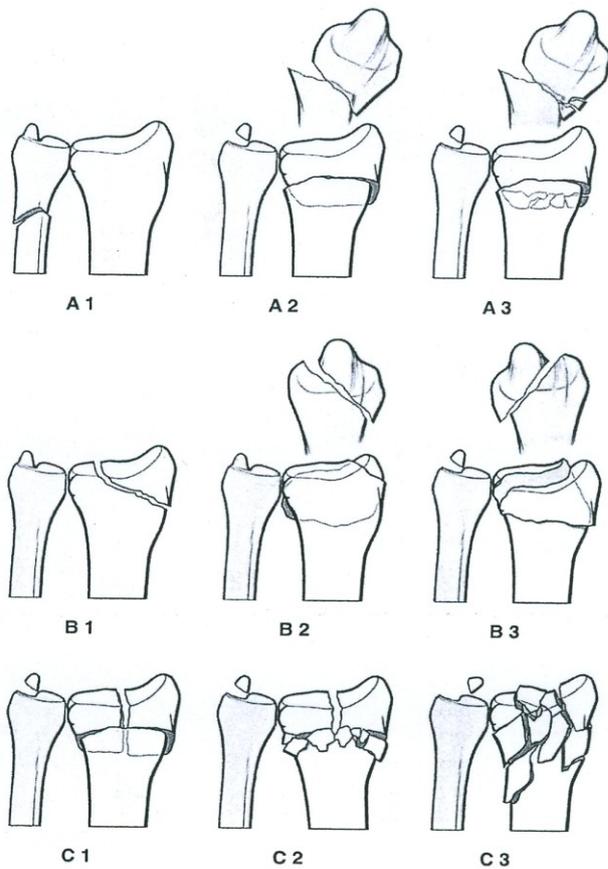


Abb. 3: AO Klassifikation

A 1: isolierte extraartikuläre Ulnafraktur, Radius intakt

A 2: extraartikuläre Radiusfraktur mit Dorsalabkipfung

A 3: multifragmentäre extraartikuläre Radiusfraktur

B 1: partiell artikuläre, sagittale Radiusfraktur

B 2: partiell artikuläre Radiusfraktur mit dorsalem Kantenabbruch (Barton)

B 3: partiell artikuläre Radiusfraktur mit volarem Kantenfragment (reversed Barton)

C 1: einfach artikuläre und metaphysäre Radiusfraktur

C 2: artikuläre Radiusfraktur, artikulär einfach, metaphysär mehrfragmentär

C 3: artikuläre Radiusfraktur, multifragmentär (38)

4.3. Begleitverletzungen

Abgesehen von Verletzungen im Rahmen von Hochrasanz- und Polytraumen werden bei der geschlossenen distalen Radiusfraktur als Monoverletzung begleitende Nerven- und Gefäßschäden in der benutzten Literatur selten erwähnt. Abhängig vom Grad der Gewalteinwirkung bzw. durch nach palmar dislozierte Frakturfragmente ist mit einer Druckschädigung des Nervus medianus im Sinne eines akuten post-traumatischen Karpaltunnelsyndroms zu rechnen.

Der schon genannte, häufig auftretende Abriss des Processus styloideus ulnae (28) spielt in der Frakturversorgung eine untergeordnete Rolle. Allerdings sollten persistierende Dislokationen des Processus nach erfolgter Reposition der Radiusfraktur osteosynthetisch versorgt werden.

Weitere Begleitverletzungen betreffen den ulnaren Komplex mit seinem Discus triangularis einschließlich des Band- und des Sehnenapparates. Radiokarpale und intra-karpale Verletzungen sind die Scaphoid-Frakturen, Luxationen und Bandzerreißen des distalen Radioulnargelenkes und der Handwurzel mit der perilunären Luxation, sowie Strecksehnenverletzungen, insbesondere des Daumens (11).

Besondere Bedeutung kommt der scapholunären Dissoziation als häufigster Ursache der karpalen Instabilität bei distalen Radiusfrakturen zu. Von ihr sind 40–70 % der Patienten mit einer intraartikulären Frakturform betroffen (15, 36, 56, 63).

Im Rahmen der Hochrasanztraumen, aber auch bei Patienten mit Gerinnungsstörungen, besteht die Gefahr der Ausbildung eines Kompartmentsyndroms der tiefen Beugemuskulatur mit seinen schwerwiegenden Folgen.

4.4. Diagnostik

Nach Erhebung der Unfallanamnese wird die Diagnose zunächst durch die klinische Untersuchung erhärtet. Schon der Aspekt mit der Fourchette- und Bajonettstellung, d.h. der charakteristischen Fehlstellung der Hand nach radial und dorsal, weist auf die

Fraktur hin. Auf die typischen Frakturhinweise wie Prellmarken, Hämatome und Weichteilschwellungen, verbunden mit Bewegungsschmerz und Krepitation, ist zusätzlich zu achten.

Die Basisdiagnostik stellt die biplanare Bildgebung durch standardisierte Röntgenaufnahmen dar. Hier ist das Augenmerk auf eine exakte Strahlenrichtung bezüglich der Gelenkfläche zu richten. Dies kann durch Unterlagerung der ulnaren Handgelenkfläche im sagittalen und der palmaren Handgelenksfläche im postero-anterioren Strahlengang mit einer röntgendurchlässigen schrägen Lagerungsschiene von 20° erreicht werden.

Um eine korrekte Darstellung in zwei Ebenen zu erreichen, muss der Arm im Ellenbogen rechtwinklig gebeugt werden. Für den postero-anterioren Strahlengang ist der Arm in der Schulter nahezu 90° abduziert. Im seitlichen Strahlengang liegt der Arm weitgehend dem Körper an.

Bei ausgeprägten intraartikulären Destruktionen ist ein präoperatives Dünnschicht-CT mit multiplanarer Rekonstruktion in Koronar- und Sagittalebene zur Beurteilung der Gelenkfläche, deren Stufenbildungen und Diastasen hilfreich.

Nur in Ausnahmefällen, bei dringendem Verdacht auf eine intraartikuläre Bandverletzung oder Schädigung des Discus triangularis, ist eine weitere Diagnostik wie die Magnetresonanztomografie, die Sonographie oder die Arthroskopie erforderlich (11).

4.5. Therapie

Die allgemeinen Ziele der Behandlung gelenknaher Frakturen sind die Knochenbruchheilung in anatomischer Stellung sowie eine Wiederherstellung der Gelenkfunktion und des Weichteilschadens. Dies gilt auch für die distale Radiusfraktur.

Grundsätzlich sind in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere bei der Therapie der distalen Radiusfraktur entweder eine konservative oder eine operative Vorgehensweise möglich. Ziel jedweder Therapie beim körperfernen Speichenbruch ist, eine uneingeschränkte Wiederherstellung der Handfunktion zu schaffen. Hierbei stellt die weitgehend exakte Fragmentreposition die Grundvoraussetzung dar. Danach muss eine

ausreichende Retention des Repositionsergebnisses, entweder über eine konservative äußere oder operative innere bzw. äußere Stabilisierung gewährleistet sein.

4.5.1. Konservative Therapie

Die konservative Behandlung mit geschlossener Reposition und Retention durch einen Unterarmgips kann gute funktionelle Erfolge erzielen.

Die Indikation zum rein konservativen Vorgehen ist mit den vorangestellten Forderungen schon erheblich begrenzt.

Dementsprechend sind lediglich die stabilen extraartikulären und die gering dislozierten intraartikulären Frakturen ohne Begleitverletzungen konservativ zu therapieren. Weichteilschäden, traumatische Karpaltunnelsyndrome, Durchblutungsstörungen sowie komplexe Verletzungen und Frakturen des Handgelenkes und der Handwurzel schließen eine konservative Therapie aus (11).

In Anlehnung an die durch Jupiter (24) benannten Instabilitätskriterien ist die konservativ zu versorgende stabile distale Radiusfraktur durch folgende Merkmale ausgezeichnet:

1. nicht disloziert
2. besteht in einem extraartikulären Einspaltbruch
3. der Verlust der radialen Länge ist geringer als 2 mm
4. die dorsale Kippung ist geringer als 20°
5. es liegt keine assoziierte Ulnafraktur vor
6. es besteht radioulnare Stabilität

Voraussetzung für eine optimale Reposition ist eine suffiziente Schmerzausschaltung. Hierfür bietet die Bruchspaltanästhesie ein gängiges und einfaches Verfahren. Die Punktionsnadel wird dabei von proximal-dorsal nach distal-palmar in den Bruchspalt vorgeschoben. Nach Aspiration des Bruchspalthämatoms sind etwa 10 ml eines 1%igen

Lokalanästhetikums zu instillieren. Das Argument, dieses Verfahren verwandelt die geschlossene in eine offene Fraktur, wird durch die positiven klinischen Erfahrungen entkräftet.

Die Reposition erfolgt unter Ausnutzung der Ligamentotaxis in Rückenlage nach dem Prinzip von Zug und Gegenzug unter manuellem Druck. Hilfreich sind die sogenannten „Mädchenfänger“. Hierbei läuft der Zug über den Daumen. Die Extensionshülsen des 2. bis 4. Fingers dienen lediglich als Rotationsschutz des Carpus. Bei Seitverschiebungen muss manuell nachreponiert werden.

Charnley (8) verglich die Frakturflächen mit den Zähnen zweier Räder, die falsch ineinander greifen. Um bei der Reposition die Zähne nicht abzuscheren, ist unter vermehrtem Längszug ein Nachahmen des Unfallmechanismus mit forcierter Dorsalabwinkelung notwendig. Nur so kann die Seitverschiebung aufgehoben werden. Die wiederhergestellte korrekte Verzahnung ist ein wichtiger Stabilitätsfaktor.

Nach Kontrolle der korrekten Frakturstellung mit einem Bildwandler erfolgt die Ruhigstellung im Unterarmgips, zunächst bis zur weitgehenden Abschwellung als Spaltgips, über einen Zeitraum von etwa 4 Wochen. Die Reposition gelingt meist ohne Probleme, jedoch stellt die Beibehaltung des Repositionsergebnisses, d.h. die Retention, das eigentliche Problem in der konservativen Behandlung dar. Deshalb sind standardisierte Röntgenkontrollen nach vier, sieben und elf Tagen im Heilungsverlauf angezeigt, um einen Stellungsverlust frühzeitig zu erkennen und entsprechend therapieren zu können (4, 18, 26, 43).

4.5.2. Operative Therapie

In 30% der Fälle muss bei konservativem Vorgehen aber mit schlechten Ergebnissen gerechnet werden. Deswegen ist die operative Behandlung indiziert, wenn zwei oder mehr der Instabilitätskriterien nach Jupiter (24) bei den Extensionsfrakturen vorhanden sind.

Dabei gelten folgende Instabilitätskriterien:

1. dorsale Trümmerzone

2. Dorsalkippung um mehr als 20°
3. ulnarer Vorschub um mehr als 2 mm
4. radio-ulnare Instabilität
5. Abriss des Processus styloideus ulnae

Die radiologischen Zeichen der Instabilität sind nach Poigenfürst und Boszotta (6, 48):

1. Dorsalkippung des peripheren Fragmentes über 20°
2. Palmarkippung des peripheren Fragmentes bei schrägem Frakturverlauf
3. Abbruch einer beugeseitigen Gelenkklippe
4. Dorsale und/oder palmare dislozierte Kantenfragmente
5. Trümmerzonen mit Verkürzung des Radius um mehr als 4 mm
6. Basisnaher Abbruch des Ellengriffelfortsatzes und/oder dislozierte Trümmerfraktur

Darüber hinaus gelten die Flexionsfrakturen als Operationsindikation, insbesondere wenn der Carpus in der seitlichen Ebene vor die Verlängerung der Radiusachse verlagert ist.

Operativ versorgt werden sollten alle nicht stabil zu reponierenden Frakturen, die dislozierten intraartikulären Frakturen, die redislozierten Frakturen und Frakturen mit höhergradigem Weichteilschaden.

Ferner besteht eine Operationsindikation bei einem traumatischen Karpaltunnelsyndrom, Durchblutungsstörungen nach Reposition und bei Sehnenverletzungen der oberen Extremität.

Bei komplexen Handgelenks- oder Handwurzelverletzungen und bei Mehrfachverletzungen, insbesondere dem Polytrauma, ist eine sofortige operative Versorgung unumgänglich (11, 75).

Auch die distale Unterarmfraktur ist eine Operationsindikation. Das hohe Alter und eine Osteoporose stellen keine Kontraindikationen für die Operation dar.

4.5.2.1. Minimalinvasive Eingriffe

Hierunter sind die Operationsverfahren zusammengefasst, bei denen die Reposition und die Retention der Fragmente über minimale Zugänge erfolgen. Hierzu zählen die Schrauben- und Kirschnerdrahtosteosynthesen und die Anwendung des Fixateur externe, die jeweils allein oder in Kombination mit anderen Verfahren angewandt werden.

4.5.2.1.1. Schraubenosteosynthese

Die percutane Schraubenosteosynthese wird als alleiniges Verfahren lediglich bei isolierten Frakturen des Processus styloideus radii, der „Chauffeurfraktur“, eingesetzt. Sie verdankt ihren Namen einem Unfallmechanismus, nämlich dem Rückschlag der Startkurbel früherer Automobile. Das Os scaphoideum wirkt als Lastübermittler und frakturiert den Processus styloideus radii. Nach erfolgter Reposition wird zunächst das Repositionsergebnis mit einem oder zwei Kirschnerdrähten temporär fixiert. Danach können entweder kanülierte Schrauben über die Drähte eingebracht oder die Kirschnerdrähte schrittweise durch Schrauben ersetzt werden.



Abb. 4: Perkutane Schraubenosteosynthese

4.5.2.1.2. Kirschnerdrahtosteosynthese

Die Kirschnerdrahtfixierung über den Processus styloideus radii geht auf Lambotte (31) zurück. Zwei bis drei Kirschnerdrähte werden vom Processus styloideus radii aus nach proximal ulnar eingebohrt. Der Winkel zur Speichenlängsachse beträgt 30° bis 45°. In der Gegenkortikalis müssen sie sich fest verankern. Nur durch diese Verstrebung ist ein erneutes Zusammensintern der Fraktur zu vermeiden. Werden Gelenkfrakturen nach dieser Methode stabilisiert, wird zuerst ein Draht parallel zur Gelenkfläche eingeführt oder das ulnare Fragment mit einem weiteren Kirschnerdraht von dorso-ulnar fixiert.

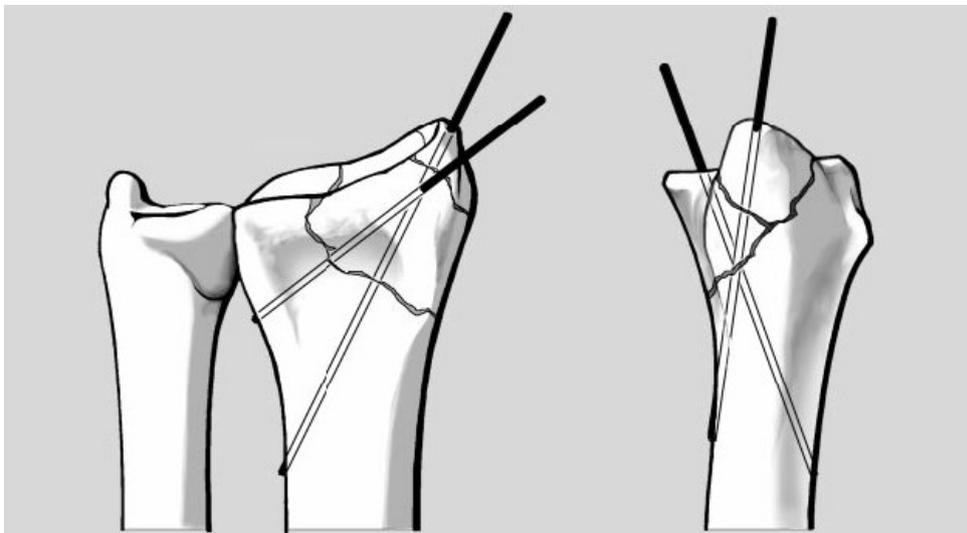


Abb. 5: Stabilisierung der dorsalen Radiusfraktur durch Kirschner-Drähte (42)

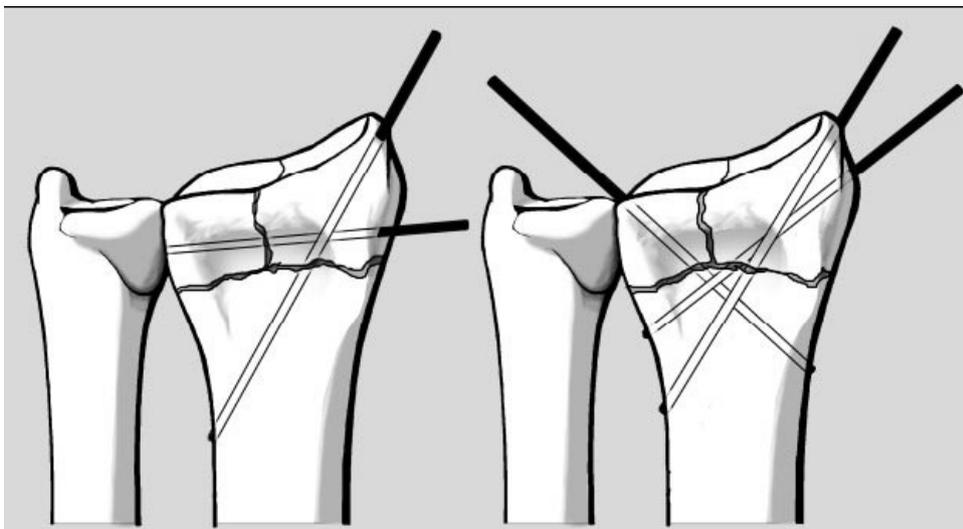


Abb. 6: Zusätzliche Stabilisierung bei dorso-ulnarem Fragment (42)

Kapandji (27) inaugurierte 1976 eine neue Methode, indem er die Kirschnerdrähte von dorsal oder bei radialer Verschiebung von radial in den Frakturspalt einbrachte und nach entsprechender Reposition die Drähte in die Gegenkortikalis proximal der Fraktur eintreibt. Die distalen Fragmente sind somit nicht gefasst und werden nur durch die Drähte in der Reposition gehalten.

All diesen Verfahren ist die postoperative Behandlung im Unterarmgips für 4 bis 6 Wochen gemeinsam.

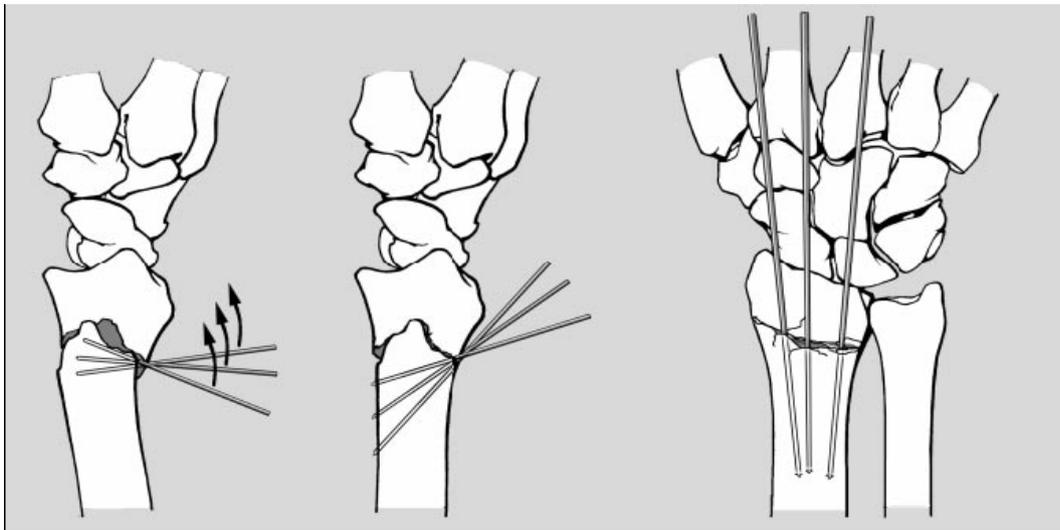


Abb. 7: Methode nach Kapandji (42)



Abb. 8: Kombinierte Kirschnerdrahtversorgung

4.5.2.1.3. Fixateur-externe-Osteosynthese

Die Fixateur-externe-Osteosynthese vereint das Prinzip der Ruhigstellung des frakturierten Radius nach seiner geschlossenen Reposition mit der Möglichkeit der Distraction bei gleichzeitiger Ausnutzung der Ligamentotaxis (1, 2, 69). Die äußere Fixation kann sich nachteilig auswirken und den Patienten stören. Die Eintrittsstellen müssen täglich gereinigt werden, um Infektionen vorzubeugen. Zudem muss die Extensionsbehandlung längere Zeit gehalten werden. Hieraus können erhebliche Bewegungseinschränkungen resultieren.

Bei dem Eingriff erfolgt das Einsetzen von je zwei Schanz-Schrauben in den 2. Mittelhandknochen und in den distalen Radiuschaft. Die Schanz-Schrauben werden in 45° zur Frontalebene und 90° zum Knochen positioniert. Nach Anbringen der Backen und der beiden Längsstangen wird die gewünschte Repositionsstellung unter Bildwandlerkontrolle durch Fixation der Backen gesichert.

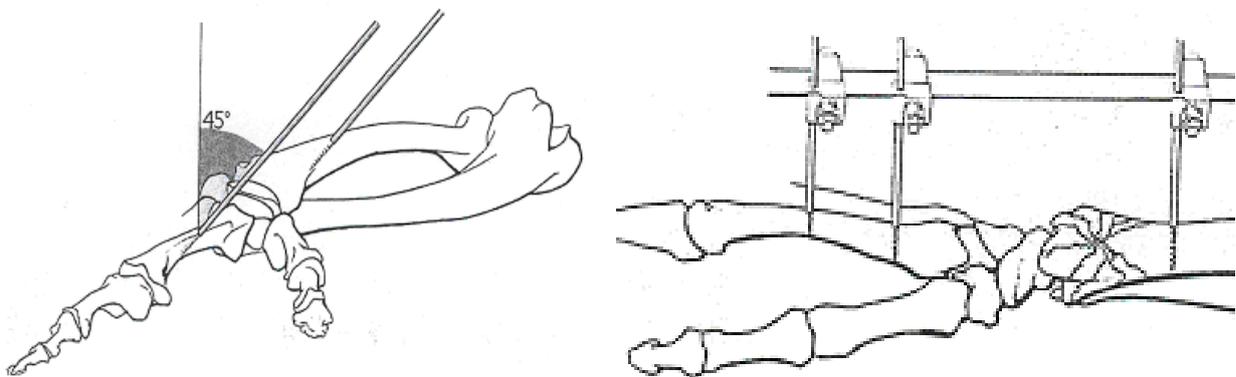


Abb. 9: Einsetzen der Schanz-Schrauben (42)



Abb. 10: Fixateur externe

In den meisten Fällen kann der Fixateur nach etwa vier Wochen und vorangegangener radiologischer Kontrolle entfernt werden.

Das Einsatzgebiet des Fixateur externe erstreckt sich vor allem auf die Akutversorgung bei Mehrfachverletzungen oder auf die Fälle, bei denen auf Grund von Begleiterkrankungen keine primär offene Osteosynthese möglich ist. Ein Ausbehandeln im Fixateur externe bietet sich für Gelenkfrakturen mit multiplen Fragmenten an, deren Reposition durch eine innere Osteosynthese nicht zu halten ist (10, 14, 21, 42, 69).

4.5.2.2. Primär offene Verfahren

4.5.2.2.1. Plattenosteosynthesen

Bei der Plattenosteosynthese am distalen Radius ist ein gravierender Wandel eingetreten. Die Entwicklung moderner Implantate führte zu einem erheblichen Strategiewandel in der Versorgung dieser Frakturen. Zunächst sollen aber noch einmal die historischen Plattenosteosynthesen betrachtet werden.

4.5.2.2.1.1. Nicht winkelstabile Plattenosteosynthesen

Prinzipiell sind in Abhängigkeit von der Frakturform zwei Zugangswege am distalen Radius möglich. Die Indikation für die dorsale Plattenosteosynthese stellen die B2-Frakturen dar. In Ausnahmen können auch A3-Frakturen in dieser Form versorgt werden. Die dorsal applizierte Platte fungiert lediglich als Abstützplatte. Einzelne Fragmente sollten zusätzlich mit Kirschnerdrähten fixiert werden. Metaphysäre Defekte erfordern unter Umständen eine Spongiosaplastik.

Als Abstützplatte dienen auch die palmaren Plattenosteosynthesen. Ihr Einsatzgebiet sind die B3- und die Smith-Frakturen. Wegen des schrägen Frakturverlaufes bei den B3-Frakturen und der daraus resultierenden fehlenden palmaren Unterstützung des Carpus sind diese Frakturen sehr instabil.

Die Radius-T-Platte wird entsprechend angebogen und nach Reposition der Fraktur zunächst proximal am Schaft befestigt. Mit der Platzierung der 2. Schraube wird die Platte gegen den Radiuschaft gepresst und das gelenktragende Fragment dann gegen den intakten Radius komprimiert. Je nach Frakturtyp und Knochenqualität können die Plattenlöcher des T-Schenkels mit Schrauben besetzt werden.

Die Retention der Fraktur ist bei der herkömmlichen Plattenosteosynthese problematisch. Aufgrund der unsicheren Schraubenfixation im peripheren Fragment bei Mehrfragmentfrakturen und bei osteoporotischem Knochen wird die Länge des Radius häufig nicht gehalten. Die konventionelle Plattenosteosynthese kann die Stabilität der Gegenkortikalis nicht gewährleisten. Diese Verfahren sind hierbei methodisch überfordert (42).

4.5.2.2.1.2. Winkelstabile Plattenosteosynthesen

Die winkelstabile Plattenosteosynthese hat die operative Behandlung der distalen Radiusfraktur seit ihrer Einführung im Jahr 2000 revolutioniert (40).

Biomechanische Studien zeigten, dass winkelstabile Platten ein höheres Maß an Stabilität für die Retention aufweisen. Winkelstabile Implantate sind unabhängig vom

Schraubenhalt im Knochen und unterstützen ihn direkt durch ihren Interferenzeffekt (44). Belastungen der Gelenkfläche werden unter Umgehung der metaphysären Trümmerzone direkt in den proximalen Schaft geleitet. Der entscheidende Vorteil besteht darin, dass das winkelstabile System die fehlende intrinsische Stabilität der Gegenkortikalis nach der Reposition ersetzt. Somit kann sowohl auf eine Spongiosaplastik im Bereich der Trümmerzone als auch auf eine zusätzliche extrinsische Stabilisierung mittels Gips verzichtet werden (74).

Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese gilt heute als Standard bei der Versorgung der meisten dislozierten distalen Radiusfrakturen des Typs A3, C1, C2 oder C3 nach der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese. Sie hat den Vorteil, die anatomiegerechte Reposition mit Winkelstabilität nach dem Fixateur-interne-Prinzip mit der Möglichkeit der frühfunktionalen Mobilisation zu verbinden.

Biomechanisch gesehen, wirkt zusätzlich zur stabilen volaren Reposition der Zug der Extensorenmuskulatur bei Streckung der Hand über die entstehenden Druckkräfte im Sinne einer Zuggurtung (30, 58, 67).

Der Eingriff bedarf einer Leitungs- oder einer Allgemeinanästhesie. Der Unterarm wird supiniert auf einem Handtisch gelagert.

Der Hautschnitt verläuft von der distalen Handgelenkbeugefurche entlang der Sehne des Musculus flexor carpi radialis. Nach Spaltung der Fascia antebrachii in Längsrichtung kommen die Finger- und Daumenbeuger zur Darstellung. Die Fingerbeuger werden nach ulnar verlagert. Der Musculus pronator quadratus wird nahe der radialen Insertion inzidiert und abgelöst. Der distale Anteil des palmaren Radius liegt jetzt frei.

Zunächst erfolgt unter Durchleuchtungskontrolle das Einbringen eines Kirschnerdrahtes zentral in der ap-Ausrichtung und parallel zum Gelenkspalt im seitlichen Aspekt in das distale Fragment. Der gewählte Abstand des Drahtes zum Gelenkspalt hängt vom Frakturtyp ab. Die entsprechende Platte wird dann am unreponierten distalen Gelenkfragment parallel zur Gelenkfläche mit den winkelstabilen Schrauben oder Bolzen fixiert. Danach erst erfolgen unter Zug und Extension das Reponieren der Fraktur durch Anlegen und Ausrichten der Platte am Radiuschaft sowie schließlich die Fixierung der Platte am Schaft mit entsprechenden Schrauben.

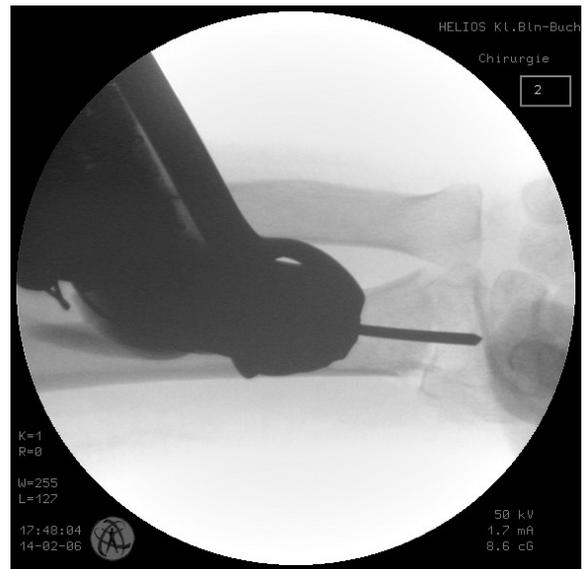


Abb. 11: Einbringen des Drahtes in das distale Fragment



Abb. 12: Intraoperative Bildverstärkerkontrolle

Die dorsale winkelstabile Plattenosteosynthese ist Ausnahmeindikationen vorbehalten. Insbesondere bei erheblicher Dislokation des dorsoularen Schlüsselfragmentes, welches eine offene Reposition erfordert, ist die Versorgung über den dorsalen Zugang indiziert.

Nach erfolgtem Hautschnitt wird das Retinaculum extensorum z-förmig über dem vierten Strecksehnenfach gespalten. Die Extensoren müssen dann subperiostal abgeschoben und die Fraktur dargestellt werden. Danach sind die Fragmente vorsichtig zu reponieren und ggf. mit Kirschner-Drähten temporär zu fixieren. Abschließend platziert

und fixiert man die Platte mit den Kopfverriegelungsschrauben. Bereits am ersten oder zweiten postoperativen Tag kann die Redondrainage entfernt und mit der Frühmobilisation begonnen werden. Um eine Alteration der Strecksehnen zu vermeiden, sollte eine frühzeitige Materialentfernung nach 3-6 Monaten angestrebt werden.

4.6. Komplikationen

In Abhängigkeit von dem gewählten Verfahren können einerseits allgemeine und andererseits spezielle Komplikationen auftreten.

Die allgemeinen Komplikationen treten in der Regel als Frühkomplikationen auf. Unabhängig von der gewählten Therapie sind hier vor allem die Redislokation und das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS) zu erwähnen. Das Schmerzsyndrom ist ursächlich auf mehrfache Repositionen und zu eng angelegte Stützverbände zurückzuführen.

Insbesondere bei der konservativen Therapie führt die Unterschätzung der instabilen Fraktur häufig zu einem Korrekturverlust. An weiteren Frühkomplikationen sind Durchblutungsstörungen der Hand, Nervenkompression des Nervus medianus und Druckstellen durch den Stützverband möglich.

Bei den operativen Verfahren hat neben den o.g. Frühkomplikationen die Wundinfektion besondere Bedeutung.

Die einzelnen operativen Verfahren haben ihre spezifischen frühzeitigen Komplikationsmöglichkeiten, die nur kurz erwähnt werden sollen.

Bei der Kirschnerdrahtosteosynthese ist die korrekte Einschätzung der Fraktur entscheidend, um spätere Dislokationen zu vermeiden. Zu schwach dimensionierte, zu flach und parallel eingeführte Kirschnerdrähte bringen keine ausreichende Stabilität (19). Das geschlossene Verfahren birgt die Gefahr der Irritation des Ramus superficialis des Nervus radialis. Auch bei der Materialentfernung kann dieser Nervenast verletzt werden. Mit dem Fixateur ist der Längenverlust gut auszugleichen. Mitunter bestehen aber Probleme, die palmare und die radiale Neigung der Gelenkfläche wiederherzustellen.

Zu lange Distraction über mehrere Wochen bedingt die Gefahr einer sympathischen Reflexdystrophie. Bei zu starker Distraction kann es auch zu einer Irritation des N. medianus kommen. Nach Abnahme des Fixateurs droht ein Nachsintern der Fraktur.

Die Komplikationsrate nach palmarer Plattenosteosynthese ist mit der nach dorsaler Plattenosteosynthese vergleichbar (73). Insbesondere bei dorsaler Plattenanlage können die Sehnen durch die Kanten der Platte irritiert werden und eine sekundäre Sehnenruptur, vor allem der Sehne des Musculus extensor pollicis longus, entstehen.

Möglich sind aber auch Rupturen der Strecksehnen durch zu lange Schrauben oder nicht reponierte Fragmente aus der dorsalen Trümmerzone bei palmarer Osteosynthese (54). Wenn auf eine prophylaktische Spaltung des Karpaldaches verzichtet wird, muss über ein mögliches postoperatives Karpaltunnelsyndrom aufgeklärt werden. Auch bei den Plattenosteosynthesen sind sekundäre Korrekturverluste mit Sinterung der Gelenkfläche möglich.

Allen Verfahren gemeinsam sind die Probleme der Pseudarthrose. Gelenkinkongruenzen führen zu schmerzhaften arthrotischen Veränderungen. Der Ulnavorschub als Folge des in Verkürzung geheilten Radius zeigt sich in der Deformierung des Handgelenkes und bedingt eine Schädigung des ulnaren Anteiles des Handgelenkes (23, 37).

4.7. Nachbehandlung

Eine adäquate Nachbehandlung ist unabdingbar für den Erfolg der Therapie. Die Nachbehandlung richtet sich streng nach dem gewählten Verfahren und ist weitgehend durch die behandelnde Einrichtung geprägt. Dadurch sind keine völlig einheitlichen Richtlinien vorhanden. Hier wird häufig der Korridor des Behandlers ausgenutzt. Die wesentlichen Merkmale der Nachbehandlung sind aber standardisiert.

4.7.1. Nachbehandlung bei konservativer Therapie

Nach alleiniger geschlossener Reposition ist die Ruhigstellung im zirkulären, gespaltenen Rundgips möglich und ausreichend. Eine Röntgenkontrolle nach Gipsanlage ist obligat. Weitere Kontrollen sind am 4., 7. und am 11. Tag sowie nach Abschluss der Gipsbehandlung durchzuführen. Um Durchblutungs- oder Nervenstörungen frühzeitig zu erkennen, muss der Stützverband innerhalb der ersten 24 h klinisch kontrolliert werden. Starke Schmerzen zwingen grundsätzlich zum Wechsel des Gipsverbandes.

Klinisch hat sich eine Ruhigstellungszeit von 4–6 Wochen durchgesetzt. Die selbstständige Beübung von Schulter, Ellenbogen und Fingern ist so früh wie möglich zu beginnen (29).

4.7.2. Nachbehandlung bei operativer Therapie

Die Nachbehandlung wird durch den Grad der Stabilität, der durch die unterschiedlichen Osteosyntheseverfahren erreichbar ist, bestimmt. Je stabiler die Retention ist, desto funktioneller kann die Nachbehandlung erfolgen.

4.7.2.1. Kirschnerdrahtosteosynthese

Die Datenlage bezüglich der zu favorisierenden Nachbehandlung nach Kirschner-Draht-Fixierung ist sehr unterschiedlich und reicht je nach Frakturtyp und Fixierungsmethode von direkt frühfunktioneller Nachbehandlung bis hin zu 6-wöchiger Gipsimmobilisation. Im klinischen Alltag hat sich die Nachbehandlung entsprechend der konservativen Therapie nach Reposition durchgesetzt. Die Kirschnerdrähte entfernt man in der Regel nach 4-6 Wochen.

4.7.2.2. Fixateur-externe-Osteosynthese

Wenn der Fixateur externe das Handgelenk überbrückt, bleibt nur die Möglichkeit der Finger-, Ellenbogen- und Schulterbewegung. Ebenso kann die Umwendbewegung des Unterarmes geübt werden. Der Fixateur externe wird nach 4 Wochen entfernt.

4.7.2.3. Nicht winkelstabile Plattenosteosynthese

Postoperativ wird auch hier ein gespaltener zirkulärer Unterarmgips angelegt. Nach Abschwellung wird ein zirkulärer Unterarmcast mit entsprechenden Röntgenkontrollen angelegt, welcher dann für etwa 4 Wochen verbleibt. Die Beübung von Schulter, Ellenbogen und Fingern wird intensiv durchgeführt. Nach Abnahme des Stützverbandes wird sofort mit der passiven und aktiven Mobilisation des Handgelenks begonnen.

4.7.2.4. Winkelstabile Plattenosteosynthese

Mit der Entwicklung winkelstabiler Implantate konnten erstmals Verfahren am distalen Radius Anwendung finden, die eine primär übungstabile Versorgung der Frakturen ermöglichen (45, 60). Damit einhergehend war ein Umdenken in der Nachbehandlung zwingend notwendig. Insbesondere galt es, die frühfunktionellen Möglichkeiten in vollem Umfang zu nutzen.

Nach Beendigung der Operation wird ein elastischer Verband angelegt. Ab dem ersten postoperativen Tag wird tägliche Krankengymnastik und Ergotherapie bis zur Schmerzgrenze ohne Belastung unter besonderer Beachtung der Unterarmumwendung durchgeführt. Ein Interimskompressionshandschuh kann am zweiten postoperativen Tag angepasst werden. Aufstützen wird für 4-6 Wochen verboten (64).

5. Fragestellung

Die Therapie der distalen Radiusfraktur gibt immer wieder Anlass zu zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten und Veranstaltungen. Das früher uneinheitliche Vorgehen hat in den letzten 15 Jahren einen Wandel von der konservativen und semioperativen Therapie zur operativen winkelstabilen Plattenosteosynthese erfahren (2, 53, 58, 70).

Begründet wird dieser Verfahrenswechsel einerseits mit der hohen sozioökonomischen Bedeutung und dem ständig steigenden Patientenanspruch, andererseits erzielt diese Plattenosteosynthese bessere radiologische und funktionelle Ergebnisse bei gleichzeitigem Vorteil der Frühfunktionalität und höherem Patientenkomfort (6, 25, 51, 66, 67).

Seit 2002 trägt die Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie mit Rettungsstelle im HELIOS Klinikum Berlin-Buch dem Trend des Verfahrenswechsels in der Therapie der distalen Radiusfraktur von der konservativen und semioperativen Therapie zur winkelstabilen Plattenosteosynthese Rechnung. Die winkelstabilen Implantate erlauben eine primär übungsstabile Versorgung der Frakturen am distalen Radius (45, 60).

Die Nachbehandlung musste zwingend neu überdacht werden. Nur durch die Nutzung der frühfunktionellen Möglichkeiten in vollem Umfang kann ein bestmögliches funktionelles Ergebnis in einer kurzen Zeitspanne erzielt werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei der posttraumatischen und postoperativen Schwellung zu widmen. Eine rasche Abschwellung bildet die Voraussetzung für eine rasche Wiederherstellung der Beweglichkeit. Hinlänglich bekannt ist die entstauende Wirkung von Kompressionsbandagen. Aufbauend auf den guten Erfahrungen in der Kompressionsbehandlung der unteren Extremitäten (7, 39) und in der Behandlung von Lymphödemen der oberen Extremitäten, vor allem beim Mammakarzinom (22, 35) und in der Verbrennungschirurgie (71), sollte der Effekt und die Effizienz von konfektionierten Kompressionsbandagen bei der distalen Radiusfraktur untersucht werden.

Es stellte sich die Frage, ob die Anwendung von konfektionierten Kompressionshandschuhen mit Stulpe sich günstiger auf die Wiederherstellung der Beweglichkeit und die Abschwellung als die herkömmliche Wicklung mit elastischen Binden erweist.

Hierbei kamen die elastischen Uniflex-Universal Binden® der Firma BSN stellvertretend für die herkömmliche elastische Wicklung zum Einsatz.

Als konfektionierte Kompressionsbandage wurden die Cicatrex-Interimshandschuhe® der Firma Thuasne ausgewählt. Die konfektionierten Handschuhe waren in sechs vorgegebenen Größen jederzeit vorrätig. Entsprechend der Umfangsmaße an standardisierten Messpunkten erfolgte die Größenzuteilung der Handschuhe. Ein Wechsel der Handschuhe konnte im Bedarfsfall realisiert werden.



Abb.13: Konfektionierte Interimskompressionshandschuhe (Thuasne®)

Im Rahmen der Studie sollten folgende Fragen untersucht werden:

- Hat der konfektionierte Kompressionshandschuh mit Stulpe einen günstigeren Einfluss auf die postoperative und posttraumatische Schwellung als die konventionelle Wicklung einer herkömmlichen elastischen Binde?
- Ist damit eine schnellere Abnahme des Unterarmvolumens verbunden?
- Normalisiert sich durch diese Maßnahmen rascher der Umfang des Unterarmes?
- Kann deshalb die normale Beweglichkeit früher erreicht werden?

- Welche Unterschiede gibt es in den Kosten der verwendeten Verbrauchsmaterialien?

Anhand der Beantwortung dieser Fragen sollte eine Empfehlung über die Bandagierung bei der frühfunktionellen Nachbehandlung nach operativer Versorgung von distalen Radiusfrakturen erstellt werden.

6. Vorstudie

6.1. Studiendesign

Zunächst wurde eine prospektiv randomisierte Vorstudie an einem streng ausgewählten Patientengut, das eine distale Radiusfraktur erlitt, initiiert. Durch die Vorstudie sollte der mögliche positive Effekt der Kompressionshandschuhe untersucht werden. Gleichzeitig diente die Vorstudie zur Fallzahlschätzung.

Die Einteilung der Verletzten erfolgte in zwei Gruppen. Während die erste Gruppe postoperativ mit einem Kompressionshandschuh versorgt wurde, erhielt die zweite Gruppe eine Nachbehandlung durch herkömmliche entstauende Wicklung mit elastischen Binden.

Die Randomisierung und damit die Einteilung der Patienten in die entsprechende Gruppe geschah durch eine Zufallsgeneration. Eine gerade Endziffer zog eine Handschuhversorgung nach sich und eine ungerade Endziffer sah eine Nachbehandlung mittels elastischer Wicklung vor.

Nach Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien begann zunächst eine Vorstudie, um die notwendigen Fallzahlen zu bestimmen. Außerdem sollten in diesem Rahmen die notwendigen Untersuchungsintervalle festgelegt werden. Weiterhin musste untersucht werden, ob es überhaupt nachweisbare Unterschiede zwischen der Anwendung der elastischen Bandagen und der Kompressionshandschuhe gibt.

6.2. Material und Methode

6.2.1. Einschlusskriterien

Als Einschlusskriterien galten folgende Bedingungen.

Die Altersspanne der Patienten wurde zwischen 18 und 80 Jahren festgelegt.

Kinder und Jugendliche waren damit prinzipiell von der Studie ausgeschlossen. Einerseits erfordern sie meist andere Osteosyntheseprinzipien, andererseits unterliegen sie besonderen Bestimmungen zur Aufnahme in Studien.

Die Patienten mussten in der Lage sein, den Sinn der Studie zu verstehen und zu den Untersuchungsterminen persönlich zu erscheinen. Eine selbstständige Einwilligung war erforderlich.

Alle Patienten erlitten eine operationspflichtige dislozierte distale Radiusfraktur. Die Fraktur wurde innerhalb von 24 Stunden mit einem winkelstabilen Implantat von palmar übergreifend versorgt. Supplementäre Osteosynthesen oder externe Stabilisierungen waren verboten.

Bereits am ersten postoperativen Tag musste mit der Übungsbehandlung begonnen werden. Die Nachbehandlung unterlag einem streng standardisierten Regime. Diese gestaltete sich in Form von aktiver funktioneller Beübung und Ergotherapie. Lediglich ein Aufstützen war untersagt.

6.2.2. Ausschlusskriterien

Es durften keine vorbestehenden Funktionseinschränkungen, Verletzungen oder Lymphödeme sowohl an der verletzten als auch an der unverletzten Extremität vorliegen. Weitere notwendige Operationen an den oberen Extremitäten während der Beobachtung führten zum Ausschluss.

6.2.3. Messungen

6.2.3.1. Zeitpunkte

Die Messungen erfolgten in definierten Zeitabständen. Sie wurden jeweils am 2., 4., 6., 8., 10., 12., 14., 17., 21., 24., 28., 35. und 42. Tag nach der Operation durchgeführt.

An den jeweiligen Tagen wurden die Volumina der Unterarme mittels Wasserverdrängung ermittelt. Die Umfänge am Unterarm, am Handgelenk und an der Mittelhand und auch die Ausmaße der Beweglichkeiten der Unterarmumwendung und des Handgelenkes mussten an denselben Untersuchungsdaten erfasst werden.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42			

Abb. 14: Schematische Darstellung der definierten Zeitpunkte der Messungen

6.2.3.2. Volumenmessungen

Für die Volumenmessungen wurde auf das Prinzip des Archimedes zurückgegriffen. Das archimedische Prinzip stellt einerseits eine Beziehung zwischen der Schwerkraft und der Auftriebskraft dar. Andererseits besagt es, dass ein in eine Flüssigkeit

eintauchender Körper genau die Menge an Flüssigkeit verdrängt, die seinem Volumen entspricht.

Hierzu wurde ein Wassereimer in eine größere Schüssel gestellt. Der Durchmesser des Wassereimers betrug 21 cm. Er wies eine Höhe von 24 cm auf. Der Wassereimer war bis zum Rand mit Wasser gefüllt. Durch vorsichtige Füllung wurde der Punkt bestimmt, bei dem die Oberflächenspannung des Wassers gerade abbricht und etwas Flüssigkeit übertrat. Das abfließende Wasser wurde im Überlaufgefäß von Papiertüchern aufgesogen. Die Vorrichtung stand auf einem Schreibtisch mit einer Höhe von 75 cm.

Der Patient stellte sich vor den Schreibtisch, machte eine Faust und tauchte den Arm möglichst senkrecht in den Eimer ein, bis die Faust den Boden des Eimers berührte. Die durchschnittliche Unterarmlänge bei einer Körpergröße von 180 cm beträgt 30 cm von der geschlossenen Faust bis zum Ellenbogengelenk. Somit ist gewährleistet, dass die Eintauchtiefe den proximalen Messpunkt überschreitet. Das übertretende Wasser konnte dann in der Schüssel aufgefangen werden. Durch Umfüllen des Wassers in einen Messzylinder ließ sich das Volumen des Unterarmes bestimmen.



Abb. 15: Volumenmessung der Unterarme mittels Wasserverdrängung

6.2.3.3. Umfangsmessungen

Es wurden die Umfänge am Unterarm, am Handgelenk und an der Mittelhand entsprechend den standardisierten Messblättern nach der Neutral-0-Methode bestimmt.

Die Messpunkte für die Umfänge lagen 10 cm distal des Epicondylus radialis, am Handgelenk und an der Mittelhand. Der gut tastbare Epicondylus radialis wurde markiert und ein Maßband angelegt. 10 cm distal des Epicondylus radialis erfolgte die erste Messung. In Höhe des Handgelenks und an der Mittelhand ohne Einschluss des Daumens bestanden weitere Messpunkte. Die Messungen wurden jeweils an den hängenden Armen am stehenden Patienten vorgenommen. Die anlässlich der ersten Untersuchung erhobenen Umfänge der unverletzten Seite dienten als Referenzwerte.



Abb. 16: Darstellung der Messpunkte

6.2.3.4. Messungen der Bewegungsumfänge

Das Ausmessen der Bewegungsumfänge des Unterarmes und des Handgelenks erfolgte analog den Vorgaben der standardisierten Messblätter. Neben der Umwendbewegung des Unterarmes mit Supination und Pronation wurde die Dorsal- und Palmarflexion sowie die Ulnar- und Radialduktion der Hand gemessen. Der stehende Proband ließ die Arme locker am Körper hängen. Zur Messung winkelte er die Arme im Ellenbogengelenk rechtwinklig an. In dieser Position wurden die Messungen vorgenommen. Die Protokollierung der Maße entsprach den Richtlinien der Neutral-0-Methode. Dabei wurde bei der ersten Messung die unverletzte Seite als Bezugsgröße festgelegt.



Abb. 17: Supination

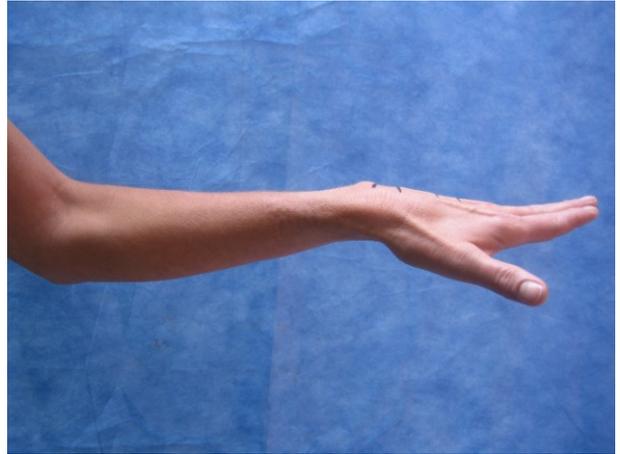


Abb. 18: Pronation



Abb. 19: Extension

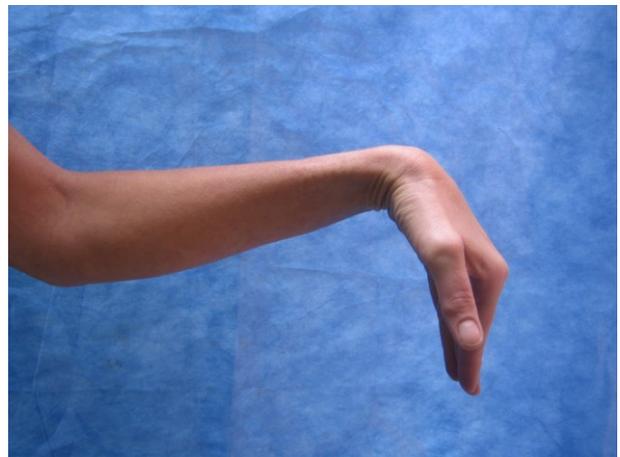


Abb. 20: Flexion



Abb. 21: Radialduktion



Abb. 22: Ulnarduktion

6.3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Vorstudie dargestellt.

Die Vorstudie umfasste 17 Patienten. 14 Patienten waren weiblichen und 3 männlichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter betrug 59,4 Jahre. In sechs Fällen war der rechte Arm und in elf Fällen der linke Arm betroffen.

Nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese unterteilten sich die Frakturen in:

- 7 A-Frakturen
- 0 B-Frakturen
- 10 C-Frakturen

Zur Stabilisierung kamen sechs Mal die palmare, distale Radiusplatte der Firma Synthes® (sog. Jupiterplatte) und elf Mal die LCP®-T-Platte 3,5 mm schräg der Firma Synthes® zur Anwendung.

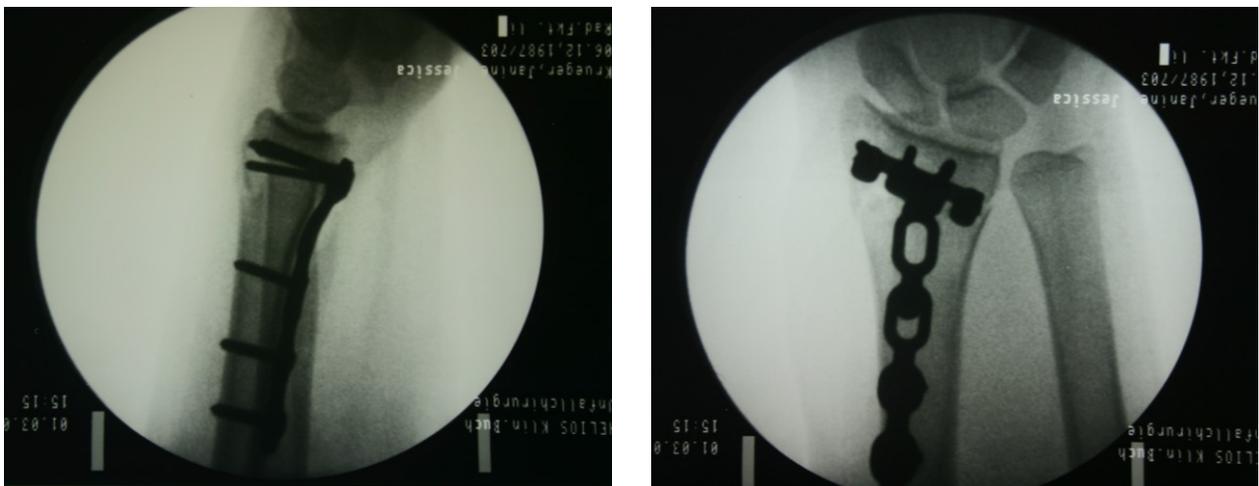


Abb. 23: Operative Versorgung mit Jupiterplatte

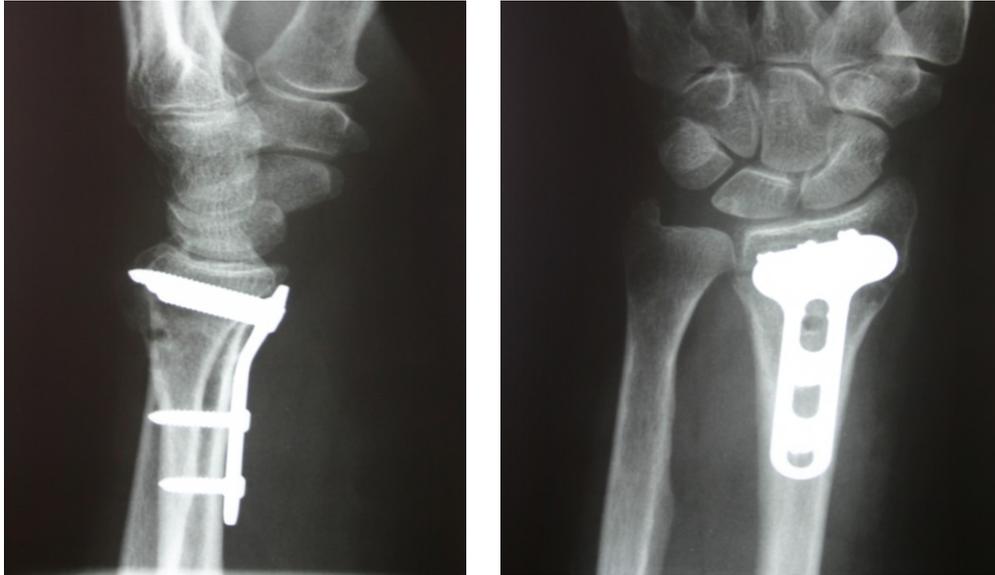


Abb. 24: Operative Versorgung mit LCP 3,5mm

In sieben Fällen wurde eine Ablaufdrainage in das Wundgebiet für 24 Stunden gelegt. Bei den restlichen zehn Patienten konnte völlig auf Drainagen verzichtet werden.

Die Interimshandschuhe wurden in 9 Fällen angelegt. Eine elastische Wicklung erfolgte in 8 Fällen.

Es konnten keine sekundären Dislokationen der Fraktur oder Implantatausbrüche trotz der sofort einsetzenden Krankengymnastik und Ergotherapie festgestellt werden. Die Krankengymnastik entsprach einem standardisierten Nachbehandlungsschema, wobei ein besonderer Augenmerk der Unterarmumwendbewegung galt.



Abb. 25: Supination am 5. p.o. Tag



Abb. 26: Pronation am 5. p.o. Tag

Im Beobachtungszeitraum traten keine operationsbedingten Komplikationen, wie revisionsbedürftige Hämatome, Infektionen oder Nervenengpasssyndrome, auf.

Seitens der Kompressionsbehandlung gab es ebenfalls in keinem Fall Komplikationen.

Die Daten der Pilot-Studie zeigten folgendes Ergebnis:

Betrachtet man die Abnahme der Schwellung, so waren die Unterschiede in der absoluten Abnahme der Schwellung ab dem 10.Tag für die Gruppe mit Handschuh signifikant günstiger (t-test für unabhängige Gruppen $p=0,007$).

Andererseits wurde eine „Normalisierung der Schwellung“, d.h. die Differenz zur unverletzten Hand nach ca. 10 Tagen bei den Handschuhträgern (sign $>0,05$ d.h. keine Signifikanz), ohne Handschuh aber erst nach 14 Tagen erreicht. Hier gab es allerdings nur je 6 Fälle zu beurteilen (Prüfung jeweils mit dem t-test für abhängige oder gepaarte Stichproben).

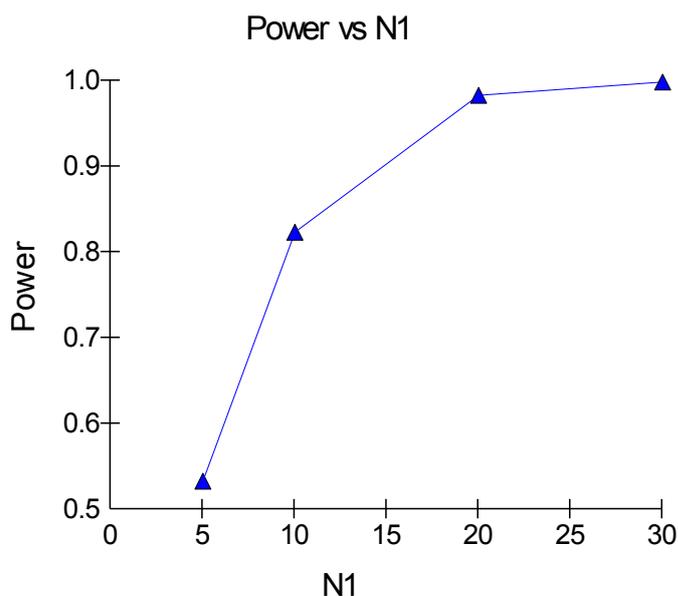


Abb.27: Two-Sample T-Tests Power Analysis

Die Fallzahlbestimmung erfolgte in Auswertung der Vorstudie nach der „Two-sample T-tests Power Analysis“ mit dem Programm „nQuery Advice“. Es wurde eine notwendige Fallzahl von 60 Patienten ermittelt (55).

6.4. Schlussfolgerung der Pilot-Studie

Die Versorgung der dislozierten distalen Radiusfraktur mit einem winkelstabilen Implantat ermöglicht eine unmittelbar postoperativ einsetzende aggressive funktionelle Nachbehandlung. Auf eine zusätzliche Ruhigstellung im Cast ist zu verzichten. Es muss lediglich eine entstauende Bandagenbehandlung beachtet werden. Hierbei besitzen die getesteten Kompressionshandschuhe deutliche Vorteile gegenüber der elastischen Wicklung. Hintergrund dessen ist die kontinuierliche und definierte Kompression.

Die konfektionierten Kompressionshandschuhe besitzen signifikante Vorteile in der Normalisierung sowohl der posttraumatischen und der postoperativen Schwellungszustände als auch der Bewegungseinschränkungen nach distaler Radiusfraktur.

Die Versorgung mit den konfektionierten Interimshandschuhen ist völlig problemlos. Die Handschuhe werden in 6 Größen bereitgestellt und liegen jederzeit auf Vorrat in der Klinik bereit. Nach Umfangbestimmung wird der entsprechende Handschuh angelegt.

Die Ergebnisse der Pilot-Studie bestätigten die vorangestellten Thesen. Aufbauend und in Würdigung dieser Ergebnisse konnte mit der Studie begonnen werden. Entsprechend der Fallzahlbestimmung umfasste die Studie 60 Patienten mit distaler Radiusfraktur.

7. Studie

7.1. Studiendesign

Es wurde eine prospektiv randomisierte Studie angelegt.

Alle Patienten erlitten eine operationspflichtige distale Radiusfraktur. Erst am ersten postoperativen Tag wurden die Patienten um ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie befragt. So konnte vermieden werden, dass sich die Patienten in Anbetracht ihrer frischen Verletzung unter Druck gesetzt fühlten, der Studie zuzustimmen. Dadurch gelang es, in der angespannten Situation des Notfalls weiteren psychischen Stress zu vermeiden. Wenn die Verletzten den Einschlusskriterien entsprachen und keine

Ausschlusskriterien existierten, erfolgte am zweiten postoperativen Tag die Randomisierung und die Einteilung in die jeweilige Gruppe.

Eine Gruppe wurde postoperativ mit einem Kompressionshandschuh versorgt. Die zweite Gruppe erhielt eine Nachbehandlung mit elastischer Wicklung.

Die Randomisierung erfolgte entsprechend einer Zufallsgeneration. Eine gerade Endziffer zog eine Handschuhversorgung nach sich und eine ungerade Endziffer sah eine Nachbehandlung mittels elastischer Wicklung vor.

Die in der Vorstudie ermittelte notwendige Fallzahl betrug 60 Patienten.

7.2. Material und Methode

7.2.1. Einschlusskriterien

Für den Einschluss in die Studie galten die gleichen Bedingungen wie für die Pilot-Studie. Deshalb sei hier nur noch einmal kurz auf die Einschlusskriterien eingegangen.

Die Patienten hatten zwischen 18 und 80 Jahre alt zu sein. Sie mussten den Sinn und die Anforderungen der Studie sowie der notwendigen Untersuchungen verstehen und selbst einwilligen. Alle Patienten erlitten eine operationspflichtige dislozierte distale Radiusfraktur. Die Fraktur wurde innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall mit einem winkelstabilen Implantat übungstabil versorgt. Supplementäre Osteosynthesen oder externe Stabilisierungen waren verboten. Die sofortige funktionelle Behandlung war unabdingbar. Bereits am ersten postoperativen Tag begann die Übungsbehandlung. Die Nachbehandlung unterlag einem streng standardisierten Regime. Es wurde eine aktive funktionelle Beübung und Ergotherapie durchgeführt. Lediglich ein Aufstützen blieb untersagt.

7.2.2. Ausschlusskriterien

Auch hier entsprachen die Kriterien denen aus der Vorstudie. Vorbestehende Funktionseinschränkungen, Verletzungen oder Lymphödeme sowohl an der verletzten als auch an der unverletzten Extremität schlossen eine Teilnahme an der Studie aus. Weitere notwendige Operationen an den oberen Extremitäten während der Beobachtung führten zum Ausschluss.

7.3. Osteosynthesematerial

Alle Patienten, die für eine Aufnahme in die Studie prädisponiert waren, wurden entsprechend dem Frakturtyp mit einem palmaren winkelstabilen Implantat osteosynthetisch versorgt. Bei der operativen Versorgung kamen die folgenden drei winkelstabilen Implantate zur Anwendung:

- LCP-Platten 3,5 mm distaler Radius der Fa. Synthes ®
- winkelstabile Platten WSP 3,5 distaler Radius – aap Mebio®
- distale palmare Radiusplatten (Jupiter) der Fa. Synthes ®.

Abweichend zur Pilotstudie kam mit der winkelstabilen Platte WSP 3,5 distaler Radius der Firma aap Mebio® ein zusätzliches Osteosynthesematerial zur Anwendung. Diese Platte wurde in Ergänzung der LCP 3,5 mm distaler Radius der Fa. Synthes ® neu in das Sortiment der Klinik eingeführt. Sie ist anatomisch geformt und bietet den Vorteil der besseren Schraubenpositionierung im Processus styloideus radii. Zum Einsatz kam diese Platte analog der LCP-Platte bei A-Frakturen oder bei C 1-Frakturen mit breitem Gelenkblock.

Bei den drei Platten handelt es sich um gleiche Versorgungsstrategien, die über dieselben Zugänge eingebracht werden.

7.3.1. LCP-Platten 3,5 distaler Radius

Die LCP-Platte 3,5 distaler Radius der Firma Synthes® liegt in zwei Varianten vor. Einerseits stehen die Schenkel rechtwinklig zu einander. Andererseits ist eine Form mit einem schrägen distalen Schenkel erhältlich. In der Studie kam nur das letzte Design in der Stahlausführung zur Anwendung. Der distale Schenkel muss individuell angeformt werden.

Die Gewindelöcher im distalen Schenkel werden mit 3,5 mm Kopfverriegelungsschrauben besetzt. Im proximalen Schenkel sind Kombinationslöcher ausgeformt. Sie bestehen aus einer Einheit zur Aufnahme der Kopfverriegelungsschraube und einer Dynamic Compression Unit zum Setzen einer Kortikalisschraube.



Abb. 28: LCP-Platte 3,5 distaler Radius



Abb. 29: Kopfverriegelungsschrauben

7.3.2. Winkelstabile distale Radiusplatte WSP 3,5 distaler Radius

Die anatomisch angeformten Platten bestehen aus Reintitan (ISO 5832-2 Grade 4). Die Knochenschrauben werden aus einer Titanlegierung (ISO 5832-3 TiAl6V4) gefertigt. Der Hersteller dieses Osteosynthesematerials ist die Firma aap Mebio®.

In der Regel ist bei der angepassten Platte kein Anformen erforderlich. Das flache Plattendesign vermeidet Weichteilirritationen. Als palmare Platte ist eine gute Weichteilabdeckung gegeben. Alle Plattenlöcher mit Ausnahme des Langloches sind als Gewindelöcher für die Winkelstabilität angelegt. Die Abstützung des nach dorsal dislozierten Fragmentes ist durch winkelstabile Schrauben gewährleistet.

Durch flächenhafte Lastübertragung im Schrauben-Knochen-Interface erhöht sich die Festigkeit der Gesamtmontage, somit werden sekundäre Repositionsverluste minimiert. Ein neuartiges sphärisches Gewinde im Plattenloch und am Schraubenkopf garantiert eine sehr stabile winkelsteife Verbindung zwischen Platte und Schrauben. Gleichzeitig erlaubt es die Verwendung konventioneller Schrauben, deren Unterseite des Kopfes ebenfalls sphärisch geformt ist. Die konventionellen Schrauben können im Plattenloch bis zu 15° anguliert werden. Die erzielbare Übungsstabilität gestattet eine frühfunktionelle Nachbehandlung.



Abb. 30: aap-Platte



Abb. 31: Kopfverriegelungsschrauben

7.3.3. Distale palmare Radiusplatten (Jupiter)

Die distale Radiusplatte 2,4/2,7 palmar ist für die anatomische Anpassung vorgeformt. Eine anterior-posteriore Biegung von 20° passt auf die palmare Oberfläche des distalen Radius. Der 18°-Winkel des distalen Plattenarms sorgt für anatomische Anpassung an

die radiale Neigung. Im distalen Plattenarm sind die Gewindelöcher um 10° abgewinkelt. Dies erlaubt ein weit distales Positionieren der Platte. Somit kann die Platte auch bei sehr gelenknahen Frakturen eingesetzt werden. Die Firma Synthes® stellt diese sogenannte Jupiterplatte her.

Die Löcher im distalen Arm besitzen ein Innengewinde, passend für 1,8 mm-Abstützstifte mit Gewinde für eine winkelstabile Konstruktion unmittelbar unterhalb der Gelenkoberfläche. Die Abstützstifte sorgen für eine winkelstabile Fixation und sichern die Knochenfragmente gegen Abkippen. Die Innengewindelöcher sind auch für selbstschneidende 2,4 mm-Kortikalisschrauben als Alternative oder in Kombination mit Abstützstiften geeignet. Eine Angulation der Schrauben in den Plattenlöchern ist möglich.

Mit selbstschneidenden 2,7 mm Kortikalisschrauben werden die Löcher im proximalen Plattenschenkel besetzt. Das individuelle Zuschneiden der Platte reduziert das Inventar. Die Platte ist in den Ausführungen in Stahl und Titan erhältlich. Für die Studie wurde ausschließlich die Stahlvariante eingesetzt.



Abb. 32: Jupiterplatte



Abb. 33: Abstützstift und Schrauben

7.4. Elastische Bandagen

In der Nachbehandlung kamen die Uniflex® Universal Binden der Firma BSN® zur

Anwendung. Die Anlage der Binden erfolgte bei allen Patienten unmittelbar postoperativ. Bei den täglichen Verbandswechseln wurden die Binden gewechselt. Am 2. postoperativen Tag trennten sich die Probandengruppen entsprechend der Randomisierung.

Binden, die sowohl als Stütz- und Entlastungsverbände als auch zur Fixierung eingesetzt werden, müssen ihre Elastizität über einen längeren Zeitraum behalten.

Die Uniflex® Universal Binden bestehen aus 63% Baumwolle, 36% Polyamid und 1% Elasthan. Die Binden sind latexfrei. Die dauer-elastische Binde besitzt eine Dehnbarkeit von ca. 125% und sichert einen dauerhaften Sitz. Weitere Eigenschaften des dauerhaft längselastischen und luftdurchlässigen Gewebes sind in der hautfreundlichen Verträglichkeit und dem hohen Absorptionsvermögen von Blut, Sekret und Schweiß zu sehen. Uniflex® ist unter kliniküblichen Bedingungen waschbar. Die gewebte Kante von Uniflex® Universal bewirkt, dass das Material auch nach mehrmaligem Waschen nicht ausfranst. Während der Studie wurden nur neue Binden benutzt.

7.5. Interimshandschuh

Der Cicatrex®-Interimshandschuh der Firma Thuasne® besteht aus 52 % Polyamid und 48 % Elasthan.

Bei der zum Einsatz kommenden Fertigungstechnik handelt es sich um ein Gewirk. Aufgrund des schnittfesten Gestrickes ist es möglich, durch einfachen Zuschnitt mit der Schere Anpassungen an individuelle Versorgungssituationen vorzunehmen. So können einzelne Finger oder auch die Fingerkuppen aus der Kompression herausgenommen werden. Die Stulpenlänge ist entsprechend den Längen des Unterarmes variierbar.

Die Kompressionsstärke entspricht der Kompressionsklasse II mit einem Druckgradienten von distal nach proximal, was sich besonders günstig auf die Entstauung auswirkt.

Beim Cicatrex®-Interimshandschuh handelt es sich um ein Serienprodukt, das in 6 Größen angeboten wird. Die Größe richtet sich dabei nach dem Handumfang des Patienten.

Er ist bei 30° Celsius waschbar, sodass auch eine sofortige postoperative Einsatzmöglichkeit gegeben ist. Verschmutzungen lassen sich bequem beseitigen.

7.6. Messzeitpunkte

In Auswertung der Pilot-Studie konnten die Zeitpunkte reduziert werden. Die Messungen erfolgten jeweils am 2., 4., 6., 10., 14., 21., 28., 35. und 42. Tag.

7.7. Messungen

Die notwendigen Messungen liefen analog der Vorstudie.

Zur Eingangsuntersuchung am zweiten postoperativen Tag wurden die individuellen Bezugsgrößen an der unverletzten Seite ausgemessen.

An den entsprechenden Tagen erfolgte die Messung der Volumina der Unterarme mittels Wasserverdrängung. Ebenso wurden die Umfänge am Unterarm, am Handgelenk und an der Mittelhand sowie die Ausmaße der Beweglichkeiten der Unterarmumwendung und des Handgelenkes bestimmt.

7.8. Statistik

Die erhobenen Messwerte wurden auf den entsprechenden Messbögen dokumentiert. Nach Übertragung der Werte in Excel-Tabellen kamen die Unterlagen zur Statistik.

Die statistische Auswertung des Untersuchungsmaterials wurde durch Herrn Bernd Schicke, einem ehemaligen Mitarbeiter der Abteilung Biometrie des HELIOS Klinikums Berlin-Buch, vorgenommen.

Die Patientendaten mussten EDV-gerecht verschlüsselt, erfasst und an einem PC mit dem Programmsystem SPSS Version 14.0 bearbeitet und ausgewertet werden.

Zur Beschreibung der Verteilung von quantitativen Merkmalen wurden statistische Messzahlen berechnet:

- der arithmetische Mittelwert, der Median (Zentralwert, mittelster Wert, 50%-Wert der Summenhäufigkeitskurve) und die Quartile (25% bzw. 75%-Wert der Summenhäufigkeitskurve),
- die Standardabweichung, Minimal- und Maximalwert zur Charakterisierung der Steuerung
- Konfidenzintervalle für die Mittelwerte

Für die qualitativen Merkmale konnten die Häufigkeiten der Werte in Histogrammen dargestellt werden. Die Auswertung der qualitativen Merkmale erfolgte mittels der Kontingenztafelmethode und dem parameterfreien χ^2 -Test.

Die Nullhypothese H_0 geht von der Gleichverteilung der Merkmale in den einzelnen Gruppen aus. Bei Überschreitung des Tafelwertes durch den errechneten χ^2 -Wert muss die Nullhypothese abgelehnt werden, es bestehen signifikante Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen zwischen den Gruppen. Für alle Berechnungen wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit alpha mit 5 % festgelegt. Die Freiheitsgrade berechnen sich zu $FG=(k-1)(m-1)$, wobei k die Anzahl der Spalten und m die Anzahl der Zeilen der Kontingenztafel sind.

Im Falle der Ablehnung der Nullhypothese gibt der Kontingenzkoeffizient Hinweise auf die Stärke des Zusammenhangs.

Zum Vergleich der Mittelwerte von Messwerten für einzelne Gruppen wurde zunächst mit dem F-Test geprüft, ob die Varianzen gleich sind. War dies der Fall, so erfolgten Mittelwertsvergleiche mit dem t-Test nach Student. Bei Inhomogenität der Varianzen schloss sich ein Vergleich der Mittelwerte mit dem t-Test nach Welch an. Beide Teste setzen die Normverteilung der Messwerte voraus, die ggf. überprüft werden muss. Die Nullhypothese bedeutet in beiden Fällen die Gleichheit der Mittelwerte. Bei Überschreitung des Grenzwertes durch die Prüfgröße wird die Nullhypothese abgelehnt, es bestehen signifikante Unterschiede.

Bei prä-post-Vergleichen (oder bei anderen paarweise angeordneten Messwerten) wendet man den t-Test für verbundene Stichproben (auch paarweiser t-Test) an. Dabei wird für die Differenz der paarweisen Messwerte Unabhängigkeit und Normverteilung vorausgesetzt. Diese Voraussetzungen sind vor Anwendung des Tests zu überprüfen. Die Nullhypothese besagt, dass der Mittelwert der Differenz gleich Null ist. Je nach sachlichem Hintergrund wird diese Hypothese ein- oder zweiseitig geprüft.

Für die Berechnungen wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit alpha von 5 % festgelegt.

Sind die Voraussetzungen für die obigen Tests nicht erfüllt, müssen parameterfreie Tests angewandt werden. Dazu gehören der u-Test von Mann-Whitney und der Wilcoxon-Test.

Für den parameterfreien Vergleich zweier unabhängiger Stichproben wird der u-Test von Mann-Whitney benutzt. Geprüft wird die Nullhypothese H_0 , die davon ausgeht, dass die Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen (d.h., die Verteilungen gleich sind).

Wenn die berechnete Prüfgröße kleiner oder gleich dem kritischen Tafelwert ist, wird die Nullhypothese verworfen, und die Alternativhypothese (eine der beiden Zufallsvariablen ist stochastisch größer) muss angenommen werden. Wie bei den anderen Berechnungen wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit 5% zugrunde gelegt (55).

Anhand der Auswertungen konnten die Ergebnisse dargestellt und die entsprechenden Grafiken erstellt werden.

8. Ergebnisse

Nach Erfassen aller Daten konnten 57 Patienten statistisch ausgewertet werden.

Drei Datensätze konnten nicht verwendet werden, da die Patienten nicht zu den vorgeschriebenen Untersuchungsterminen erschienen. Damit waren diese unvollständig.

8.1. Verteilung nach Frakturtyp

Zur frakturspezifischen osteosynthetischen Versorgung werden in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des HELIOS Klinikum Berlin-Buch alle Frakturen nach der Systematik der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese eingeschätzt.

Der Operateur klassifizierte die Fraktur anhand des Röntgenbildes sowie des intraoperativen Befundes und dokumentierte den Frakturtyp im Operationsbericht.

Im Rahmen der Studie traten 25 A-Frakturen, 2 B-Frakturen und 30 C-Frakturen auf.

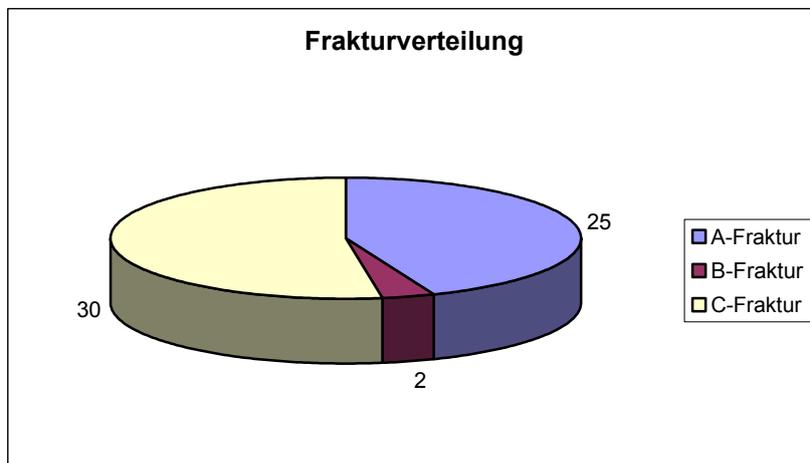


Abb. 34: Frakturverteilung

8.2. Osteosynthetische Versorgung

Die osteosynthetische Versorgung richtete sich in erster Linie nach dem Frakturtyp. Neben der Frakturreinteilung nach der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese spielte aber auch die Größe der gelenkseitigen Fragmente eine wesentliche Rolle in der Wahl des entsprechenden winkelstabilen Plattendesigns.

Im Wesentlichen wurden die A-Frakturen mit einer LCP 3,5 mm distaler Radius der Fa. Synthes® oder mit einer winkelstabile Platten WSP 3,5 distaler Radius der Firma aap

Mebio® versorgt. Bei sehr schmalen distalen Fragmenten kam die Jupiterplatte der Fa. Synthes® zum Einsatz.

Die B-Verletzungen mit palmarem Fragment, klassifiziert als B3-Frakturen oder reversed Barton Fraktur, erhielten eine LCP-Platte der Fa. Synthes®.

Der Hauptanteil der C-Frakturen erhielt eine Jupiterplatte der Fa. Synthes®. Allerdings kamen bei C1-Frakturen mit großen gelenkbildenden Fragmenten auch die LCP 3,5 der Fa. Synthes® und die WSP 3,5 Platte der Firma aap Mebio® zur Anwendung.

Die 57 distalen Radiusfrakturen wurden in 37 Fällen mit der LCP 3,5 distaler Radius der Fa. Synthes®, in 5 Fällen mit einer WSP 3,5 Platte der Firma aap-Mebio® und in 15 Fällen mit einer Jupiterplatte® versorgt.

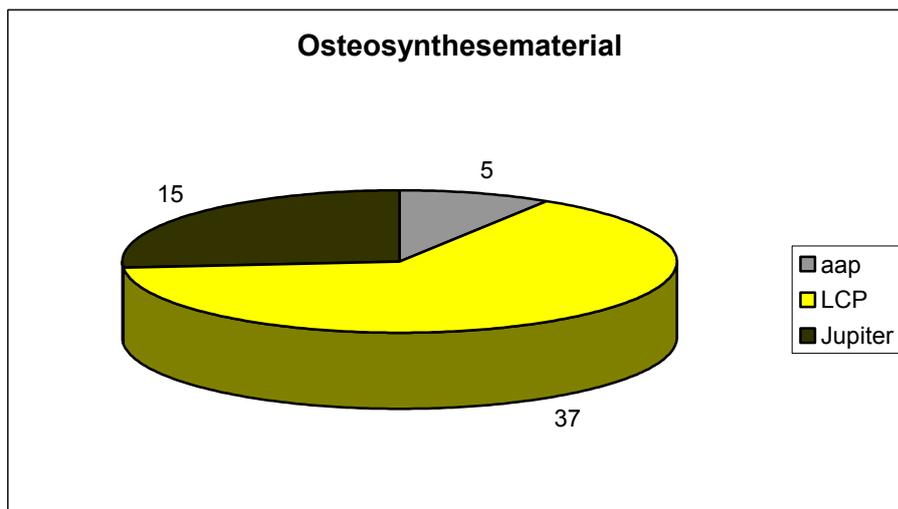


Abb. 35: Osteosynthesematerial

8.3. Homogenität der Gruppen:

Zur Auswertung kamen 29 Patienten, die mit einem Kompressionshandschuh versorgt wurden, und 28 Patienten, die eine bisher übliche Wicklung mit einer elastischen Bandage erhielten.

In 29 Fällen war die linke und in 28 Fällen die rechte Seite betroffen.

Auch bei den jeweiligen Seiten konnte eine nahezu ausgeglichene Versorgung entweder mit Handschuh oder mit elastischer Binde erzielt werden.

Bei betroffener rechter Seite kamen 13 mal der Handschuh und 15 mal die elastische Binde zum Einsatz.

War die linke Seite verletzt, erfolgte in 16 Fällen die Verordnung eines Handschuhs. Dagegen erhielten 13 Patienten die elastischen Bandagen.

			Einschlußgruppe		Gesamt
			1 Handschuh	2 Binde	
Seite	1 rechts	Anzahl	13	15	28
		% von Seite	46,4%	53,6%	100,0%
		% von Einschlußgruppe	44,8%	53,6%	49,1%
Seite	2 links	Anzahl	16	13	29
		% von Seite	55,2%	44,8%	100,0%
		% von Einschlußgruppe	55,2%	46,4%	50,9%
Gesamt		Anzahl	29	28	57
		% von Seite	50,9%	49,1%	100,0%
		% von Einschlußgruppe	100,0%	100,0%	100,0%

Abb. 36: Kreuztabelle Seitenverteilung Handschuh/elastische Wicklung

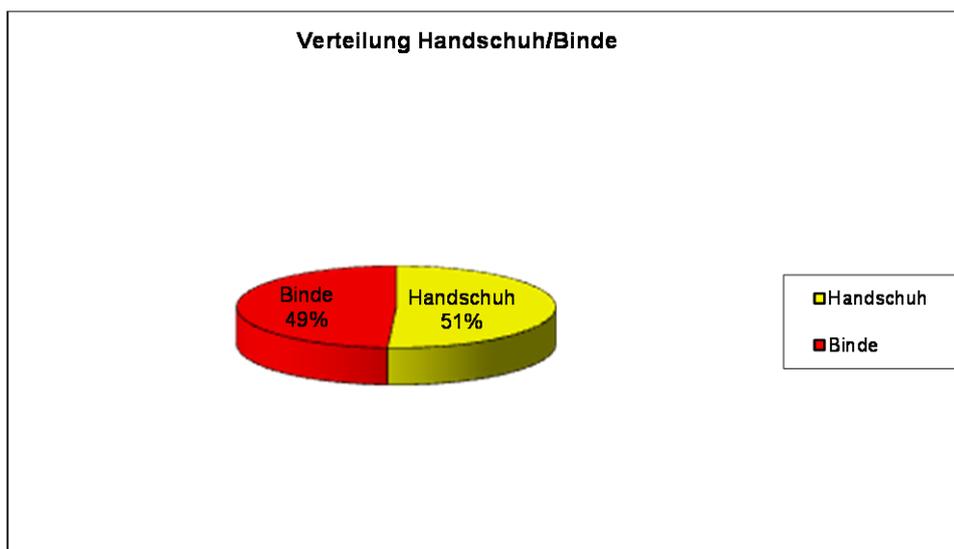


Abb. 37: Verteilung Handschuh/elastische Wicklung

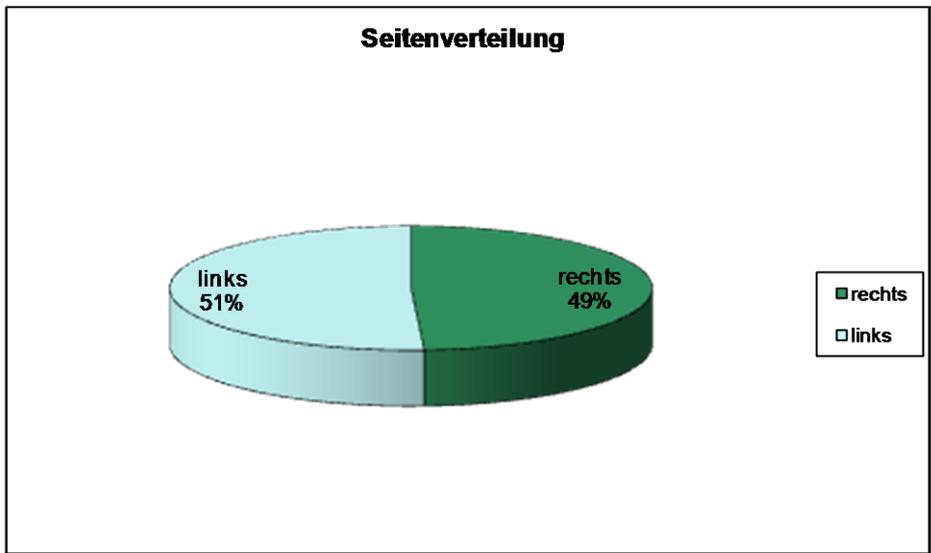


Abb. 38: Seitenverteilung

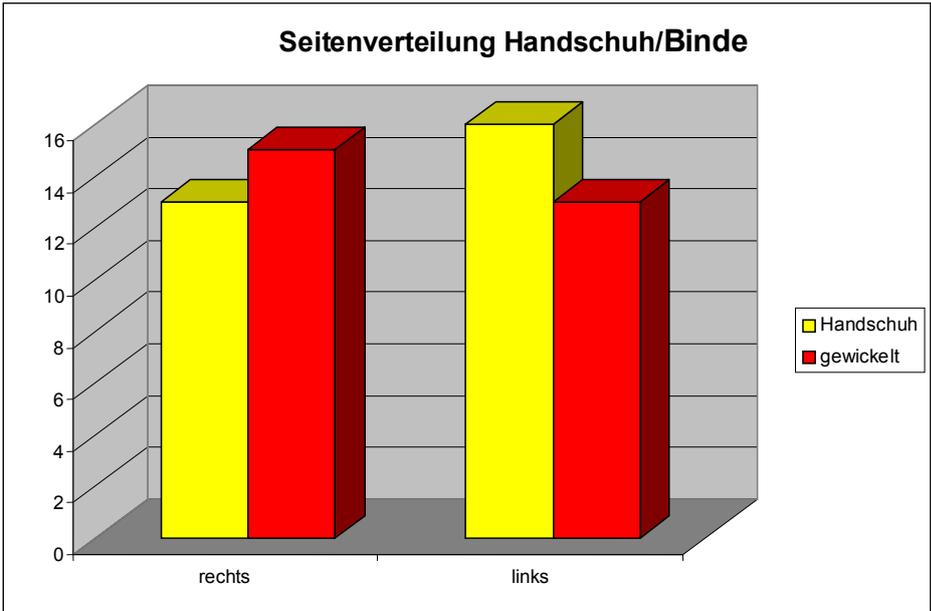


Abb. 39: Seitenverteilung Handschuh/elastische Wicklung

Es konnten keine signifikanten Unterschiede in den Gruppen festgestellt werden. Die Gruppen waren homogen.

8.4. Geschlechtsverteilung

Entsprechend der Literatur konnte eine deutliche Dominanz des weiblichen Geschlechtes festgestellt werden. Es erlitten doppelt so viele Frauen eine distale Radiusfraktur wie die Männer. Der Anteil der Frauen an dem gesamten untersuchten Patientengut betrug somit zwei Drittel und der Anteil der Männer ein Drittel. Aber die Verteilung in die einzelnen Gruppen der postoperativen Versorgung zeigte keine Unterschiede. Von den 18 betroffenen Männern erhielten jeweils 9 einen Handschuh bzw. eine elastische Wicklung. Bei den 39 Frauen bekamen 20 einen Kompressionshandschuh und 19 wurden gewickelt.



Abb. 40: Geschlechtsverteilung

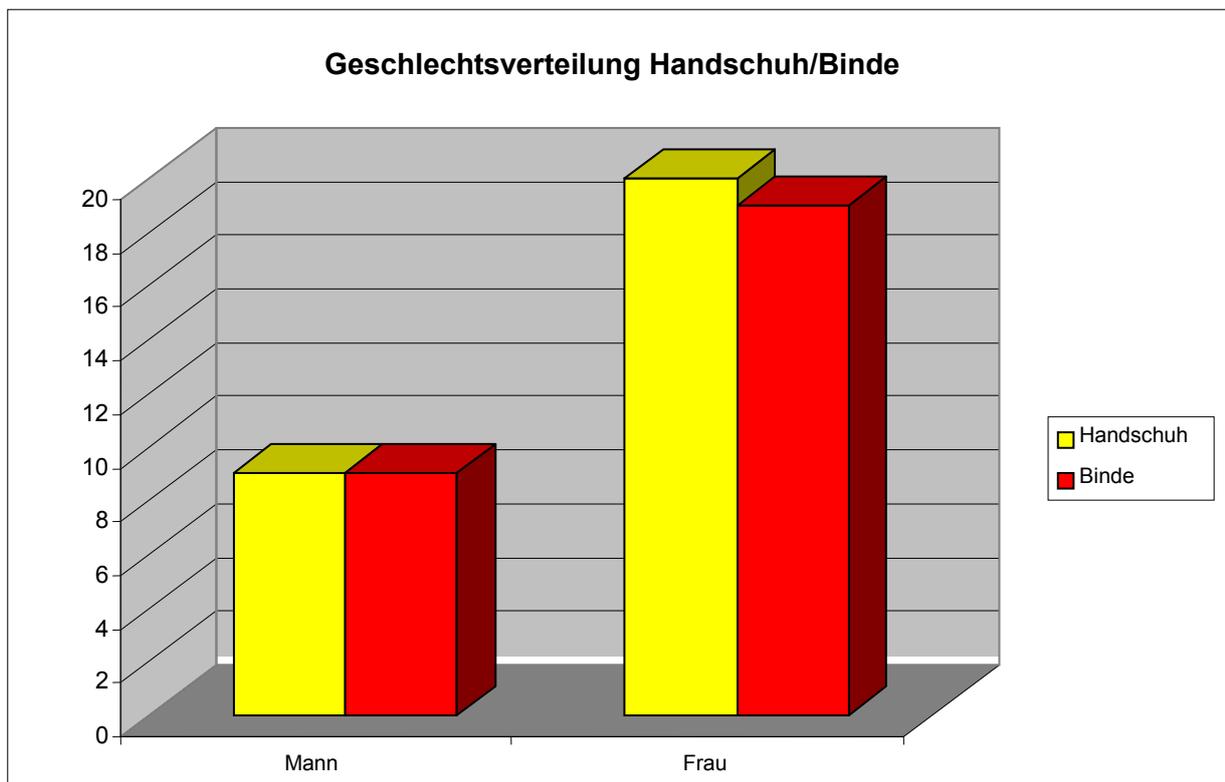


Abb. 41: Geschlechtsverteilung Handschuh/elastische Wicklung

			Einschlußgruppe		Gesamt
			1 Handschuh	2 Binde	
Geschlecht	1 männlich	Anzahl	9	9	18
		% von Geschlecht	50,0%	50,0%	100,0%
		% von Einschlußgruppe	31,0%	32,1%	31,6%
	2 weiblich	Anzahl	20	19	39
		% von Geschlecht	51,3%	48,7%	100,0%
		% von Einschlußgruppe	69,0%	67,9%	68,4%
Gesamt	Anzahl	29	28	57	
	% von Geschlecht	50,9%	49,1%	100,0%	
	% von Einschlußgruppe	100,0%	100,0%	100,0%	

Abb. 42: Kreuztabelle Geschlechtsverteilung Handschuh/elastische Wicklung

Somit fanden sich auch bei der Geschlechtsverteilung in den Gruppen der Handschuhversorgung bzw. der elastischen Wicklung keine signifikanten Unterschiede.

8.5. Altersverteilung

Auch bei der Altersverteilung konnten keine signifikanten Unterschiede in den Gruppen gesehen werden. Während das Durchschnittsalter der Patienten mit Handschuh 55,8 Jahre betrug, waren die Verletzten, die mit elastischer Binde nachbehandelt wurden, durchschnittlich 54,0 Jahre alt. Der Jüngste aus der Handschuhgruppe war 19 Jahre und der Älteste 80 Jahre alt. In der Gruppe der Bindenversorgung zählte der jüngste Patient 18 Jahre und der älteste Verletzte wies ein Alter von 76 Jahre auf.

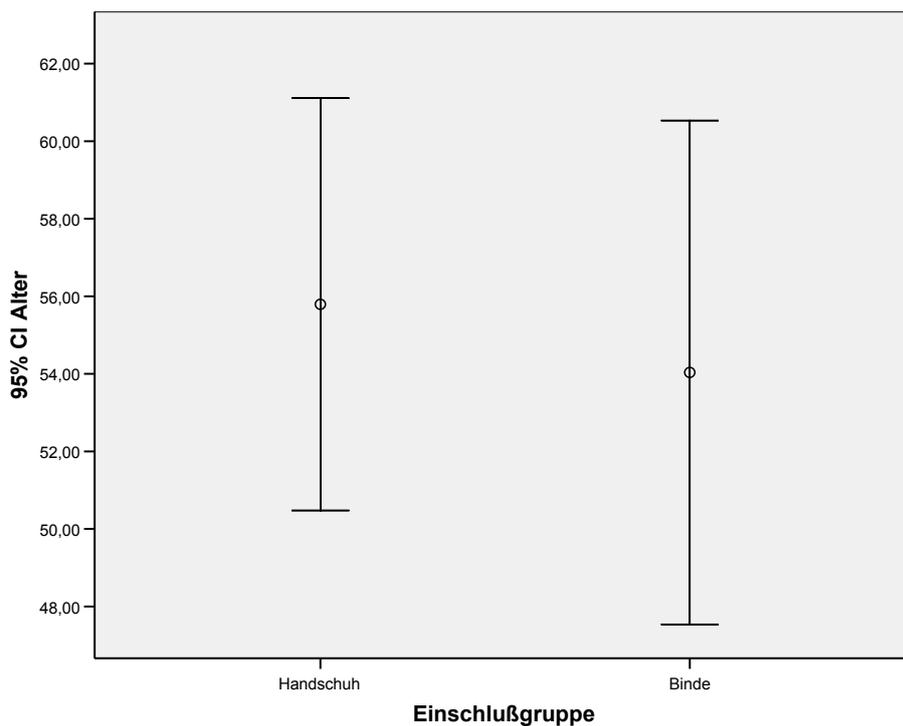


Abb. 43: Altersverteilung

8.6. Operationsdauer

In der Handschuhgruppe betrug die durchschnittliche Operationsdauer 61,6 Minuten mit einer Spanne zwischen 27 und 98 Minuten. Für die Vergleichsgruppe wurden durchschnittlich 58,3 Minuten mit einer Varianz von 32 bis 87 Minuten für die operative Versorgung benötigt. Somit bestanden auch hier keine Signifikanzen.

8.7. Postoperative Schmerzen

Die postoperativ auftretenden Schmerzen schätzten die Patienten anhand einer visuellen Analogskala ein. Hier stand für 0 keine und für 10 stärkste jemals ertragene Schmerzen. Die Patienten sollten selbst auf der Skala den Wert eintragen.

Auch hier wurden zunächst die Schmerzen am zweiten postoperativen Tag erfragt. Zu diesem Zeitpunkt erfolgten die Eingangsuntersuchungen und Befragungen für die Studie. Bis dahin trugen alle Patienten die unmittelbar postoperativ angelegte elastische Wicklung des Unterarmes.

In der Handschuhgruppe ergab sich ein Mittelwert von 7,14 und in der Bindengruppe von 6,71.

Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

9. Auswertung

9.1. Postoperative Schmerzen

Ausgehend von den erhöhten Werten zum Anfang der Untersuchungen schätzten die Patienten der Handschuhgruppe ihre Schmerzen zu jeder Befragung etwas stärker ein. Zurückzuführen ist dies auf die permanente Kompressionswirkung des Handschuhs.

Dies lag bei der elastischen Binde durch gefühlsmäßiges Anwickeln nicht vor. Patienten gaben bei Wicklung sofort an, dass die Binde zu straff sei. Aber zu keinem Zeitpunkt gab es signifikante Unterschiede in der Bewertung der Schmerzen zwischen Handschuh und Binde, welches auch die Graphik zeigt.

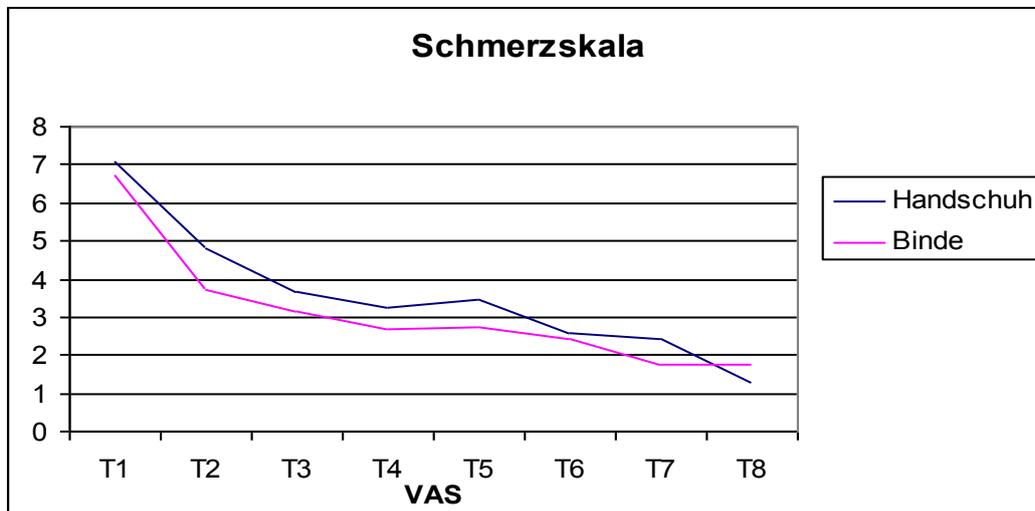


Abb. 44: Abnahme der Schmerzen

9.2. Volumen

Hier zeigten die Kompressionshandschuhe einen deutlichen Vorteil. Bei gleichen Ausgangswerten sah man bereits zum 3. Untersuchungszeitpunkt eine bessere Abschwellung und damit ein geringeres Volumen. Ab dem 5. Untersuchungstermin war diese Abnahme auch signifikant. Insbesondere die erneute Zunahme des Volumens in der Bindengruppe deutete darauf hin, dass keine Kompression mehr durchgeführt und erst später wieder mit Lymphdrainage und Bandagierung reagiert wurde. Bis zum Abschluss der Untersuchungen bestand ein höheres Volumen der verletzten Extremität im Vergleich zur unverletzten Seite in der Bindengruppe.

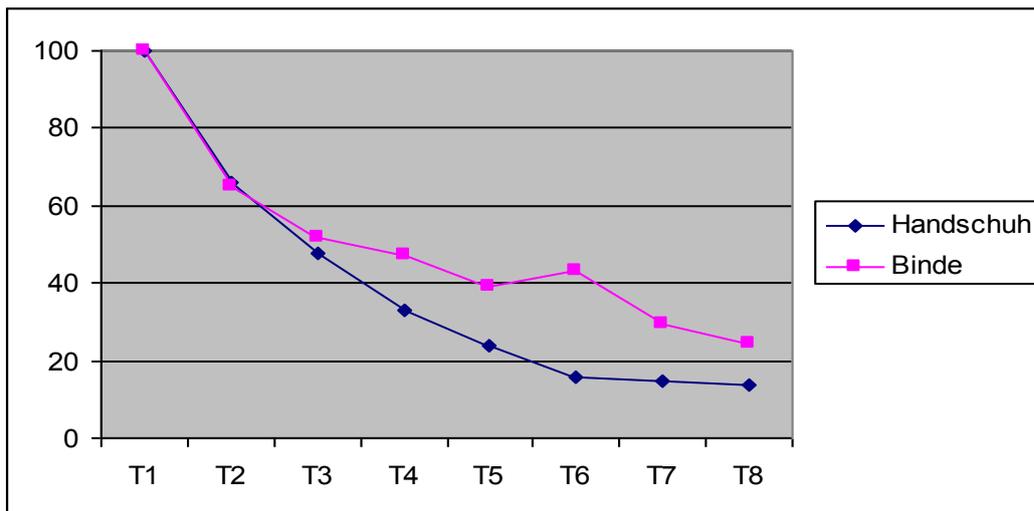


Abb. 45: Relativer Rückgang des Volumens nach Gruppen

9.3. Schwellung

In der Analyse des Verhaltens der postoperativen Schwellung anhand der Umfänge war festzustellen, dass auch hier der Handschuh deutliche Vorteile besaß. Während in den Umfängen des Unterarmes nur eine Tendenz der günstigen Beeinflussung durch den Handschuh vorlag, konnte man am Verhalten der Handgelenksumfänge eine deutlich bessere Abnahme der Schwellung in der Handschuhgruppe erkennen.

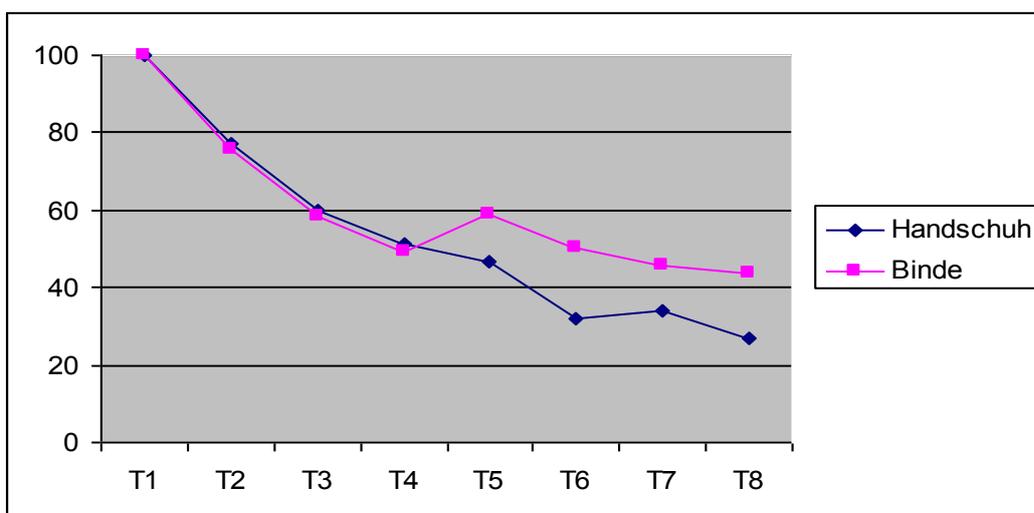


Abb. 46: Relativer Rückgang der Schwellung der Handgelenke nach Gruppen

Auch in der Schwellung der Mittelhand zeigte sich eine bessere Abnahme in der Handschuhgruppe, ohne dass hier aber signifikante Unterschiede bestanden.

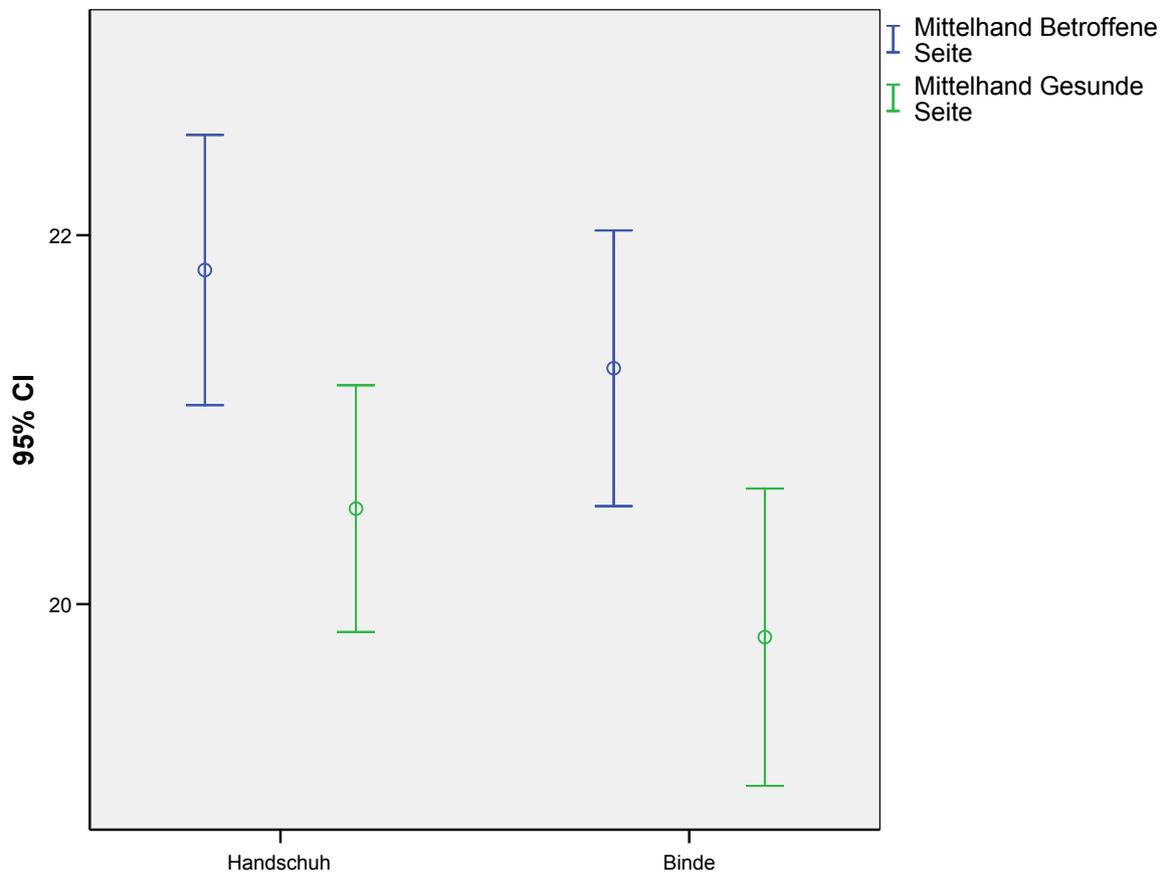


Abb. 47: Schwellung Mittelhand

9.4. Beweglichkeit

In der Unterarmumwendbewegung wurden das Ausmaß der Supination und der Pronation gemeinsam als Bewegungsausmaß, als sog. range of motion, bestimmt und gegeneinander verglichen. Hier steigerte sich das Bewegungsausmaß in der Handschuhgruppe deutlich schneller als in der Vergleichsgruppe. Somit waren auch hier die Vorteile des Handschuhs nachweisbar.

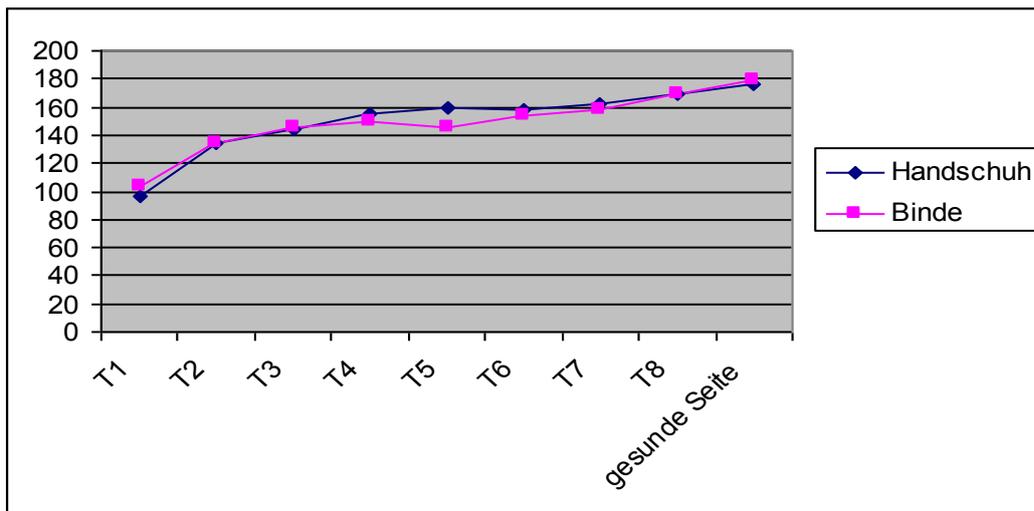


Abb. 48: Zunahme der Beweglichkeit ein- und auswärts nach Gruppen

Gleiches bestand bei dem Bewegungsumfang mit Heben und Senken der Hand.

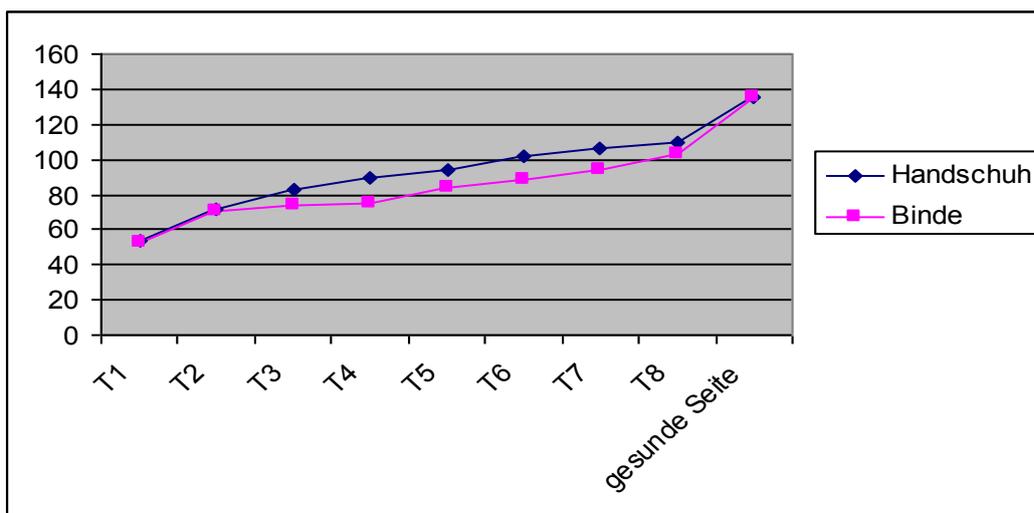


Abb. 49: Zunahme der Beweglichkeit Hohlhand/Handrücken nach Gruppen

Auch in der Ebene der Handbewegung nach radial und ulnar war der günstige Einfluss des Handschuhs erkennbar. Hier konnte ebenfalls eine schnellere Steigerung der Beweglichkeit nachgewiesen werden.

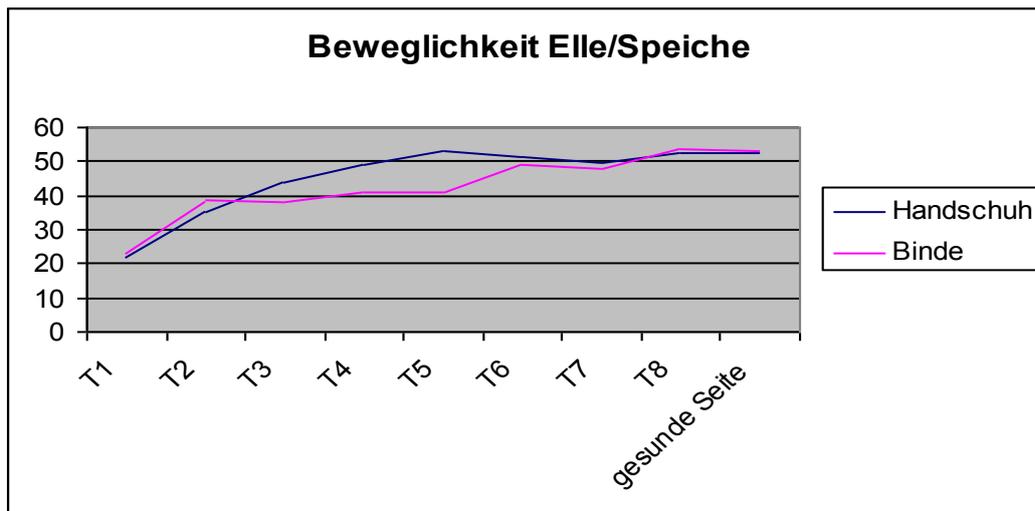


Abb. 50: Änderung der Beweglichkeit Elle/Speiche

9.5. Kosten

9.5.1. Handschuh

Seitens des Sanitätshauses wurden die Kosten für den Handschuh mit 70 € beziffert. Da nur ein Handschuh während des gesamten Beobachtungszeitraumes getragen werden musste, entstanden die Kosten nur einmalig.

9.5.2. Elastische Binde

Hier zeigten sich sehr differente Preisangaben. Sie lagen zwischen 0,18 € und 1 € pro Binde. Idealerweise musste man für die Gesamtsumme der Kosten auch die Dauer der Behandlung mittels elastischer Wicklung mit 6 Wochen ansetzen. Daraus ergab sich für 42 Tage und durchschnittlichem Wechsel der Binde aller zwei Tage ein Verbrauch von ca. 21 Binden. Somit waren die Kosten allein für das Material deutlich günstiger. Sie lagen zwischen 3,78 € und 21 €. Hierbei fanden aber die Kosten für eine notwendige

Lymphdrainagenverordnung bei unregelmäßiger Anwendung der elastischen Binden keine Berücksichtigung. Auch der Arbeitsaufwand und die Personalkosten zum Anlegen der elastischen Binden waren nicht eingerechnet.

10. Zusammenfassung

Die distale Radiusfraktur zählt zu den häufigsten Frakturen. In Deutschland geht man von einer Häufigkeit von etwa 200 000 Fällen pro Jahr aus. Obwohl ein erheblicher Anteil der Patienten nicht mehr im berufsfähigen Alter ist, hat die Behandlung der Fraktur eine große volkswirtschaftliche Bedeutung. Untersuchungen der Verwaltungsberufsgenossenschaft ergaben eine Arbeitsunfähigkeit zwischen 50 und 90 Tagen. Die Gesamtkosten beziffern sich im Rentenfall auf 120 000 € je Fall.

Die neu entwickelten winkelstabilen Implantate gewährleiten eine primäre Übungsstabilität. Die postoperativ auftretende Schwellung behindert jedoch die funktionelle Behandlung.

Das Ziel der Arbeit bestand darin, eine vergleichende Untersuchung nach operativ versorgter distaler Radiusfraktur hinsichtlich der Abschwellung zwischen einer Patientengruppe, die eine elastische Wicklung erhielt und einem Kollektiv, welches mit einem konfektionierten Kompressionshandschuh mit Stulpe nachbehandelt wurde, durchzuführen. Aufbauend auf den guten Erfahrungen der Kompressionsbehandlung der unteren Extremität und in der Behandlung von Lymphödemen der oberen Extremität mit konfektionierten Kompressionsbandagen sollte in einer prospektiv randomisierten Studie untersucht werden, ob konfektionierte Kompressionsbandagen einen günstigeren Einfluss auf die Abschwellung und damit auf ein schnelleres Erreichen des freien Bewegungsausmaßes bei der Nachbehandlung der distalen Radiusfraktur besitzen. Eine zu diesem Zweck durchgeführte prospektiv randomisierte Vorstudie an 17 Patienten zeigte eine deutlich positivere Wirkung der konfektionierten Kompressionshandschuhe.

Es wurde eine prospektiv randomisierte Studie nach einer Fallzahlschätzung, basierend auf der Vorstudie, an 60 Patienten durchgeführt. Alle Patienten erlitten eine einseitige

und isolierte Radiusfraktur. Sie mussten zwischen 18 und 80 Jahren alt sein, den Sinn der Studie verstehen und selbstständig in die Studie einwilligen können. Weder an der verletzten noch an der unverletzten Extremität durften vorbestehende Veränderungen vorhanden sein. Alle Patienten wurden innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall mit einem winkelstabilen Implantat von palmar versorgt. Komplementäre interne oder externe Stabilisationen waren nicht erlaubt. Am zweiten postoperativen Tag erhielten die Probanden entsprechend ihrer Randomisierungsnummer entweder einen Cicatrix-Interimshandschuh® der Firma Thuasne® oder eine elastische Wicklung mittels Uniflex-Universal Binden® von BSN®.

In die Auswertung konnten nach Sichtung aller Unterlagen die Datensätze von 57 Patienten einfließen.

Entsprechend der Ergebnisse der Pilotstudie erfolgten die Messungen jeweils am 2., 4., 6., 10., 14., 21., 28., 35. und 42. Tag.

Die Volumenmessung der verletzten und unverletzten Extremität geschah durch Wasserverdrängung. Das verdrängte Wasser bei Eintauchen der entsprechenden Extremität wurde aufgefangen und mit einem Messzylinder gemessen.

Die Messungen der Umfänge und der Beweglichkeiten des Handgelenkes orientierten sich an den Messbögen nach der Neutral-0-Messmethode. Hierbei lagen die Messpunkte 10 cm distal des Epicondylus radialis, am Handgelenk und an der Mittelhand. Neben der Umwendebewegung des Unterarmes mit Supination und Pronation wurden die Dorsal- und Palmarflexion und die Ulnar- und Radialduktion der Hand gemessen.

Die Arbeit führte zu folgenden wesentlichen Ergebnissen und Schlussfolgerungen:

1. Die Gruppen waren sowohl in der Geschlechtsverteilung, Altersverteilung und in der Seitenverteilung homogen.
2. Ohne signifikante Unterschiede zu zeigen, gaben die Patienten der Handschuhgruppe ihre Schmerzen postoperativ zu jeder Befragung etwas stärker an.
3. Bei der Volumenmessung konnte eine signifikant schnellere Abnahme des Volumens in der Handschuhgruppe nachgewiesen werden.

4. In der Analyse der postoperativen Schwellung wurden deutliche Vorteile der Handschuhe festgestellt. Insbesondere an der Mittelhand und dem Handgelenk zeigte sich eine deutliche Minderung der Schwellung, ohne dass aber hier signifikante Unterschiede bestanden.
5. Bei nahezu gleichem Endpunkt konnten in der Handschuhgruppe bei den Umwendbewegungen des Unterarmes, dem Heben und Senken und den Seitwärtsbewegungen des Handgelenkes die Bewegungsausmaße schneller getätigt werden.

11. Kritik

Die Kritik an der vorgelegten Arbeit beläuft sich im Wesentlichen auf die Volumenmessung.

Die Volumenmessung sollte ohne große technische und apparative Vorrichtungen erfolgen. Sie musste einfach durchführbar sein. Vor allem in der Vorstudie wurden während des Beobachtungszeitraumes eine Vielzahl von Messungen durchgeführt, um die wesentlichen Untersuchungstermine festzulegen. Hierzu erfolgten pro Proband 13 Messungen. Diese konnten durch die Ergebnisse der Pilotstudie auf neun Termine reduziert werden.

Als einfache Messmethode erwies sich das „Prinzip des Archimedes“ als ein sehr gut geeignetes Verfahren. Hier wird das Volumen eines Körpers durch die Wasser-Verdrängung bestimmt.

In der Vorstudie wurde ein handelsüblicher Eimer mit 21 cm Durchmesser und 24 cm Tiefe verwendet. Die vorsichtige Füllung erfolgte, bis die Oberflächenspannung abbrach und etwas Wasser übertrat. Diese Flüssigkeit wurde mit saugfähigem Material aus dem Überlaufgefäß entfernt. In der Pilotstudie erschien das Verfahren eine gute Reliabilität zu besitzen, sodass die Methode mitsamt dem Material übernommen wurde.

Retrospektiv ist festzustellen, dass ein schmaleres Gefäß möglicherweise zu geringeren Messfehlern geführt hätte. Hier ist selbstkritisch anzumerken, dass diese Erkenntnis nicht schon nach der Pilotstudie getroffen wurde.

Nach der geometrischen Formel für die Berechnung der Oberfläche eines Kreises beträgt die Oberfläche des verwendeten Gefäßes 346 cm^2 . Eine durchschnittliche Männerfaust hat einen Durchmesser von 11 cm . Somit wäre es unter Berücksichtigung der Streubreite und eines gefahrlosen Eintauchens möglich, ein Gefäß von 15 cm Durchmesser zu wählen. Dieses Gefäß hat einen Flächeninhalt von 176 cm^2 . Damit besteht eine Differenz der Oberfläche beider Gefäße von 170 cm^2 . Bei einer Füllhöhenabweichung von 1 mm beträgt die Abweichung 17 ml . Die verdrängten Volumina bewegten sich zwischen 300 ml und 1000 ml . Davon ausgehend, bedeuten 17 ml zwischen $1,7\%$ und $5,7\%$ der verdrängten Volumina.

Diese Fehlerquelle wurde minimiert, indem das Gefäß jeweils bis zu dem Punkt des Überlaufens gefüllt wurde.

Ein weiterer Kritikpunkt besteht in dem nicht immer senkrechten Eintauchen des Armes in das Tauchgefäß. Die Probanden standen vor der Versuchsanordnung, welche sich auf einem Schreibtisch befand, beugten sich leicht nach vorn über und tauchten den Arm ein. Insbesondere älteren und kleineren Frauen war es nicht möglich, ein völlig senkrecht Eintauchen vorzunehmen. Bereits in der Vorstudie war dies erkannt worden. Es wurde aber von einer Veränderung unter dem Hinweis Abstand genommen, dass jeder Proband individuell entsprechend seiner Körperkonfiguration zu jedem Untersuchungszeitpunkt den gleichen Eintauchmechanismus tätigt.

Auch hier hätte ein schmaleres Gefäß Vorteile gebracht, da es, eingebettet in einem tieferen Versuchsaufbau, ein nahezu senkrecht Eintauchen erzwungen hätte.

Da aber sämtliche Untersuchungen durch einen Untersucher durchgeführt wurden, kann der Fehler als konstant gewertet werden. Trotzdem sollten bei zukünftigen Messungen Gefäße mit einem möglichst kleinen Durchmesser gewählt werden.

Im experimentellen Ablauf der Volumenmessung fanden die Unterschiede des Lymphabflusses einerseits rechts über den Ductus lymphaticus dexter und links über den Ductus thoracicus keine Beachtung. Es wurde lediglich als Einschlusskriterium das Fehlen von vorbestehenden Lymphabflussstörungen präjudiziert.

Kritisch anzumerken ist, dass eine exakte Bestimmung der Volumina nur durch morphologische Messungen möglich ist. Die Magnetresonanztomografie, die Quantitative Computertomografie und die periphere Quantitative Computertomografie sind etablierte Verfahren zur Volumenbestimmung. Sie fanden in die Studie aus diversen Gründen

keinen Eingang. Es sollte ein möglichst einfaches Verfahren angewandt werden. Das „Prinzip des Archimedes“ stellt ein solches dar. Es ist durch einfache Anordnung überall ohne großen Aufwand einsetzbar und liefert reproduzierbare Ergebnisse. Der zeitliche Aufwand ist sowohl für den Probanden als auch für den Untersucher gering.

In der Studie waren 57 Probanden eingeschlossen. Es wurde neun Mal das Volumen bestimmt. Zusätzlich erfolgte die Bestimmung der unverletzten Referenzseite bei der ersten Messung. Damit wären 570 morphologische Messungen im Verlauf des Beobachtungszeitraumes notwendig.

Der durchschnittliche Zeitbedarf für die Durchführung einer Magnetresonanztomografie des Unterarmes beläuft sich auf 30 Minuten. Dieser immense zeitliche Aufwand war den Probanden nicht zu vermitteln. Viele Patienten hätten deshalb schon ihre Einwilligung zur Studie verweigert. Im täglichen Routineprogramm eines Versorgungskrankenhauses bestehen weder die notwendigen personellen noch die apparativen Ressourcen, derartige Untersuchungen für Studienzwecke durchzuführen. Auch aus Kostengründen wurde dieses Verfahren verworfen.

Sowohl die Quantitative Computer- als auch die periphere Quantitative Computertomografie ist mit einer Strahlenbelastung behaftet. Bei der peripheren Quantitativen Computertomografie wird eine Strahlendosis von 1-2 μS eingesetzt. Die Quantitative Computertomografie arbeitet mit erheblich höheren Strahlendosen (25-60 μS).

Zum Studienzeitpunkt standen im HELIOS-Klinikum Berlin-Buch keine Geräte zur peripheren Quantitativen Computertomografie zur Verfügung, sodass die Quantitative Computertomografie zum Einsatz gekommen wäre. Bei 10 Untersuchungen pro Proband wären diese einer nicht zu verantwortbaren Strahlenexposition ausgesetzt. Ein Ethikvotum wäre zu Recht verweigert worden.

In Abänderung zur Pilotstudie kam eine weitere unidirektionale winkelstabile palmare Platte zum Einsatz. Die winkelstabile Platte WSP 3,5 distaler Radius der Firma aap Mebio® wird in der gleichen Operationstechnik implantiert. Die Indikationen zur Implantation sind analog zu der LCP 3,5 mm distaler Radius der Fa. Synthes®. In beiden Fällen handelt es sich um unidirektionale winkelstabile Platten aus dem Bereich des Kleinfragmentsystems. Deshalb wurden keine Unterschiede erwartet und auch nicht untersucht.

In der Literatur wird die Therapie der distalen Radiusfraktur in den letzten Jahren zunehmend thematisiert. Einerseits ist die Radiusfraktur weiterhin der häufigste Knochenbruch des Menschen, andererseits nimmt die Inzidenz durch eine zunehmende Überalterung der Bevölkerung zu. Ziel jedweder Behandlung ist die weitgehende Wiederherstellung der ungestörten Handfunktion. Die Wiederherstellung der knöchernen Form ist die Grundvoraussetzung, weshalb operative Verfahren favorisiert werden. Die Entwicklung der winkelstabilen Implantate bedeutete ein Meilenstein in der Frakturbehandlung. Sie bieten eine stabile Verankerung auch im osteoporotischen Knochen und schaffen so die Möglichkeit einer frühfunktionellen Nachbehandlung. Die möglichst frühzeitige funktionelle Behandlung ohne Immobilisierung ist eine weitere Bedingung für ein gutes Ergebnis(17, 32, 57, 72, 74).

Übereinstimmend mit der Literatur wurden in der Studie die instabilen Frakturen mit palmaren unidirektionalen Winkelstabilen Implantaten versorgt. Die Versorgung gestattete eine frühfunktionelle Behandlung, welche intensiv durchgeführt wurde. Allgemein anerkannt sind entstauende Maßnahmen mit elastischer Wicklung. In der Arbeit sollte untersucht werden, ob sich der kontinuierliche und konstante Druck von konfektionierten Kompressionshandschuhen günstig auswirkt.

Zu dieser Problematik fanden sich in der Literaturrecherche zur Vorbereitung der Studie keine Quellen. Insbesondere zur Volumetrie konnte zum Zeitpunkt des Studienbeginns nicht auf klinisch praktikable Versuchserfahrungen zurückgegriffen werden. In der Auswertung der Studie und in der kritischen Analyse wurden Verbesserungsmöglichkeiten gefunden, die Eingang in weitere Untersuchungen finden werden.

12. Ausblick

In der vorliegenden Arbeit konnte deutlich der Nutzen der konfektionierten Kompressionshandschuhe nachgewiesen werden. Es stellte sich sowohl bei der Volumen- als auch in der Schwellungsabnahme ein deutlich günstigerer Einfluss der Kompressionshandschuhe im Vergleich zu der Wicklung mittels elastischer Binden dar. Bedingt dadurch konnte auch eine schnellere Steigerung der Beweglichkeit des Handgelenkes in allen Bewegungsrichtungen erreicht werden.

Damit wurde die positive Wirkung des Kompressionshandschuhes nachgewiesen. Entsprechend der Ergebnisse ist der Einsatz des Kompressionshandschuhes in der postoperativen Nachbehandlung nach operativ versorgter distaler Radiusfraktur mit sofortiger funktioneller Beübung unabdingbar.

Angesichts der guten Erfahrungen bei der Behandlung der distalen Radiusfraktur ist der Kompressionshandschuh für die Nachsorge bei allen postoperativen Schwellungszuständen der Hand überaus geeignet.

Literatur

- 1 Agee, JM., Distal radius fracture: Multiplanar ligamentotaxis. *Hand Clin*, 1993; 9: 577-586
- 2 Andersen, DJ., Blair, WF., Steyers, CM., Adams, BD., El-Khoury, GY., Brandser, EA., Classification of distal radius fractures: an analysis of interobserver reliability and intraobserver reproducibility, *J Hand Surg* 1996; 4:574–582
- 3 Barton, JR., Views and treatment of an important injury of the wrist, *Medical Examiner and Record of Medical Science*, 1838 p 367
- 4 Beck, E., Handgelenksnahe Speichenbrüche. Die konservative Behandlung. *Hefte Unfallheilkd*, 1979; 82: 7- 14
- 5 Bertolini, R., Leutert, G., Rother, P., Scheuner, G., Wendler, D., *Systematische Anatomie des Menschen* Verlag Volk und Wissen Berlin 1979
- 6 Boszotta, H., Helpersdorfer, E., Sauer, G., Zur Operationsindikation bei der distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg*, 1991; 94: 417- 427
- 7 Buhs, C. L., Bendick, P. J., Glover, J. L., The effect of graded compression elastic stockings on the lower leg venous system during daily activity *J Vasc Surg* 1999 Nov;30(5):830-4,
- 8 Charnley, J., *Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen*, Springer, Berlin Heidelberg New York 1968
- 9 Colles, A., On the fracture of the carpal extremity of the radius, *Edinburgh Med Surg J* 10: 182-186
- 10 Cooney, WP., Current management of fractures of the distal radius and the forearm: Experience with External Pin Fixation. The current state of the art. *Williams and Wilkins*, Baltimore, 1979: 83- 104
- 11 Dresing, K., Stürmer, KM., Distale Radiusfraktur. In: Stürmer KM. (Hrsg.), *Leitlinien Unfallchirurgie*. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York, 1999: 84- 97

- 12 Dumont, C., Stürmer, KM., Palmare Plattenosteosynthese bei instabiler distaler Radiusextensionsfraktur. Operative Orthopädie und Traumatologie No. 2, 2003: 130- 150
- 13 Frykman, GK., Fracture of the distal radius including sequelae- shoulder hand finger syndrome. Disturbance in the distal radioulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop Scand Suppl , 1967; 108: 1- 155
- 14 Fuhrmann, FJM., Der Fixateur externe als Operationsverfahren bei Radiusfrakturen in loco typico. Chirurg; 1974: 53- 74
- 15 Grechenig, W., Distal radius fractures, the value of wrist arthroscopie in the acute setting. Eur J Trauma 2004; 6: 353- 360
- 16 Hahn von Dorsche, H., Voss-Herrlinger Taschenbuch der Anatomie. Fischer Verlag Jena, 1983: Band I
- 17 Hakimi, M., Jungbluth, P., Gehrman, S., Nowak, J., Windolf, J., Wild, M., Unidirektionale vs. multidirektionale palmare winkelstabile Osteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen, Unfallchirurg 2010 · 113:210–216
- 18 Hierholzer, G., Doppstadt, D., Indikation, Technik und vermeidbare Fehler bei der konservativen Therapie der distalen Radiusfraktur. Langenbecks Arch Chir Suppl II Verl Dtsch Ges Chir Suppl, 1990: 643- 646
- 19 Hochwald, NL., Levine, R., Tornetta, III P., (1997) The risks of kirchner wire placement in the distal radius: a comparison of techniques. J Hand Surg 4:580–583
- 20 Holz, F., Anerkannte Indikationen zur konservativen Frakturbehandlung Distale Radiusfraktur Trauma Berufskrankh 2004; 6 [Suppl 1] : S71–S75
- 21 Jacob, RP., Die Distraction instabiler Radiustrümmerfrakturen mit einem Fixateur externe - ein neuer Behandlungsweg. Hefte Unfallheilkd, 1980; 148: 99
- 22 Johansson, K., Albertsson, M., Ingvar, C., Ekdahl, C., Effects of compression bandaging with or without manual lymph drainage treatment in patients with postoperative arm lymphedema. Lymphology. 1999 Sep;32(3):103-10. Comment in: Lymphology. 2000 Jun;33(2):69-70.,

- 23 Jungbluth, KH., Fehlstellungen und Korrekturingriffe nach distalen Radiusfrakturen. Langenbecks Arch Chir Suppl II Verl Dtsch Ges Chir, 1990: 701-704
- 24 Jupiter, JB., (1991) Fractures of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am 73: 461–469
- 25 Jupiter, JB., Fernandez, DL., Comparative classification for fractures of the distal end of the radius. J Hand Surg Am, 1997; 22: 563- 571
- 26 Jupiter, JB., Fractures of the distal radius. Surg Annu, 1992; 24: 143- 160
- 27 Kapandji, A., L`osteosynthèse par double embrochage intrafocal. Traitement fonctionnel des fractures non articulaires de l`extremité inférieure du radius, Ann Chir 1976; 30; 903-908
- 28 Knirk, JL., Jupiter, JB., Intra- articular fractures of the distal end of the radius in young adults. J Bone Joint Surg Am , 1986; 68: 647- 659
- 29 Korber, J., Kohler, H., Rembor, U., Wentzensen, A., Begleit- und Nachbehandlung distaler Radiusfrakturen Trauma Berufskrankh 2007 · 9:42–46
- 30 Krimmer, H., Pessenlehner, C., Hasselbacher, K., Meier, M., Roth, F., Meier, R., Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. Unfallchirurg 107, 2004: 460- 467
- 31 Lambotte, Chirurgie operatoire des fractures. Masson, Paris 1913
- 32 Lögters, T., Schädel-Höpfner, M., Windolf, J., Zehn Jahre palmare winkelstabile Plattenosteosynthese zur Behandlung der distalen Radiusfraktur: wer profitiert? Obere Extremität 2012 · 7:200–208
- 33 Lohsträter, A., Froese, A., Ergebnisse des Reha-Managements der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft Phys Med Rehab Kuror 2005; 15:119-123
- 34 Melone, CP., Articular fractures of the distal radius. Orthop Clin North Am, 1984; 15: 217- 236
- 35 Morgan, R. G., Casley-Smith, J. R., Mason, M. R., Complex physical therapy for the lymphoedematous arm. J Hand Surg [Br]. 1992 Aug;17(4):437-41

- 36 Mudgal, CS., Jones, WA., Scapholunate diastasis: a component of fractures of the distal radius. J Hand Surg (Br) 1990; 15: 503- 505
- 37 Müller- Färber, J., Griebel, W., Der sekundäre Korrekturingriff am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Unfallheilkunde, 1979; 82: 23- 28
- 38 Müller, ME., Nazarian, S., Koch, P., Schatzker, J., The comprehensive classification of fractures of long bones, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1990
- 39 Neumann, H-A., Compression therapy with medical elastic stockings for venous diseases Dermatol-Surg. 1998 Jul;24(7);765-70
- 40 Ochman, S., Frerichmann, U., Armsen, N. et al. (2006) Ist die Behandlung der instabilen distalen Radiusfrakturen beim älteren Mensch mittels Fixateur externe nicht mehr indiziert? Unfallchirurg 109: 1050-1057
- 41 Oestern, H.-J., Distale Radiusfrakturen Teil I. Chirurg 1999;70:1180-1192
- 42 Oestern, HJ., Distale Radiusfrakturen Teil II Chirurg 1999 70:1381–1394
- 43 Oestern, HJ., Distale Radiusfrakturen. und: Behandlung der distalen Radiusfrakturen. In: Tscherne Unfallchirurgie. Band 1 Hand. (Hrsg. Schmidt-Neuerburg, KP., Towfigh, H., Letsch, R.) Springer Verlag Berlin Heidelberg 2001: 217- 248
- 44 Orbay, J.L., (2000) The treatment of unstable distal radius fractures with volar fixation. Hand Surg 5: 103–112
- 45 Orbay, J. L., Fernandez, D. L., Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. J Hand Surg [Am]. 2004 Jan;29(1):96-102,
- 46 Otto, W., Drahtstiftfixierung distaler Radiusfrakturen Trauma Berufskrankh 1998; 1 :15–23
- 47 Pilz, F., Lindemann-Sperfeld, L., Winter, S., Otto, W., Distale Radiusfrakturen Behandlungskonzept und Erfahrungen Trauma Berufskrankh 2000 ; 2: 313–319
- 48 Poigenfürst, J., Tuchmann, A., Bedeutung der ulnaren Bandverletzung beim Speichebruch an typischer Stelle, Handchirurgie 1978; 220; 121-124

- 49 Pouteau, C., Oeuvres posthumes de M. Pouteau. Memoire, contenant quelques refixations sur quelques fractures de l'avantbras sur les luxations incomplettes du poignet et sur le diastasis, Paris 1783: Ph-D Pierres
- 50 Prescher, A., Schmidt, HM., Arm, obere Gliedmaße, Membranium superius. In: Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F. Nitsch R. (Hrsg.). Waldeyer Anatomie des Menschen. 17. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin- New York, 2003: 657- 779
- 51 Radek, E., Wentzensen, A., Leuftink, D., Externe Qualitätssicherung am Beispiel der distalen Speichenbrüche. Trauma Berufskrankh, 1999; 1: 49- 56
- 52 Radek, E., Köhler, Th., Münch, K., Matschke, S., Wentzensen, A., Verletztenrente auf unbestimmte Zeit nach distalen Radiusfrakturen, Trauma Berufskrankh 2003;5: 253-259
- 53 Rikli, DA., Businger, A., Babst, R., Dorsal double-plate fixation of the distal radius. Oper Orthop Traumatol. 2005 Dec;17(6): 624- 40
- 54 Roske, K, Kühling, J, Schmidt, J (2005) Strecksehnenrupturen nach winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthese distaler Radiusfrakturen. Aktuelle Traumatol 35: 335–339
- 55 Sachs, L, Angewandte Statistik 7. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 1992
- 56 Schädel-Höpfner, M., Böhringer, G., Lemke, T., Gotzen, L., Zur Häufigkeit der scapholunären Dissoziation bei distalen Radiusfrakturen. Akt Traumatol 1998; 28: 71- 73
- 57 Schädel-Höpfner, M., Diener, M., Windolf, J., Gesicherte Literaturergebnisse zur Therapie distaler Radiusfrakturen, Trauma Berufskrankh 2008 · 10 [Suppl 2]:230–235
- 58 Schmidt, J., Petereit, U., Winker, KH., Die volare Plattenosteosynthese als Zuggurtungsprinzip bei der Extensionfraktur des distalen Radius. Akt Traumatol, 1997; 27: 23- 25
- 59 Schumacher, GH., Topographische Anatomie des Menschen. Stuttgart 1985

- 60 Schütz, M., Kolbeck, S., Spranger, A., Arndt-Kolbeck, M., Haas, N. P., Die winkelstabile palmare Plattenosteosynthese bei der dorsal dislozierten distalen Radiusfraktur-Anwendung und erste klinische Erfahrungen Zentralbl Chir. 2003; 128: 997-1002
- 61 Schweigkofler, U., Hofmann, T., Hoffmann, R., Isolierte und additive Kirschner-Draht-Osteosynthese der distalen Radiusfraktur Trauma Berufskrankh 2007; 9:14–18
- 62 Smith, RW., A treatise on fracture in the vicinity of joints and on certain forms of accidental and congenital dislocations, Dublin 1847 Hodges and Smith pp 162-163
- 63 Stoffelen, D., De Mulder, K., Broos, P., The clinical importance of carpal instabilities following distal radius fractures. J Hand Surg (Br) 1998; 23: 512-516
- 64 Teßmann, U-J., Schmidt, J., Neue Aspekte in der Nachbehandlung distaler Radiusraturen. Akt Traumatol, 2006; 36: 113 – 117
- 65 Thielke, K.-H., Echtermeyer, V., Konservatives Vorgehen bei körperfernem Speichenbruch Trauma Berufskrankh 2006 · 8 Suppl 2: 207–211
- 66 Troidl, H., Lebensqualität: Ein relevantes Zielkriterium in der Chirurgie. Chirurg 1989; 60: 445- 449
- 67 Uzdil, T., Neumann, W., Bauschke, A., Winker, KH., Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen. Akt Traumatol, 2001; 31: 141- 148
- 68 Vidal, J., Buscayret, Ch., Melka, J., Der Hoffmann´sche Fixateur externe in der Orthopädie und Traumatologie. Orthop Traumatol, 1980; 27: 667- 679
- 69 Vidal, J., Buscagret, C., Rischback, C., Brahin, B., Poran, M., Escare, P., Une methode originale dans le traitement des fractures comminutives de l'extrémité inferieure du radius:„Le taxis ligamentaire“, .Acta Orthop Belg 1977; 43:781
- 70 Wiemer, P., Köster, G., Felderhoff, J., Weber, U., Frakturen am distalen Radius, Wandel der therapeutischen Strategien. Orthopäde, 1999; 28: 846-852

- 71 Wienert, V., Kompressionsbehandlung nach Verbrennungen Wien Med Wochenschr 1999; 149 (21-22): 581-2
- 72 Windolf, J., Distale Radiusfrakturen, Obere Extremität 2012 · 7:188
- 73 Woltmann, A., Wagner, F., Beisse, R. et al., Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius. Trauma Berufskrankh 2004 [Suppl 2] 6: S251–257
- 74 Woltmann, A., Hierholzer, C., Bühren, V., Gibt es noch eine Differenzialindikation für die Behandlung der distalen Radiusfraktur?, Trauma Berufskrankh 2007; 9:6–13

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten

Erklärung

„Ich, Petra Teßmann, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:
Die Wirkung von Kompressionshandschuhen bei der frühfunktionellen Nach-
behandlung operativ versorgter distaler Radiusfrakturen
selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel
benutzt, ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien
anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift