

Universitätsklinikum Ulm,
Zentrum für Chirurgie, Klinik für Unfallchirurgie,
Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie,
Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. Florian Gebhard

**Eigenständige Heimübungen in der
Nachbehandlung konservativ behandelter
distaler Radiusfrakturen**

Dissertation

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

vorgelegt von

Sandra Sabine Panndorf-Frediani
aus Düsseldorf

2009

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: PD Dr. Gert Krischak

2. Berichterstatter: PD Dr. Ralf Decking

Tag der Promotion: 22.04.2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
1.1 Epidemiologie der distalen Radiusfraktur	1
1.2 Unfallursachen und Frakturtypen	2
1.3 Therapie	4
1.3.1 Konservative Therapie	4
1.3.2 Operative Behandlung	9
1.4 Physiotherapeutische Begleit- und Nachbehandlung	11
1.5 Fragestellung	15
2 Material und Methoden	16
2.1 Studiendesign und Einschlusskriterien	16
2.2 Physiotherapeutische Übungsprogramme	17
2.2.1 Heimtrainingsprogramm	18
2.2.2 Nachbehandlung unter Anleitung des Physiotherapeuten	20
2.3 Nachuntersuchung	24
2.3.1 Patientendaten	25
2.3.2 Bildungsstand	26
2.3.3 Frakturklassifikation	27
2.3.4 Röntgendiagnostik	27
2.3.5 Komplikationen zum Nachuntersuchungszeitpunkt	29
2.3.6 Scoringsysteme	29
2.3.7 Griffstärke	34
2.3.8 Beweglichkeit	36
2.3.9 Umfangsmessungen	37
2.4 Statistik	37
3 Ergebnisse	39
3.1 Patientendaten	39
3.2 Bildungsstand	41

3.3	Dauer der Gipsbehandlung	42
3.4	Frakturklassifikation	43
3.5	Röntgendiagnostik	44
3.6	Komplikationen zum Nachuntersuchungszeitpunkt	46
3.7	Scoringsysteme	46
3.7.1	Jebsen Test of Hand Function	46
3.7.2	Patient Related Wrist Evaluation (PRWE)	55
3.8	Griffstärke	56
3.9	Beweglichkeit	57
3.10	Umfangsmessungen	61
4	Diskussion	69
4.1	Physiotherapie nach distaler Radiusfraktur	69
4.2	Funktionsscores in der Evaluation	71
4.3	Gruppenzusammensetzung	73
4.4	Randomisierte Untersuchung zur Effektivität des Heimprogramms	74
4.5	Eigenverantwortlichkeit in der Nachbehandlung	75
4.6	Ökonomische Aspekte	77
5	Zusammenfassung	79
6	Literaturverzeichnis	81
	Danksagung	91

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	anterio-posterior
Abb.	Abbildung
ADL	Activities of Daily Living (engl., Tätigkeiten des täglichen Lebens)
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASA	American Society of Anesthesiologists
BGSW	Berufsgenossenschaftliche Stationäre Weiterbehandlung
bzw.	beziehungsweise
CASMIN	Comparative Analysis of Social Mobility in Industrial Nation
CPM	Continuous Passive Mobilization
dist.	distal
EAP	Erweiterte Ambulante Physiotherapie
EG	Ellbogengelenk
Ext.	Extension
ggf.	gegebenenfalls
HG	Handgelenk
Kg	Kilogramm
lat.	lateral
leichte D.	leichte Dosen
M.	Musculus
M. Alzheimer	Morbus Alzheimer
MH	Mittelhand
min.	Minute(n)
mm	Millimeter
N.	Nervus
Nn.	Nervi
o.g.	oben genannt
OP	Operation
PNF	Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation
Pro-/Sup.	Pro-/Supination
prox.	proximal
PRWE	Patient Related Wrist Evaluation

ROM	Range of Motion (engl., Bewegungsumfang)
schwere D.	schwere Dosen
Sek.	Sekunde(n)
Tab.	Tabelle
TENS	Transkutane Elektrische Nervenstimulation
TFC-Komplex	Triangulärer Fibrokartilaginärer Komplex
tgl.	täglich
UA	Unterarm
Ulnar-/Radialabd.	Ulnar-/Radialabduktion
u.v.m.	und vieles mehr
UZ	Untersuchungszeitpunkt
Wdh.	Wiederholung(en)
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

In Europa ist die Nachbehandlung in der ambulanten krankengymnastischen Physiotherapiepraxis durch einen professionellen Therapeuten ein wichtiger Bestandteil in der unfallchirurgisch-/orthopädischen Rehabilitation. Die Wiedererlangung der Funktionalität hat direkten Einfluss auf die Lebensqualität und zudem auch auf die Krankheits- und Arbeitsunfähigkeitsdauer. Somit ist die Qualität der Nachbehandlung auch von sozioökonomischem Interesse. Watson-Jones machte bereits 1955 darauf aufmerksam, dass dem Weichteilmantel für das Ausheilungsergebnis und die Funktion nach Frakturen eine Schlüsselfunktion zukommt, auch wenn zunächst der Fokus auf der Ausheilung der Fraktur liegt (zitiert aus [98]). Vor diesem Hintergrund spielt die Nachbehandlung auch nach konservativer Frakturbehandlung eine wichtige Rolle im Gesamtkonzept der medizinischen Versorgung.

Das Verständnis um die Bedeutung des radialen Gelenkpartners für die Handfunktion hat zu einem Umdenken in der Behandlung geführt. Wurde früher der Großteil der distalen Radiusfrakturen konservativ behandelt, so gelten heute die Rekonstruktion der radialen Gelenkfläche und die Wiederherstellung der anatomischen Längen- und Stellungsverhältnisse als Voraussetzung für ein Wiedererlangen der schmerzfreien Handfunktion [66,117]. Dennoch wird der Grossteil der Frakturen auch heute noch konservativ ausbehandelt (s. Kap. 1.3.1). Wichtig ist die initiale kritische Festlegung der korrekten Indikation für ein entsprechend positives funktionelles Ergebnis.

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob Patienten eigenständig die Verantwortung für die Nachbehandlung im Sinne eines selbstständig durchgeführten Heimtrainingsprogramms überlassen werden kann. Hierzu wurde die Nachbehandlung in der Physiotherapiepraxis vergleichend gegenübergestellt.

1.1 Epidemiologie der distalen Radiusfraktur

Die Fraktur des distalen Radius wurde bereits in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Colles (1814) [17] und nach ihm durch Smith (1847) [101] erstmals

beschrieben. Auch heute noch tragen die häufigsten Frakturformen die Namen ihrer Erstbeschreiber, auch wenn die Therapie sich heute nicht mehr ausschließlich nach diesen ausrichtet.

Die distale Radiusfraktur ist die häufigste Fraktur im unfallchirurgischen Krankengut [13]. Jede 6. Fraktur in der chirurgischen Praxis ist eine Fraktur des distalen Radius [33,78]. In unterschiedlichen Studien wird ihr Anteil an der Gesamtheit der Frakturen zwischen 10% und 25% angegeben [5,12,36]. Dem Bundesamt für Statistik zufolge betrug der Anteil der distalen Radiusfrakturen an allen im Jahre 1996 stationär behandelten Frakturen 21% [50].

Frauen sind hierbei deutlich häufiger betroffen als Männer, das Verhältnis beträgt ca. 4:1 [74]. Distale Radiusfrakturen sind und werden zunehmend eine Fraktur des alten Patienten bleiben [93,97]. Schon jetzt sind mehr als 30% der Patienten über 65 Jahre alt [50]. Folgt man Prognosen der steigenden Lebenserwartung in den westlichen Industrieländern, so wird die Inzidenz der distalen Radiusfraktur bis zum Jahr 2030 um ca. 50% zunehmen [92]. Daneben hat sich innerhalb der beiden letzten Dekaden ein weiterer Altersgipfel der 20- bis 40-Jährigen als Folge von höherenergetischen Verletzungen entwickelt [46,78].

Schätzungen gehen davon aus, dass eine 50 Jahre alte weiße Frau aus Europa oder den USA ein Risiko von 15% hat, in ihrem Leben einmal eine distale Radiusfraktur zu erleiden; für Männer liegt dieses Risiko bei lediglich 2% [86].

Diese Zahlen verdeutlichen nicht nur eine auch zukünftig notwendige hohe Anstrengung der medizinischen Versorgung, sie haben auch eine sozioökonomische Relevanz. Gut die Hälfte der verletzten Patienten steht zum Zeitpunkt der Fraktur in einem Arbeitsverhältnis [46]. Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit nach distaler Radiusfraktur beträgt je nach Studie im Mittel 67 Tage bis 20 Wochen [116,118].

1.2 Unfallursachen und Frakturtypen

Der distale Radius ist an zwei Gelenken unmittelbar beteiligt. Zum einen bildet er den proximalen Partner des Radiokarpalgelenks mit der proximalen Handwurzel-

reihe. Dieses Ellipsoidgelenk besitzt zwei Freiheitsgrade, für die Extension/Flexion sowie Radial-/Ulnarabduktion. Die Gelenkmechanik wird durch den imponierten Discus articularis verbessert. Andererseits ist der distale Radius zusammen mit der distalen Ulna an der Bildung des distalen Radioulnargelenkes beteiligt, das ein Trochleagelenk mit einem Freiheitsgrad ist und die Bewegung in Pro-/Supination ermöglicht.

Aus der Epidemiologie lassen sich generell zwei Ursachengruppen unterscheiden. Die (häufigere) ältere Generation erleidet typischerweise im Rahmen eines einfachen Sturzes eine distale Radiusfraktur, wohingegen bei jüngeren Verletzten Unfälle mit größerer Energieentwicklung verantwortlich sind [46,78].

Bei älteren Patienten ist die unmittelbare Ursache meist multifaktoriell. An erster Stelle sind intrinsische Faktoren zu nennen, die die mechanische und strukturelle Knochenqualität schwächen. Die Osteoporose, die insbesondere Frauen nach der Menopause betrifft, bewirkt eine Ausdünnung der metaphysären Knochenregionen und ist ein wichtiger prognostischer Faktor für die Entstehung der distalen Radiusfraktur [38,55,56]. Daneben führt die Gangunsicherheit vor allem bei begleitenden neurologischen und muskuloskeletalen Erkrankungen zu einer erhöhten Sturzneigung [21,22,91].

Bei jungen Erwachsenen sind diese Verletzungen gewöhnlich durch höherenergetische Traumen, wie Verkehrsunfälle oder Sturz aus großer Höhe verursacht [72,95]. Gehäuft sind Arbeits- und Sportunfälle in dieser Altersgruppe zu finden [46,78].

Bei der häufigsten Form, der Extensionsfraktur (Abb. 1), kommt es zum Bruch im Bereich der metaphysären Schwachstelle, ca. 1 cm bis 2 cm proximal der Gelenkfläche und zur Absprengung des Handgelenkfragments nach dorsoradial [12,36]. Frykman beschrieb in experimentellen Studien, dass zur Entstehung der typischen Radiusfraktur auf die dorsal extendierte Hand eine Kraft von durchschnittlich 282 kp beim männlichen und 195 kp beim weiblichen Geschlecht ausreicht [29,72].



Abb. 1. Typische Bajonett-Fehlstellung des distalen Unterarms bei Extensionsfraktur des distalen Radius.

Die Handgelenkstellung zum Zeitpunkt des Aufpralls spielt für die Frakturmorphologie eine wichtige Rolle. Die Extensionsfraktur entsteht bei einem Extensionswinkel von 40° bis 90° und gleichzeitiger radialer oder ulnarer Abduktion von 0° bis 35° [75]. Bei einem Extensionswinkel von über 90° Grad kommt es dagegen eher zu Handwurzelluxationen und -brüchen. Die Flexionsfraktur ist seltener, sie entsteht beim Sturz auf die volarflektierte Hand [101]. Hierbei kommt es zur metaphysären Biegungsfraktur mit Abspaltung des Handgelenkfragments nach palmar. Die Inzidenz der Flexionsfraktur schwankt in den Literaturangaben zwischen 5% und 20% aller distalen Radiusfrakturen [94]. Bei hoher Krafteinwirkung kann es zu einer zusätzlichen Längsfraktur des distalen Frakturfragments (Y- oder T-förmige Fraktur) oder auch zu einer völligen Zertrümmerung der Gelenkbasis mit kompletter Verwerfung der Gelenkfläche kommen.

1.3 Therapie

1.3.1 Konservative Therapie

Die distale Radiusfraktur gilt seit der Erstbeschreibung durch Colles [17] als die klassische Domäne der konservativen Behandlung, wobei seinerzeit die oft

erheblichen Fehlstellungen als unvermeidbar in Kauf genommen wurden.

So bemerkte Colles [17]: *„One consolation only remains, that the limb will at some remote period again enjoy perfect freedom in all its motions, and be completely exempt from pain; the deformity, however, will remain undiminished throughout life.“*

Rehn beklagte 1965 [84], dass unter der konservativen Behandlung beinahe 40% der Frakturen mit einem schlechten Ergebnis ausheilen. Seither hat sich das Behandlungskonzept grundlegend zu Gunsten der stabilen internen Osteosynthese geändert, wobei sich heute eine an die Klassifikation orientierte Vorgehensweise durchgesetzt hat. So betrug der Anteil der konservativ behandelten Frakturen in einer Studie von Oestern bereits 1988 nur noch 39% [75]. In aktuellen Untersuchungen betrug selbst bei einem selektionierten Krankengut (Alter über 65 Jahren) der Anteil der konservativ behandelten Patienten nur noch knapp 24%, wobei selbst A-Frakturen nach der AO-Klassifikation (s. Kap. 2.3.3) nur bei jedem dritten Patienten konservativ ausbehandelt wurden [11].

Dies ist jedoch nicht dahingehend zu verstehen, dass die konservative Therapie kaum mehr Platz im modernen Therapiekonzept distaler Radiusfrakturen findet. Nach den aktuellen Behandlungsrichtlinien existieren durchaus indikationsbezogene Empfehlungen für die konservative Behandlung.

Nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (http://www.dgu-online.de/de/leitlinien/distale_radiusfraktur.jsp) ist die stabile extraartikuläre Fraktur ohne wesentliche Trümmerzone und ohne zusätzliche Mitbeteiligung des Bandapparats eine gesicherte Indikation für die konservative Behandlung. Des Weiteren besteht die Indikation zur konservativen Behandlung bei nicht oder gering dislozierten Radiusfrakturen, sowie bei lokalen oder allgemeinen Kontraindikationen gegen eine Operation. Instabile Radiusfrakturen, die in der Röntgendarstellung und Reposition eine gute Stellung aufweisen, stellen eine relative Indikation zur nicht-operativen Behandlung dar [32].

Nach Jupiter [45] werden folgende Instabilitätskriterien definiert:

- dorsale Trümmerzone
- Mehrfragmentfraktur
- Verlust der radialen Länge > 2 mm
- Dorsalabkipfung > 20°
- assoziierte Ulnafraktur
- radio-ulnare Instabilität

Die Richtlinien der konservativen Therapie beinhalten die korrekte Reposition und Retention. Die Reposition kann in Vollnarkose/Kurzarkose, Regionalanästhesie oder in lokaler Bruchspaltanästhesie (von dorsal, unter BV, 8-10 ml Mepivacain 1%) und im Aushang unter Verwendung von Gewichten erfolgen. Das Prinzip der konservativen Therapie ist die Reposition der Fraktur durch Zug und Gegenzug unter gleichzeitigem lokalem Druck auf das dislozierte Fragment.

Bei der Extensionsfraktur erfolgt die Reposition durch Hyperextension im Handgelenk, gefolgt von maximaler Flexion unter Druck auf das Fragment von dorsal (Abb. 2); bei der Flexionsfraktur erfolgt eine Hyperflexion im Handgelenk, danach eine maximale Extension unter Druck auf das Fragment von volar. Gelegentlich können zusätzliche manuelle Repositionsmanöver z.B. bei gelenknahen Frakturen erforderlich sein. Häufige Repositionsmanöver sollten unbedingt vermieden werden, da hierdurch das Risiko für die Ausbildung einer sympathischen Reflexdystrophie (Morbus Sudeck) deutlich erhöht ist [34,111].

Kann ein zufrieden stellendes Repositionsergebnis nicht erreicht werden, muss eine offene Reposition und osteosynthetische Stabilisierung in Betracht gezogen werden. Immer und vor allem bei Vorliegen von Instabilitätskriterien muss das Repositionsergebnis durch eine Röntgenkontrolle überprüft werden. Bei sekundärer Dislokation besteht auch hier die Indikation zur operativen Behandlung.



Abb. 2 a. Repositionsmanöver bei Extensionsfraktur des distalen Radius. Der reponierende Arzt greift mit der einen Hand den Daumen, mit der anderen Hand die Handkante des Patienten und führt einen Zug in distale Richtung aus (→). Ein Assistent wirkt dieser Kraft durch Zug am flektierten Oberarm entgegen.



Abb. 2 b. Das meist verhakte distale Fragment wird durch Hyperextension mobilisiert (→), wobei ein kontinuierlicher Zug nach distal aufrechterhalten werden muss.



Abb. 2 c. Unter Zug erfolgt die Reposition mit Verkippung des Fragments nach volar (\rightarrow), wobei durch Druck auf das Fragment mit dem Daumen die Kippung sowie palmare Translation des Fragments erreicht wird.

Im Anschluss an die Reposition erfolgt durch die Retention (Fixation und Ruhigstellung) die Fixierung des Repositionsergebnisses. Dies erfolgt in der Regel durch eine Gipsschiene bzw. einen gespaltenen Unterarmgipsverband [52]. Die initiale Gelenkstellung umfasst eine Ruhigstellung in leichter Abduktion und Flexion im Handgelenk bei Extensionsfrakturen, um der sekundären Dislokation entgegenzuwirken. Spätestens bei der Anlage eines zirkulierenden Gipses (in der Regel nach spätestens einer Woche, jedoch gelegentlich bei erheblicher Schwellung auch verzögert) ist auf die Funktionsstellung (20° Extension im Handgelenk, Neutralstellung in Ab-/Adduktion) überzugehen [52].

Aufgrund der posttraumatischen Schwellung darf der initiale Gipsverband jedoch nicht zirkulär angelegt werden, um venöse Blutabflussbehinderung und Druckläsionen wie Nekrosen und Nervenschäden zu vermeiden. Hierbei ist auf eine gute Unterpolsterung zu achten. Die ärztlichen regelmäßigen Kontrollen müssen den Zustand der Extremität auf Schwellung, Schmerz, Puls und Hautfarbe kontrollieren. Röntgenkontrollen sind zudem nach 1, 4, 7 und 14 Tagen anzuordnen, um ein sekundäres Abrutschen der Fraktur nicht zu übersehen [52,111]. In diesem Fall ist erneut die Indikation auf eine operative Stabilisierung zu überprüfen.

Nach neueren Untersuchungen ist das Dogma der geforderten anatomischen Reposition wieder in der Diskussion: In einer von Neidenbach et al. [71] durchgeführten vergleichenden Studien zeigte sich bzgl. der Handfunktion und des Levels der Aktivitäten im Alltag kein Unterschied zwischen Patienten mit distaler Radiusfraktur, die eine Reposition vor konservativer Behandlung erhielten und solchen, deren Radiusfraktur ohne Reposition eingegipst wurde.

1.3.2 Operative Behandlung

Die Indikation zur operativen Behandlung besteht nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (http://www.dgu-online.de/de/leitlinien/distale_radiusfraktur.jsp) generell bei instabilen Frakturen und dislozierten Gelenkfrakturen. Weitere Indikationen sind Frakturen mit einem mindestens zweitgradigen Weichteilschaden, einem traumatischen Karpaltunnelsyndrom, Durchblutungsstörungen und Komplexverletzungen des Handgelenks und der Handwurzel. Auch primär konservativ therapierte Frakturen mit größerer sekundärer Dislokation stellen eine absolute OP-Indikation dar [40].

Die gebräuchlichsten Verfahren sind:

- winkelstabile Plattenosteosynthese, dorsal oder volar
- Kirschnerdraht-Fixation, frakturübergreifend oder intrafokal
- Fixateur externe
- Kombinationen aus o.g. Verfahren, z.B. Fixateur externe und Kirschnerdraht

a.- Plattenosteosynthese

Die winkelstabile Plattenosteosynthese von volar gilt als Standardverfahren in der operativen Therapie [64]. Die klinischen Resultate auch des älteren Patientenguts nach volarer Plattenosteosynthese zeigen in bis zu 90% gute bis sehr gute Resultate [24,48,51,82,90,106,114].

Vor der Zeit der winkelstabilen Osteosynthese bestand die Indikation der volaren Plattenosteosynthese insbesondere bei Flexionsfrakturen [11]. Problematisch waren jedoch die C-Frakturen nach der AO-Klassifikation (s. Kap. 2.3.3), da die distale Schraubenreihe in der gelenknahen Trümmerzone keinen Halt fand und somit durch die Platte keine stabile Situation erreicht werden konnte [90,100,106]. Durch die Winkelstabilität wurde das Indikationsspektrum erheblich ausgedehnt [64]. Die Platte funktioniert aufgrund der fixen Verbindung zwischen Platte und Schraubenköpfen mechanisch wie ein Fixateur interne [51,76]. Durch dieses System ist auch bei partieller Lockerung aufgrund von Trümmerzonen oder reduzierter Knochenqualität (z.B. bei Osteoporose) ein Auslockern der Schraube nicht möglich [106].

b.- Kirschnerdraht-Fixation

Die Kirschnerdraht-Fixation ist entweder frakturübergreifend von distal nach proximal möglich, oder intrafokal nach der Methode von Kapandji [57,96]. Als Vorteil der Kirschnerdraht-Fixation gilt die minimal-invasive Versorgungsmöglichkeit durch mehrere Drähte, die die Retention nach zuvor erfolgter Reposition aufrecht erhalten. Doch gerade dies wird durch die Drähte nicht zuverlässig gewährleistet, es wurden Redislokationsraten von über 90% berichtet [102]. Auch sind Drahtwanderungen beim osteoporotischen Knochen häufig [11]. So ist die Bedeutung der Kirschnerdraht-Stabilisierung deutlich zurückgegangen, auch wenn einige Autoren positive Ergebnisse berichten konnten [57,112]. Der Kirschnerdraht hat dennoch rechtfertigende Indikationen, so bei dislozierten einfachen metaphysären Frakturen ohne Trümmerzonen, die sich im Gips nicht halten lassen bzw. bei Kontraindikationen zur Gipsbehandlung.

c.- Fixateur externe

Der gelenkübergreifende Fixateur ist indiziert bei Frakturen mit hochgradigen epi- und metaphysären Trümmerzonen, aber auch bei offenen Frakturen, bei Infektionen oder im Rahmen der Versorgung des polytraumatisierten Patienten

[80,81]. Als Vorteil gilt die frakturferne Invasivität, wodurch die Fraktur und der die Fraktur umgebende Weichteilmantel geschont bleiben. Durch Längszug, Retention in Ulnarabduktion und leichter Flexion wird eine grobe Reposition durch Ligamentotaxis erreicht [28,69,88]. Eine bewusste Distraction des Handgelenks scheint vorteilhaft bzgl. der später zu erreichenden Funktion zu sein [14]. Ein wesentlicher Nachteil ist der hohe pflegerische Aufwand, da die Pininsertionsstellen eine sorgfältige Pflege zur Vermeidung von Pininfektionen erforderlich machen [27].

Auch nach Abnahme des Fixateur externes benötigen die Patienten trotz intensiver Physiotherapie meist viele Wochen und Monate, bis eine zufrieden stellende Handfunktion erreicht werden kann [11]. Beim geriatrischen Patienten rückt die Funktion zugunsten einer niedrigeren Invasivität in den Hintergrund, so dass der Fixateur externe (ggf. in Kombination mit Kirschner-Drähten bzw. Schrauben) bei C-Frakturen in diesem Patientengut eine wertvolle Alternative darstellt [30,47,80]. So konnten Abramo et al. [1] nachweisen, dass bei höhergradigen Frakturen des distalen Radius die externe Fixation ein Jahr nach Operation identische Ergebnisse verglichen mit internen versorgten Frakturen ergab.

1.4 Physiotherapeutische Begleit- und Nachbehandlung

In der Phase der konservativen Behandlung ist das Handgelenk durch die Gipsretention ruhig gestellt. Hier haben Schmerzlinderung und die Entstauung des posttraumatischen Ödems oberste Priorität [99]. Die Hochlagerung der verletzten Extremität innerhalb der ersten Phase reduziert die posttraumatische Schwellung, die insbesondere im Gipsverband unbedingt auf das mögliche Minimum reduziert werden muss. Leichte Muskelaktivität steigert die Blutzirkulation und unterstützt dies zusätzlich.

Von besonderer Wichtigkeit ist außerdem die Begleitbehandlung der Finger-, Ellenbogen- und auch des Schultergelenks, da durch die Ruhigstellung des Handgelenks die gesamte Kette der angrenzenden und übergeordneten Gelenke

funktionell gestört ist [49,68]. Durch passive und aktive Bewegungsübungen wird die Pro- und Supination geübt. Die Schonhaltung durch Lagerung im Schultertuch hat in modernen Behandlungskonzepten keinen Stellenwert mehr.

Die genannten Maßnahmen erhalten Kraft und Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke und beugen Abflussstörungen vor. In der frühen Phase der Gipsruhigstellung haben Patienten in der Regel noch keinen Kontakt zum Physiotherapeuten, so dass es die Aufgabe des behandelnden Arztes ist, den Patienten darauf hinzuweisen, dass schweres Heben und Tragen sowie das Abstützen auf dem verletzten Arm zu einer sekundären Fragmentdislokation führen können. Dies würde einen Wechsel des Behandlungsverfahrens zu einer operativen Stabilisierung erforderlich machen.

Durch die mehrwöchige Phase der Ruhigstellung und der damit verbundenen Inaktivität des Gelenks sowie sämtlicher an der Gelenkmobilität beteiligten Weichteilstrukturen sind Umbauprozesse sowohl der weichteiligen als auch knöchernen Gewebe unvermeidlich [20]. Hierbei kommt es zur Kapselschrumpfung des radiokarpalen und distalen radioulnaren Bandapparates, zur Muskelatrophie der Unterarmmuskulatur, aber auch zu Hautreizungen und Ulzerationen an den Weichteilstrukturen, sowie zur lokalen Inaktivitätsosteoporose [60]. Diese morphologischen Veränderungen äußern sich funktionell in einer Reduktion der Gelenkbeweglichkeit des Handgelenks, der Fingergelenke und des Ellenbogengelenks, einem Verlust der groben und feinen Muskelkraft, sowie eine Störung der Feinmechanik und Koordination.

Die physiotherapeutische Nachbehandlung nach Gipsabnahme bei der konservativ behandelten distalen Radiusfraktur hat somit entscheidenden Einfluss auf die Wiedererlangung der Gelenk- und Handfunktion [99]. Da es keine Empfehlungen der Fachgesellschaften gibt, weder für die Art, Intensität und Dauer der Nachbehandlung [18], noch darüber, welche Patienten möglicherweise mehr von der Physiotherapie profitieren, und welche weniger [67], unterliegt die Entscheidung der Art der Nachbehandlung alleine subjektiv dem behandelnden Chirurgen. Durch das Hausarztssystem in Deutschland sind allerdings meist mehrere Ärzte an der Verordnung und Auswahl der Nachbehandlung beteiligt.

An erster Stelle steht die Gelenkmobilisation (Manuelle Therapie), die passiv und aktiv erfolgen kann. Der Schwerpunkt der physikalischen Therapie der distalen Radiusfraktur liegt vor allem auf der aktiven Übungsbehandlung, die sich verschiedener Methoden bedient [99]. Unterstützend werden zudem die kontinuierliche passive Motorschienenbehandlung (CPM), statische und aktive Kräftigungsübungen, Splints, physikalische Methoden zur Schmerzbehandlung (z.B. TENS = Transkutane elektrische Nervenstimulation), Wärme- und Kältebehandlung, Massagen, Trainieren der Koordination spezifischer Aufgaben (Ergotherapie) und die Behandlung stauungsbedingter oder posttraumatischer Schwellungszustände (Lymphdrainage) angewendet. Ein wesentlicher Bestandteil der Physiotherapie, auch in der Praxis, sollte die Unterweisung und Überwachung des Patienten in Übungen zur aktiven und passiven Beweglichkeit sein.

Präferieren sollte man möglichst aktive Übungen [10,99]: Strecken und Spreizen der Finger, Faustschluss, Unterarmdrehung, Beugung und Streckung des Ellenbogengelenkes, Nackengriff- und Schürzengriffübungen. Isometrisch-statische Übungen, am besten mehrmals täglich angewandt, wirken der Muskelatrophie entgegen.

Weitere Elemente der physikalischen Therapie sind thermische und mechanische Anwendungen. Durch die Wärmetherapie (ggf. in Kombination mit Medikamenten) wird eine Hyperämie und Muskeltonusminderung erzielt. Das Unterarmbad und der Wasserauftrieb erzeugen hierbei eine Reduktion der Eigenschwere des Armes. Die Kältetherapie (Eis, flüssiger Stickstoff) hat eine gute analgetische Wirkung und wird bei Gelenkkontrakturen und synovitischen Reizzuständen häufig angewendet [16]. Die Kälte limitiert die primäre ödematöse Schwellung durch Vasokonstriktion und nachlassende Zellpermeabilität, zudem reduziert sie die Nervenleitungsgeschwindigkeit, die neurozeptiven Signale und verlangsamt die Streckungsreflexe und dadurch die Schmerzempfindung [26,39].

Auch die Elektrotherapie wird in der Nachbehandlung distaler Radiusfrakturen eingesetzt. Zum einen unterstützt sie die aktive Bewegungstherapie, zum anderen ist sie durch ihre analgetische und hyperämisierende Wirkung gekennzeichnet [10]. Die externe Applikation elektrischer und/oder mechanischer Energie induziert Veränderungen im Zellmilieu und unterstützt die Wiederherstellung der Gewebein-

tegrität und –funktion [6]. Diese Behandlungsmaßnahme wird auch zur Behandlung der Schmerz- und Ödemreduktion nach Weichteilverletzungen, osteoarthritischen Veränderungen, Bänder- und Sehnenreparatur, Wundheilung und Nervenregeneration angewendet [103,109,110,119]. Durch die Kombination von Elektro- und Kältetherapie wird die Schmerz- und Schwellungssituation positiv beeinflusst und die Gelenkbeweglichkeit verbessert [16]. Eine Detonisierung und Analgesie kann auch durch die Ultraschallbehandlung erreicht werden [10].

Von besonderer Wichtigkeit ist die Akzentuierung aktiver Bewegungsübungen, die nach erfolgter Detonisierung und Abschwollen sowie bei geringem Schmerzniveau beübt werden kann. Die lokale Muskelausdauer und Koordination werden durch die auxotonisch-dynamische Muskelübungen trainiert. Dazu gehören Bewegungen gegen die Eigenschwere des Armes, gegen Widerstand oder mit Hilfsgeräten wie z.B. Gummibändern. Daneben kommen auch isokinetische Muskelübungen zum Einsatz. Dabei wird mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit gegen variierenden Widerstand trainiert [10]. Die am Skeletthebel einwirkende Kraft bleibt konstant, während die Kraft an der Muskulatur variiert. Bewegungen über die Schmerzgrenze hinaus sind zu vermeiden. Die Vorteile liegen in kurzen Übungszeiten bei relativ hohem Kraftzuwachs und einer geringen Verletzungsgefahr durch ständige Anpassung der Muskelleistung an Schmerzen und Ermüdung. Nachteilig ist, dass für die Übungen spezielle Apparate erforderlich sind, die nicht überall vorhanden sind.

Daneben leitet die Ergotherapie an, Kraft, Geschicklichkeit und Ausdauer des Patienten zu schulen. Hierzu eignen sich Griffe des täglichen Lebens, wie z.B. das Schließen eines Wasserhahnes, Schlüssel herumdrehen, Öffnen und Schließen eines Drehverschlusses bis hin zur kleinen handwerklichen Arbeiten. Diese Übungen aus der Ergotherapie sind für die Rehabilitation älterer Patienten wichtig, da sie im Haushalt die Unabhängigkeit von der Hilfe anderer gewährleisten sollen [10].

Neben den genannten Techniken erfolgt die Krankengymnastik auch auf neurophysiologischer Grundlage. Die PNF-Technik (Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation) ist eine Anwendungstechnik, bei der latente motorische Fähigkeiten des Patienten durch geeignete Fazilitation stimuliert und aktiviert werden [10].

Hierdurch wird eine Verbesserung des Muskeltonus, der Muskelkräftigung sowie der Abbau pathologischer Bewegungsmuster erreicht. Das Prinzip besteht in der Stimulation von Propriozeptoren, die zu einer Übertragung der Erregung von kräftigen auf schwache Muskelgruppen führt. Als Reize dienen in erster Linie Zug- und Drucktechniken.

Mit fortgeschrittener Behandlung muss es Ziel des Therapeuten sein, alle Bewegungsrichtungen in vollem Bewegungsausmaß gegen Widerstand zu beüben. Ziel ist es, die Koordination und Kraft für Alltags-, Sport- und Arbeitsanforderungen wieder zu erlangen [99]. In diesem Stadium werden insbesondere bei Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit oder Kontrakturen manuelle Behandlungstechniken eingesetzt, die durch aktive Bewegungstechniken unterstützt werden können [10].

1.5 Fragestellung

In einer prospektiv-randomisierten Studie wird das Ergebnis der Nachbehandlung nach konservativ distaler Radiusfraktur untersucht.

Hierzu wurden die Patienten in eines von zwei Nachbehandlungsprogrammen randomisiert: in ein durch den Physiotherapeuten in der Praxis durchgeführtes Nachbehandlungsprogramm und in ein selbstständig durchgeführtes, zu Beginn der Nachbehandlung eingeleitetes Heimtrainingsprogramm.

Folgende Frage soll in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden:

- Haben Patienten, die in einer Praxis durch professionelle Physiotherapeuten behandelt werden, ein funktionell besseres Resultat, als Patienten, die eigenverantwortlich ein Heimtrainingsprogramm absolvieren?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Einschlusskriterien

In einer prospektiv-randomisierten Studie wurden unterschiedliche physiotherapeutische Nachbehandlungsprogramme und deren Einfluss auf das objektive, subjektive und funktionelle Ergebnis untersucht. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Universität Ulm (Nr. 46/06) am 12.07.2006 bewilligt.

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, die am Universitätsklinikum Ulm zwischen 07/2006 und 11/2007 bei distaler Radiusfraktur konservativ therapiert wurden. Einschlusskriterien waren eine abgeschlossene Frakturkonsolidierung zum Zeitpunkt der Gipsabnahme sowie die kognitive Fähigkeit zur aktiven Teilnahme an der Nachbehandlung. Die kognitive Fähigkeit wurde als gewährleistet eingeschätzt, wenn der/die Patient/in in der Lage war, selbstständig ein Übungsprogramm, das über ein Heft angeleitet wurde, lesen, verstehen und ausführen zu können, bzw. selbstständig eine niedergelassene Physiotherapiepraxis aufzusuchen und die Fähigkeit zu besitzen, die dortigen erlernten und geübten Übungen auch zu Hause anzuwenden. Dies wurde eingehend im Patientengespräch, ggf. mit den anwesenden Angehörigen eruiert.

Alle Patienten wurden entsprechend den Vorgaben der Ethikkommission vor Beginn der Studie über Art, Ziel und Umfang der Studie aufgeklärt und erhielten eine Patienteninformation, zudem willigten alle Patienten mit Unterschrift ausdrücklich in die Teilnahme der Studie ein.

Folgende Ausschlusskriterien wurden definiert:

1. Keine schriftliche Einwilligung des Patienten/Bevollmächtigten in die Studienteilnahme
2. Patientenalter unterhalb 18 Jahre
3. unkooperativer Patient
4. kognitive Fähigkeit zur Studienteilnahme nicht vorhanden

5. Vorliegen einer hirnorganischen Erkrankung (z.B. M. Alzheimer, Demenz)
6. Vorliegen einer Knochenkrankheit, die für die Fraktur verantwortlich ist (z.B. Metastase, Osteolyse)
7. bereits frühere handgelenksnahe Fraktur oder Karpaltunnelsyndrom an der verletzten Seite
8. Vorliegen einer entzündlichen Gelenkerkrankung (z.B. Rheuma, Gicht) oder einer Sudeck'schen Reflexdystrophie

Die Patienten wurden über ein altersbasiertes Randomisierungsverfahren (erstellt und zur Verfügung gestellt von Herrn Prof. Dr. Rainer Mucbe, Abt. Biometrie, Universität Ulm) entweder der Gruppe „(A) Heimprogramm“ oder „(B) Physiotherapiepraxis“ zugelost.

Um den Effekt der Nachbehandlung zu untersuchen wurden die Patienten an zwei Untersuchungszeitpunkten (UZ) nachuntersucht. Der Ausgangsbefund wurde am Tag der Gipsabnahme (Untersuchungszeitpunkt 1, UZ1) erhoben, die Follow-up-Untersuchung (Untersuchungszeitpunkt 2, UZ2) erfolgte nach Abschluss des 6-wöchigen Heimtrainingsprogramms bzw. nach Abschluss der 12 Einheiten verordneter Physiotherapie, spätestens jedoch 8 Wochen nach erfolgter Eingangsuntersuchung (UZ1).

2.2 Physiotherapeutische Übungsprogramme

Die Patienten wurden altersbasiert in eines von zwei unterschiedlichen physiotherapeutischen Nachbehandlungsprogrammen randomisiert. Einerseits in ein Heimprogramm mit Anleitung über ein Übungsheft, andererseits in die Nachbehandlung unter Anleitung in einer Praxis für Physiotherapie. Beide Programme wurden von den Dozenten der Staatlichen Schule für Physiotherapie und Massage *UlmKolleg*, 89081 Ulm, unter der Leitung von Herrn Florian Schneider (Leiter) entwickelt. Beide Übungsprogramme wurden so aufgestellt, dass vergleichbare Inhalte zu den entsprechenden Wocheneinheiten für die Patienten zur Verfügung standen.

2.2.1 Heimtrainingsprogramm






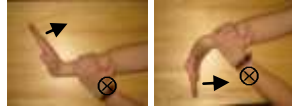



Allen Patienten, die in die Nachbehandlung mittels Heimprogramm randomisiert wurden, wurden am Untersuchungstag UZ1 in die Übungen eingewiesen, zudem wurde ihnen ein eigens erstelltes Übungsheft zur Selbstdurchführung ausgehändigt.

Dieses Heimtrainingsprogramm, das von den Schülern der Staatlichen Schule für Physiotherapie und Massage *UlmKolleg* mit Photographien illustriert wurde, wies die Patienten detailliert in Art, Umfang, Intensität, Übungs- und Pausenzeiten sowie in einen „tagebuchartigen“ Wochenplan ein. Zudem wurde ein Protokoll über die Teilnahme an den Übungen geführt bzw. Raum für Anmerkungen bzw. Kritik bei Problemen bei der Durchführung erstellt.

Das Programm sah im Einzelnen jeweils ca. 20-minütige Übungseinheiten aus je 3 bis 5 Einzelübungen vor, wobei die Wiederholungsanzahl der Einzelübungen, Übungszeiten und Pausenzeiten zu jeder Übung vorgegeben wurden. Pro Tag wurde je eine Übungseinheit morgens und abends vorgesehen. Das Programm wurde in wöchentlichen Schritten an den zu erwartenden Heilungsverlauf angepasst. Es erfolgten keine weiteren Patientenvorstellungen zur Demonstration der Eigenübungen, den Patienten wurde bewusst die Eigenverantwortlichkeit für die Nachbehandlung übertragen.



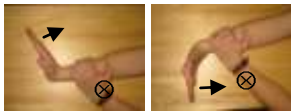




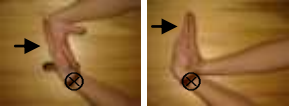

Die Patienten, die das Heimprogramm absolvierten, wurden zur Gruppe A (Heimprogramm) zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind die Inhalte des Heimprogramms wochenweise dargestellt (Tab. 1).

Tab. 1: Darstellung der Übungsinhalte des Heimtrainingsprogramms in Wochenblöcken. Übungsblöcke erfolgten 2x pro Tag, 10 Sek. Pausenzeit zwischen den Einheiten. (aktive Bewegungsrichtung; Bewegungsrichtung passiver Druck; ⊗ unverletzte Seite)

NO.	BESCHREIBUNG	ABB.	INTENSITÄT	
Woche 1	1	Faustschluss: Strecken der Finger und Faust.		5 x 10 Wdh.
	2	Winken: Hand kleinfingerseitig auflegen, am Unterarm fixieren. Langsam in Streckung und Beugung.		3 x 20 Wdh.
	3	Scheibenwischer: Mit aufliegender Handfläche die Hand langsam nach ulnar und radial führen.		3 x 20 Wdh.
	4	Traktion: Mit der gesunden Hand wird das Handgelenk nach außen gezogen		2 x 10 Wdh.
Woche 2	1	Faustschluss mit Softball oder weicher Binde. Wenige Sekunden zusammengedrückt halten		3 x 10 Wdh.
	2	Winken: Hand kleinfingerseitig auflegen, am Unterarm fixieren. Langsam in Streckung und Beugung.		3 x 20 Wdh.
	3	Scheibenwischer: Mit aufliegender Handfläche die Hand langsam nach ulnar und radial führen.		3 x 20 Wdh.
	4	Druck und Gegendruck: 1. mit unverletzter Hand Druck gegen Innenseite der verletzten, 2. mit verletzter Hand Druck gegen Innenseite der unverletzten Hand		3 x 10 Wdh.
	5	Bewegungsrichtungen wie 4, ohne Gegendruck. Bewegen über die gesamte Bewegungsbahn handinnen- und -auswärts		3 x 10 Wdh.

Fortsetzung

Fortsetzung Tab. 1

Woche 3		Alle Übungen aus Woche 2 (1-5)		
	6	Übungen an der Kante: Hand hängen lassen, langsam nach oben führen. Nacheinander 1. Handfläche, 2. Handrücken und 3. mit Daumen nach oben.		3 x 10 Wdh.
Woche 4	1	Faustschluss mit Softball oder weicher Binde. Wenige Sekunden zusammengedrückt halten		3 x 10 Wdh.
	2	Winken: Hand kleinfingerseitig auflegen, am Unterarm fixieren. Langsam in Streckung und Beugung.		3 x 20 Wdh.
	3	Scheibenwischer: Mit aufliegender Handfläche die Hand langsam nach ulnar und radial führen.		3 x 20 Wdh.
	4	Sprudelflasche: Übung 2 aus Woche 3, mit Modifikation Sprudelflasche in der Hand		3 x 10 Wdh.
Wochen 5 und 6	1	Faustschluss mit Softball oder weicher Binde. Wenige Sekunden zusammengedrückt halten		3 x 10 Wdh.
	2	Sprudelflasche: Übung 2 aus Woche 3, mit Modifikation Sprudelflasche in der Hand		3 x 10 Wdh.
	3	Dehnen: verletzte Hand wird nach handinnen- und handrückenwärts gedehnt		3 x 1 min.
	4	Tennisball: Faustschluss mit Tennisball. Wenige Sekunden zusammengedrückt halten		3 x 10 Wdh.

2.2.2 Nachbehandlung unter Anleitung des Physiotherapeuten

Alle Patienten, die in die angeleitete Nachbehandlung in einer Physiotherapiepraxis randomisiert wurden, wurden in die Gruppe B (Physiotherapie) eingeschlossen. Ihnen wurde zum Zeitpunkt der Gipsabnahme am Nachuntersuchungstag UZ1 je zwei entsprechende Rezepte für die physiotherapeutische Behandlung in

der Praxis ausgestellt. Die gesamte Verordnungsmenge betrug hierbei die Menge von 12 Anwendungseinheiten, die je nach Praxis zwischen 20 min. und 30 min. Dauer betragen, verteilt über einen Zeitraum von 6 Wochen. Hieraus ergab sich eine Intensität von 2 Anwendungen/Woche.

Die Patienten durften die Therapeuten frei wählen. Damit jedoch ein möglichst gleicher Standard der Behandlung erzielt werden konnte, wurden die Therapeuten schriftlich über Inhalte der vorliegenden Studie sowie den einzelnen Wochenprogramminhalten informiert. Letztere wurde den Therapeuten als empfohlenes Behandlungsprogramm zur Verfügung gestellt. Wie in der Praxis üblich wurden die Therapeuten im Rahmen der schriftlichen Information zum Studienablauf ausdrücklich zur Einarbeitung in zu Hause selbstständig durchzuführende, zusätzliche Übungen angehalten. Um jedoch die individuelle Therapieoption der behandelnden Therapeuten mit ihren Patienten zu gewährleisten, hatte das Behandlungsprogramm keinen zwingend bindenden Charakter, jedoch wurden die Therapeuten angehalten, vom empfohlenen Übungsprogramm abweichende Übungsinhalte zu dokumentieren.

In Tabelle 2 sind die empfohlenen physiotherapeutischen Inhalte für die Physiotherapiepraxis wochenweise dargestellt.

Tab. 2. Empfohlene Übungsinhalte des Nachbehandlungsprogramms in der Physiotherapiepraxis der Gruppe B (Physiotherapie) in Wochenblöcken nach Gipsabnahme:

KRANKENGYMNASTIK UNTER ANLEITUNG	2X 20 MIN./ WOCHE
1. Woche	<ul style="list-style-type: none"> • Aktive Bewegungsübungen für die angrenzenden Gelenke (2-4 min.)

Fortsetzung

Fortsetzung Tab. 2

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bei Bedarf</i> Mobilisationstechniken (Entspannungstechniken und manuelle Gelenktechniken) bei eingeschränkter Beweglichkeit angrenzender Gelenke (2-4 min.) • Traktion proximales Handgelenk (ca. 2 min. mit Pausen) • Gleiten nach volar (ca. 5 min. mit Pausen) • Aktives Bewegen in Richtung Dorsalextension (20x) • Gleiten nach dorsal (ca. 5 min. mit Pausen) • Aktives Bewegen in Richtung Volarflexion (20x) • Haltungskorrektur (ca. 2 min.)
<p>2. Woche</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anleiten aktiver Bewegungsübungen für die angrenzenden Gelenke als <i>Heimübungen</i> (2x täglich selbstständig) • <i>Bei Bedarf</i> Mobilisationstechniken (Entspannungstechniken und manuelle Gelenktechniken) bei eingeschränkter Beweglichkeit angrenzender Gelenke (2-4 min.) • Traktion proximales Handgelenk (ca. 2 min. mit Pausen) • Gleiten nach volar (ca. 5 min. mit Pausen) • Aktives Bewegen in Richtung Dorsalextension (20x) • Gleiten nach dorsal (ca. 5 min. mit Pausen) • Aktives Bewegen in Richtung Volarflexion (20x) • Haltungskorrektur (ca. 2 min.)

Fortsetzung

Fortsetzung Tab. 2

3. Woche	<ul style="list-style-type: none">● PNF – Armpattern, um Finger und Handgelenke in alle Richtungen aktiv zu beüben● Traktion proximales Handgelenk (ca. 2 min. mit Pausen)● Gleiten nach volar (ca. 3 min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung Dorsalextension (20x)● Gleiten nach dorsal (ca. 3 min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung Volarflexion (20x)● Gleiten nach ulnar (ca. 3min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung radiale Abduktion (20x)● Gleiten nach radial (ca. 3min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung ulnare Abduktion (20x)● Haltungskorrektur als <i>Heimübung</i>
4. Woche	<ul style="list-style-type: none">● PNF – Armpattern um Finger und Handgelenke in alle Richtungen aktiv zu beüben (3 min.)● Abduktion (ca. 3 min. mit Pausen)● Traktion proximales Handgelenk (ca. 2 min.)● Gleiten nach ulnar (ca. 5 min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung radiale Abduktion (20x)● Gleiten nach radial (ca. 6 min. mit Pausen)● Aktives Bewegen in Richtung ulnare Abduktion (20x)

Fortsetzung

Fortsetzung Tab. 2

<p>5. Woche</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PNF – Armpattern, um Finger und Handgelenke in alle Richtungen aktiv zu beüben (3 min.) • Einüben verschiedener Funktionsgriffe (z.B. Faustschluss, Pinzettengriffe, Opposition Daumen und Kleinfinger) (ca. 5min.) • PNF Schulter- und Armpattern zur Kräftigung (ca. 10 min. mit Pause) • ADL (3 min.)
<p>6. Woche</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PNF – Armpattern, um Finger und Handgelenke in alle Richtungen aktiv zu beüben (3 min.) • PNF Schulter- und Armpattern zur Kräftigung (ca. 12 min. mit Pause) • ADL (ca. 5 min.)

2.3 Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung erfolgte anhand eines strukturierten Nachuntersuchungsbogens. Dieser umfasste in der Eingangsuntersuchung UZ1 die Patientendaten, Begleiterkrankungen, ASA-Kriterien, Angaben zum Unfallhergang, Bildungsstand, Frakturklassifikation sowie eine Röntgenuntersuchung des Handgelenks in 2 Ebenen. Folgende Untersuchungen wurden vergleichend in der Eingangsuntersuchung UZ1 sowie zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung durchgeführt: Jebsen-Test der Handfunktion, Patient Related Wrist Evaluation (PRWE), Griffkraft, Beweglichkeits- und Umfangsmessungen.

In den folgenden Kapiteln sind die genannten Einzeluntersuchungen näher erläutert.

2.3.1 Patientendaten

Die Patienten wurden über ein Verschlüsselungssystem (Initialen, Geburtsdatum) anonymisiert und die vollständige Patientenliste beim Studienbetreuer PD Dr. Gert Krischak verwahrt.

a.- Begleiterkrankungen

Eventuell stattgefundenene Vorbehandlungen am Handgelenk wurden erhoben. Begleiterkrankungen wurden entsprechend der folgenden Kategorien dokumentiert:

- keine
- muskuloskeletale Begleiterkrankungen/Frakturen
- Herzerkrankungen
- pulmonale Erkrankungen
- Diabetes mellitus
- Implantate/Prothesen
- vaskuläre Erkrankungen
- neurologische Erkrankungen
- Karzinom
- Sonstige (Freitext)

b.- ASA-Klassifikation

Der präoperative Gesundheitszustand wurde für alle Patienten entsprechend der Klassifikation der *American Society of Anesthesiologists* (ASA) dokumentiert [23]:

- ASA I Normaler gesunder Patient
- ASA II Patient mit geringen systemischen Erkrankungen
- ASA III Ernste Systemerkrankung, Patient jedoch noch arbeitsfähig
- ASA IV Schwere Systemerkrankung, die eine ständige lebensgefährliche Bedrohung darstellt

- ASA V Moribunder Patient, der voraussichtlich innerhalb der nächsten 24 Stunden versterben wird

c.- Unfallhergang

Arbeits- und Wegeunfälle wurden nicht separat erfasst, sondern dem jeweils zugrunde liegenden Mechanismus zugeordnet. Die Patienten wurden nach dem Unfallhergang befragt, wobei eine Unterteilung in die folgenden Gruppen vorgenommen wurde:

- Sturz auf der Straße
- Sturz zu Hause
- Fahrrad-/Motorradsturz
- Autounfall
- Sportunfall
- Sturz aus der Höhe

2.3.2 Bildungsstand

Zur Evaluation des Bildungsstands der Patienten wurde der höchste erreichte Bildungsabschluss entsprechend der CASMIN-Klassifikation (Comparative Analysis of Social Mobility in Industrial Nations) [9] dokumentiert. Entsprechend wurden jedem Patient eines der folgenden Bildungsniveaus zugeordnet:

- 1a kein Abschluss
- 1b Hauptschule
- 2a Mittlere Reife
- 2b Mittlere Reife + Berufsausbildung
- 2c_gen Abitur
- 2c_voc Abitur + Berufsausbildung
- 3a Fachhochschulabschluss
- 3b Hochschulabschluss

2.3.3 Frakturklassifikation

Eingangs wurde die Seite der betroffenen Extremität (rechts oder links) abgefragt, ebenso die Seite der dominanten Hand (Rechts- bzw. Linkshändigkeit).

Anhand der präoperativen Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen wurde der Frakturtyp entsprechend der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) evaluiert (Abb. 3) [70].

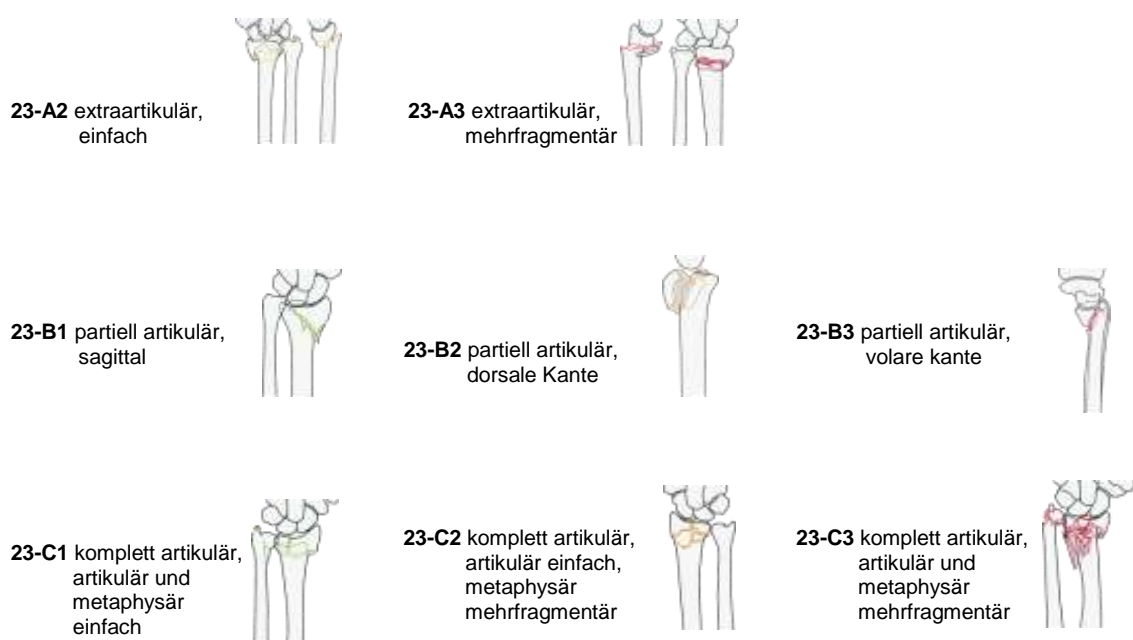


Abb. 3. Klassifikation der distalen Radiusfraktur entsprechend der Einteilung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) [70].

2.3.4 Röntgendiagnostik

In der Röntgendiagnostik zum Zeitpunkt der Gipsabnahme wurde neben der nachgewiesenen Konsolidierung die Gelenkstellung der radiokarpalen Gelenkfläche vermessen. Hierbei standen in allen Fällen die Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen (antero-posterior und seitlich) zur Verfügung. Ein Vergleich mit der gesunden Gegenseite erfolgte aus Strahlenschutzgründen nicht.

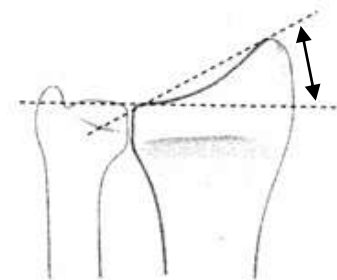
Folgende Parameter wurden quantitativ ermittelt:

a.- Radiale Inklination:

Winkel zwischen Horizontaler sowie der Verbindungslinie zwischen Proc. styloideus radii und ulnarer Kante des distalen Radius (antero-posteriore Aufnahme).

Normwert: + 20° bis + 25°

Negativer Wert: bei Abflachen des Proc. styloideus radii unterhalb der Horizontalen.

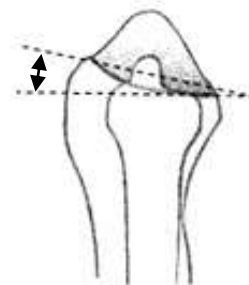


b.- Neigung der radialen Gelenkfläche:

Winkel zwischen Horizontaler sowie der Verbindungslinie zwischen randbildenden Kanten der Radiusgelenkfläche (seitliche Aufnahme).

Normwert: 8° bis 12°

Negativer Wert: bei Neigung der Gelenkfläche nach dorsal.

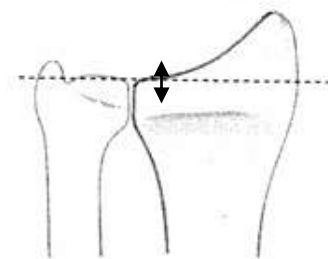


c.- Radiale Länge:

Differenz zwischen Horizontaler an der ulnaren und radialen Kante des distalen Radioulnargelenks (antero-posteriore Aufnahme).

Normwert: -2 mm bis + 2 mm

Negativer Wert: bei Verkürzung der radialen Gelenkfläche.



2.3.5 Komplikationen zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Es wurden klinische Komplikationen sowohl anamnestisch als auch durch die Untersuchung eruiert:

- sensomotorisches Defizit
- Pulsstatus
- klinischer Hinweis auf Sudeck'sche Reflexdystrophie
- Sehnenverletzung

2.3.6 Scoringsysteme

Zur Untersuchung der subjektiven und objektiven Funktionalität wurden zwei verschiedene Scores untersucht: der *Jebsen Test of Hand Function* und die *Patient Related Wrist Evaluation* (PRWE).

a.- Jebsen Test of Hand Function

Der *Jebsen Test of Hand Function*, in der Literatur häufig auch kurz „Jebsen-Test“ genannt, ist ein standardisierter Test der Handfunktionalität [44]. Der Test gliedert sich in sieben Untertests, die Alltagsbelastungen der Handfunktion wie Essen, Schreiben, Blätter wenden, und Bewegen größerer und kleinerer Gegenstände untersuchen. Die in der Originalpublikation angegebenen Gegenstände bzw. Wortwahl beim Schreibtest wurden aus dem angloamerikanischen Sprachraum in den deutschen sinngemäß transferiert.

Die sieben Untertests nach Jebsen zur Untersuchung der Funktionsfähigkeit der Hand wurden in der Analyse als jeweils einzelne Tests ausgewertet, eine Summation zu einem einzelnen Ergebnisscore ist in diesem Test nicht vorgesehen. Die Zielgröße jeder vorher definierten Aufgabe an den Patienten war die minimale Zeit (Sekunden), die zur Verrichtung der Tätigkeit benötigt wurde. Aufgrund der großen interindividuellen Unterschiede bei den einzelnen Jebsen-Untertests wurden die

Messungen der gesunden Hand der beiden Untersuchungstage gemittelt. Auf diesen Ausgangswert wurden die ermittelten Geschwindigkeiten an beiden Untersuchungstagen prozentual bezogen.

Die Patienten wurden nach Instruktion in aufrechter sitzender Haltung an einem bequemen Tisch mit für alle Patienten gleichen Hilfsmitteln getestet. Es wurden immer die Tätigkeiten beider Hände hintereinander gemessen, wobei mit der unverletzten Hand begonnen wurde. Folgende Untertests führten die Patienten nach Instruktion aus:

I - Untertest „Schreiben“

- Vorbereitung: Der Patient erhielt einen Filzstift und ein Blatt Papier. Auf diesem wurde er angehalten, einen vorgegebenen Satz in Druckbuchstaben zu schreiben: „ICH FREUE MICH AUF DEN URLAUB“.
- Instruktion: „Tragen Sie eine Brille? Wenn ja, bitte setzen Sie sie auf. Nehmen Sie den Stift in die Hand. Auf der Rückseite der Karte steht ein Satz. Wenn ich die Karte umdrehe und „Start“ sage, schreiben Sie den Satz so schnell und so deutlich Sie können, nicht malen.“
- Zeitmessung: Beginn ab „Start“, Ende ab letztem Buchstaben.

II - Untertest „Karten umdrehen“

- Vorbereitung: Vor dem Patienten wurden 5 Spielkarten in horizontaler Reihe, 12 cm vom Tischrand entfernt und mit 5 cm Abstand nebeneinander gelegt. Die nicht getestete Hand wurde flach auf den Tisch gelegt.
- Instruktion: „Legen Sie Ihre Hand flach auf den Tisch. Bei „Start“ drehen Sie alle 5 Karten so schnell Sie können um. Es spielt keine Rolle wie die Karten anschließend auf dem Tisch liegen.“
- Zeitmessung: Beginn ab „Start“, Ende ab letzter Karte.

III- Untertest „Kleine Gegenstände“

- Vorbereitung: Ein Trinkbecher wurde 12 cm vom Tischrand entfernt aufgestellt. Bei Testung der linken Hand wurde der Becher vor rechter Schulter aufgestellt, und umgekehrt. Folgende Gegenstände wurden in 5 cm Abstand vom Becher in einer horizontalen Reihe nebeneinander gelegt, mit einem Abstand zur Tischkante von 12 cm: Zwei 2-Cent Stücke, 2 Schraubverschlüsse einer Sprudelflasche, 2 Büroklammern.
- Instruktion: „Legen Sie Ihre Hand flach auf den Tisch. Bei „Start“ nehmen Sie jedes einzelne Objekt und legen es in den Becher so schnell Sie können. Beginnen Sie mit der Büroklammer ganz am Rand.“
- Zeitmessung: Beginn ab „Start“, Ende ab letztem 2-Cent-Stück.

IV- Untertest „Essen“

- Vorbereitung: Ein Becher wurde in die Mitte des Tisches gestellt. Bei Testung der linken Hand wurde der Becher etwas weiter rechts aufgestellt. In einer festen Unterlage mit Vertiefungen wurden insgesamt 5 Haribo-Bären gelegt, in jede Vertiefung ein Haribo-Bär, und ein Teelöffel in die zu untersuchende Hand genommen.
- Instruktion: „Nehmen Sie den Löffel in die Hand. Wenn ich „Start“ sage, löffeln Sie alle Haribo-Bären so schnell Sie können in die Tasse. Beginnen Sie mit dem Bären ganz am Rand.“
- Zeitmessung: Beginn ab „Start“, Ende ab letztem Haribo-Bär.

V- Untertest „Spielsteine stapeln“

- Vorbereitung: Vier Spielsteine (Mühle oder Dame) wurden 12 cm vom Rand in eine Reihe gelegt, so dass eine 0000-Formation gebildet wurde. Der Abstand der Spielsteine betrug 5 cm.

- Instruktion: „Legen Sie Ihre Hand flach auf den Tisch. Bei „Start“ nehmen Sie einen Stein und legen ihn so schnell Sie können auf den anderen, bis alle 4 Steine aufgestapelt sind.“
- Zeitmessung: Beginn ab „Start“, Ende ab letztem Stein (Dieser darf auch vom Stapel runterfallen).

VI- Untertest „Große leichte Objekte“

- Vorbereitung: Fünf leere Tomaten-Dosen (groß) wurden 12 cm vom Rand und jeweils in 5 cm Abstand zueinander in einer Reihe aufgestellt. In einem Abstand von 10 cm hinter der Dosenreihe befand sich ein solides Abstellbrett.
- Instruktion: „Legen Sie Ihre Hand flach auf den Tisch. Bei „Start“ nehmen Sie die am weitesten entfernt stehende Dose und stellen Sie sie auf das Abstellbrett.“
- Zeitmessung: Beginnen ab „Start“, Ende ab letzter Dose.

VII- Untertest „Große schwere Objekte“

- Vorbereitung: Fünf volle Tomaten-Dosen (groß, Gewicht 450 g) wurden 12 cm vom Rand und jeweils in 5 cm Abstand zueinander in einer Reihe aufgestellt. In einem Abstand von 10 cm hinter der Dosenreihe befand sich ein solides Abstellbrett.
- Instruktion: „Legen Sie Ihre Hand flach auf den Tisch. Bei „Start“ nehmen Sie die am weitesten entfernt stehende Dose und stellen Sie sie auf das Abstellbrett.“
- Zeitmessung: Beginnen ab „Start“, Ende ab letzter Dose.

b.- Patient Related Wrist Evaluation (PRWE)

Der Score der „*Patient Related Wrist Evaluation (PRWE)*“ ist ein subjektiver Score, der die Funktionalität nach Handgelenksverletzungen wiedergibt. Er umfasst drei Untereinheiten „Schmerz“, „Spezifische Aktivitäten“ und „Alltagsaktivitäten“ (Tab. 3). Jede Untereinheit ist in weitere Einzelabfragen unterteilt, wobei Patienten Angaben über eine Visuelle Analogskala (0 bis 10) machen. Hierbei geht ein hoher Wert mit einem hohen Schmerzniveau bzw. reduzierter Funktionalität einher.

Tab. 3. Datenerhebung der *Patient Related Wrist Evaluation (PRWE)*, I bis III. Die Summe der ermittelten Punkte pro Block I bis III werden über die Formel: $I + (II/2) + (III/2)$ addiert, die maximale Punktzahl beträgt demnach 100 Punkte.

I - Untereinheit „Schmerz“

	KEIN SCHMERZ					STÄRKSTER SCHMERZ					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Schmerz in Ruhe											
Tätigkeiten mit sich wiederholenden Handgelenksbewegungen											
Heben von schweren Gegenständen											
Wenn die Schmerzen am schlimmsten sind											
Wie oft bestehen Schmerzen											

II - „Spezifische Aktivitäten“

	OHNE SCHWIERIGKEITEN					NICHT MÖGLICH					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Türknoopf drehen											
Fleisch mit dem Messer schneiden											
Hemdknoopf schließen											
Von einem Stuhl abdrücken											
Einen 5 kg schweren Gegenstand tragen											
Badehandtuch verwenden											

Fortsetzung

Fortsetzung Tab. 3

III - „Alltagsaktivitäten“

	OHNE SCHWIERIGKEITEN NICHT MÖGLICH										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Persönliche Hygiene verrichten (Anziehen, waschen)											
Haushaltsarbeiten verrichten (Waschen, Sauber machen)											
Berufliche Aktivitäten											
Freizeitaktivitäten											

Die Ergebnisse der Visuellen Analogskala werden für jede Untergruppe addiert, wobei für die Untereinheit „Schmerz“ maximal 50 Punkte, für „Spezifische Aktivitäten“ maximal 60 Punkte und für „Alltagsaktivitäten“ maximal 40 Punkte erreicht werden können. Die Summe aus den Punkten zu „Schmerz“ *plus* die Hälfte der Punkte aus „Spezifische Aktivitäten“ *plus* die Hälfte der Punkte aus „Alltagsaktivitäten“ ergibt den PRWE-Score. Maximal sind 100 Punkte erreichbar.

Zum Untersuchungszeitpunkt UZ1 wurden die Patienten aufgefordert, nicht den aktuellen Zustand zum Zeitpunkt der Gipsabnahme, sondern den unmittelbar vor dem Unfall bestehenden Status anzugeben. Somit wurde der anamnestische Ausgangswert erhoben. Zum Untersuchungszeitpunkt UZ2 wurde der aktuelle Status dokumentiert.

2.3.7 Griffstärke

Die Messung der Griffstärke erfolgte mit einem hydraulischen System (Jamar Dynamometer, Jackson, USA). Hierbei dient der Handkraftmesser zur Feststellung der Handgriffstärke (Abb. 4). Mit dem Gerät können Griffstärken bis zu 90 kg genau gemessen werden.



Abb. 4. Hydraulisches Jamar-Dynamometer zur Messung der Griffstärke

Nach der Empfehlung der *American Society of Hand Therapists* [85] wurde die Messung mit dem Dynamometer in aufrechter Sitzposition, bei flacher Stellung der Füße auf dem Boden, neutraler Position der Schulter, Ellenbogenflexion 90° , Unterarmneutralstellung, Handgelenksextension 0° bis 30° durchgeführt.

Drei maximale Griffstärkeserien werden alternierend zwischen unverletzter (drei Messungen) und verletzter Hand (drei Messungen), mit 4 Sekunden maximaler Griffstärkeaufrechthaltung und 30 Sekunden Ruheintervall zwischen den einzelnen Versuchen unternommen. Begonnen wurde wiederum mit der unverletzten Hand, anschließend wurde die Serie abwechselnd unternommen. War der 3. Wert der höchstgemessene, so schloss sich eine 4. Messung an, oder (falls erforderlich) weitere Messungen, bis der letzte Wert nicht der höchste war [53,54]. Aus den drei gültigen Einzelmessungen wurde der Mittelwert errechnet, der für den Untersuchungstag als Griffstärke dokumentiert wurde.

Berücksichtigt werden muss bei Untersuchungen der Griffstärke, dass die dominante Hand eine höhere Griffstärke hat, als die nicht dominante. So hat sich nach frühen Empfehlungen eine Anpassung der Griffstärke um -10% der dominanten Hand unabhängig von einer Links- bzw. Rechtsdominanz etabliert [7]. In nachfolgenden Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, dass die normale Griffstärke

der rechten Hand bei Rechtshändern tatsächlich höher als die der linken Hand ist, was jedoch nicht im Umkehrschluss für Linkshänder gilt, bei denen die normale Griffstärke beider Hände gleich ist [19,83]. Daher wurde, wie von letzteren Autoren empfohlen, eine Anpassung der Griffstärke um -10% der ausschließlich rechten Hand bei Rechtshändern vorgenommen.

Die Angabe der unverletzten Hand erfolgte deskriptiv als Mittelwert der Messungen beider Untersuchungstage, die Messwerte der verletzten Hand wurden erneut auf den prozentual referenzierten Mittelwert der gesunden Hand bezogen.

2.3.8 Beweglichkeit

Die Beweglichkeit wurde für jede Bewegungsrichtung sowohl für die gesunde als auch für die betroffene Hand mit Hilfe der „Neutral-Null-Methode“ und mit Hilfe eines handelsüblichen Winkelmessers dokumentiert [31]:

- Extension und Flexion des Handgelenks
- Ulnarabduktion und Radialabduktion des Handgelenks
- Pronation und Supination

Aus den beiden gegensinnigen Bewegungsrichtungen der „Neutral-Null-Methode“ wurde der Bewegungsumfang (*engl.* range of motion, ROM) als Angabe des maximalen Bewegungsumfangs ermittelt.

Da bei den Angaben zur Beweglichkeit interindividuelle Unterschiede bestehen, wurde die ROM der unverletzten Hand als „freie Beweglichkeit“ definiert und dieser empirisch ein Bewegungsumfang von 100% zugeordnet. Hierzu wurde die „relative Beweglichkeit“ als prozentualer Anteil der verletzten Hand in Bezug auf die unverletzte Seite errechnet. Da die unverletzte Gegenseite (und somit die Referenz) zu jedem der beiden Nachuntersuchungstage UZ1 und UZ2 ermittelt wurde, wurde aus beiden Bewegungsumfängen der gesunden Extremität der Mittelwert der ROM errechnet und dieser als 100%-Wert referenziert.

2.3.9 Umfangsmessungen

Mit einem Zentimetermaßband wurden die Umfangsmessungen an folgenden definierten Lokalisationen durchgeführt:

- Ellenbogengelenk (EG)
- Unterarm proximal (UA prox.; 10 cm unterhalb des Epikondylus humeri)
- Unterarm distal (UA dist.; 10 cm oberhalb des Handgelenks)
- Handgelenk (HG)
- Mittelhand (MH; ohne Daumen)

Die Umfangsmessungen an den einzelnen Lokalisationen wurden als Einzelmessungen ausgewertet. Hierbei wurden die an den beiden Untersuchungstagen ermittelten Muskelumfänge der Gegenseite gemittelt und empirisch auf 100% gesetzt. Anschließend wurden die Umfangsmessungen der verletzten Seite prozentual auf den Normwert der Gegenseite bezogen.

2.4 Statistik

Die Rohdaten der Nachuntersuchungen wurden in Microsoft Office Excel (XP) eingetragen und zur weiteren Auswertung und Darstellung in das Statistikprogramm StatView (Abacus, Palo Alta, USA) importiert. Hier wurden die Daten zunächst deskriptiv aufgeschlüsselt; für stetige intervallskalierte Variablen nach Mittelwert, Standardabweichung, Häufigkeiten, Maximum und Minimum; für nominal- und ordinalskalierte Variablen nach absoluten und relativen Häufigkeiten.

Die statistische Auswertung erfolgte nach den Empfehlungen eines biometrischen Gutachtens durch die Abteilung Biometrie der Universität Ulm (Prof. Dr. Rainer Muehe).

Die Untersuchung auf Unterschiede zwischen den quasi-statischen Scores wurde durch den nicht-parametrischen Mann-Whitney-(U)-Test untersucht. Korrelationsanalysen zur Prüfung der wechselseitigen Bedingungen erfolgten über eine Regressionsanalyse, gefolgt von einer Fisher-Transformation zur Ermittlung der P -Werte. Das zugrunde gelegte Signifikanzniveau wurde unterhalb von 5% festgelegt ($P < 0,05$).

Die Box-Plot-Darstellung ist in der Literatur nicht einheitlich und muss daher genauer beschrieben werden. Die zur Auswertung genutzte Software StatView definiert mit dem unteren und oberen Boxrand das 1. bzw. 3. Quartil. Damit liegen 50% der Daten innerhalb der Box. Die untere und obere Querlinie (Whiskers) stellen die 10% und 90% Perzentile dar. Die außerhalb der Whiskers liegenden Punkte geben das Minimum und Maximum der Werte (Extremwerte) an.

3 Ergebnisse

3.1 Patientendaten

In die Studie wurden insgesamt 42 Patienten mit distaler Radiusfraktur eingeschlossen. In beide randomisierten Gruppen wurden je 21 Patienten mit einer aufgrund der altersbasierten Randomisierung ausgeglichenen Altersverteilung aufgenommen (Tab. 4).

Tab. 4. Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten (Anzahl, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

GRUPPE	ANZAHL	GESCHLECHT		ALTER JAHRE
	gesamt	m	w	
Gruppe A	21	11	10	52,5 ± 25,0 (18-95)
Gruppe B	21	8	13	53,8 ± 25,2 (18-90)

Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Alters und Geschlechts bestanden nicht.

Tab. 5. Verteilung der betroffenen Seite mit Bezug auf die dominante Hand (Anzahl, Prozent)

GRUPPE	ANZAHL	DOMINANTE SEITE BETROFFEN	SEITE	
	gesamt		rechts	links
Gruppe A	21	7 (33%)	7	14
Gruppe B	21	8 (38%)	7	14

Insgesamt waren bei 14 Patienten das rechte und bei 28 Patienten das linke Handgelenk betroffen. Im exakten Fisher-Test bestanden keine signifikanten Un-

terschiede in der Verteilung der betroffenen Seite bzw. dem Anteil der dominant betroffenen Seite zwischen den Gruppen (Tab. 5).

Es wurden die Begleiterkrankungen deskriptiv von allen Patienten erfasst, wobei Mehrfachnennungen möglich waren (Tab. 6). Gesunde Patienten ohne jede Begleiterkrankung waren zwischen beiden Gruppen annähernd nicht signifikant unterschiedlich. In der Gruppe A (Heimprogramm) wurden gegenüber der Gruppe B (Physiotherapie) muskuloskeletale Begleiterkrankungen häufiger beobachtet. Dagegen wurden in Gruppe B (Physiotherapie) häufiger kardiologische und neurologische Erkrankungen, sowie ein Patient mit Diabetes mellitus aufgenommen.

Tab. 6. Deskriptive Aufstellung der erfassten Begleiterkrankungen (Anzahl, Prozent). Mehrfachnennungen zu jedem Patienten möglich.

BEGLEITERKRANKUNGEN	GRUPPE A	GRUPPE B
keine	4 (19%)	6 (29%)
Muskuloskeletale Erkrankungen	13 (62%)	7 (33%)
Herzerkrankungen	2 (10%)	4 (19%)
Pulmonale Erkrankungen	0	0
Diabetes mellitus	0	1 (5%)
Implantate / Prothesen	0	0
Vaskuläre Erkrankungen	4 (19%)	4 (19%)
Neurologische Erkrankungen	1 (5%)	2 (10%)
Karzinom	1 (5%)	1 (5%)
Sonstige	3 (14%)	5 (24%)

Zudem wurden vormals behandelte anamnestische Erkrankungen und Verletzungen des betroffenen Handgelenks dokumentiert. In beiden Gruppen wurden von je 2 Patienten Vorbehandlungen des Handgelenks angegeben.

Der Allgemeinzustand der Patienten zum Zeitpunkt vor der Operation wurde durch die ASA-Klassifikation dokumentiert (Tab. 7). In der Gruppe B (Physiotherapie) war der Anteil des ASA-bezogenen schlechteren Allgemeinzustandes (ASA III und

IV) mit insgesamt 8 Patienten (38%) etwas höher als bei der Gruppe A (Heimprogramm) mit 6 Patienten (29%). Es bestand eine positive Korrelation der ASA-Klassifikation mit dem Alter ($R = 0,82$; $P < 0,01$).

Tab. 7. Häufigkeiten der beobachteten ASA-Klassifikationen (Anzahl, Prozent).

ASA-KLASSIFIKATION	ASA I	ASA II	ASA III	ASA IV
Gruppe A	13 (62%)	2 (10%)	4 (19%)	2 (10%)
Gruppe B	10 (48%)	3 (14%)	6 (29%)	2 (10%)

Die von den Patienten gemachten Angaben zum Unfallhergang wurden dokumentiert (Tab. 8). Sportunfälle waren in Gruppe A (Heimprogramm) etwas häufiger ursächlich für die Verletzung, dagegen kamen Fahrradunfälle bei 2 Patienten nur in Gruppe B (Physiotherapie) vor.

Tab. 8. Häufigkeiten der Unfallmechanismen (Anzahl, Prozent).

UNFALLHERGANG	GRUPPE A	GRUPPE B
Autounfall	0	0
Zweiradsturz	0	2 (10%)
Sportunfall	6 (29%)	4 (19%)
Sturz auf der Strasse	2 (10%)	2 (10%)
Sturz aus der Höhe	1 (5%)	1 (5%)
Sturz zu Hause	12 (57%)	12 (57%)

3.2 Bildungsstand

Über die ermittelte CASMIN-Klassifikation wurde der höchste erreicht Bildungsstand erhoben (Tab. 9).

Tab. 9. Häufigkeiten des höchsten erreichten Ausbildungsstands nach der CASMIN-Klassifikation (Anzahl, Prozent).

BILDUNGSSTAND NACH CASMIN	GRUPPE A	GRUPPE B
kein Abschluss	0	0
Hauptschule	5 (24%)	8 (38%)
Mittlere Reife	5 (24%)	5 (24%)
Mittlere Reife + Berufsausbildung	4 (19%)	4 (19%)
Abitur	1 (5%)	0
Abitur + Berufsausbildung	1 (5%)	0
Fachhochschulabschluss	2 (10%)	1 (5%)
Hochschulabschluss	3 (14%)	2 (10%)

In der Gruppe A (Heimprogramm) bestand tendenziell ein höheres Bildungsniveau, wobei insgesamt 7 (33%) der Patienten einen Abschluss mit Abitur und ggf. weitere Aus- und Weiterbildung aufwiesen. In Gruppe B (Physiotherapie) dagegen nur 3 (14%) Patienten. In Gruppe B (Physiotherapie) war dagegen der Anteil der Hauptschulabgänger mit 8 (38%) Patienten gegenüber 5 (24%) Patienten in Gruppe A (Heimprogramm) erhöht.

3.3 Dauer der Gipsbehandlung

Bis zur klinischen und radiologischen Konsolidierung ist in der Regel eine Dauer der Gipsruhigstellung von 6 Wochen ausreichend. Jedoch kommen aufgrund individueller Unterschiede auch länger erforderliche Ruhigstellungen vor. Somit erfolgen routinemäßig nach Ablauf von 6 Wochen eine Gipsabnahme und eine klinische und radiologische Kontrolle auf Konsolidierung der Fraktur. In beiden Gruppen war in über 80% der Patienten das Ende der Gipsruhigstellung nach 6 Wochen erreicht (Tab. 10). Lediglich in Gruppe A (Heimprogramm) waren bei 3 (14%) längere Ruhigstellungszeiten von 8 bzw. 10 Wochen erforderlich.

Tab. 10. Beobachtete Häufigkeiten der Dauer der Ruhigstellung des Handgelenks in Unterarmgipsschiene (Anzahl, Prozent).

DAUER DER GIPSSCHIENEN-BEHANDLUNG	GRUPPE A	GRUPPE B
5 Wochen	3 (14%)	2 (10%)
6 Wochen	15 (71%)	15 (71%)
7 Wochen	0	4 (19%)
8 Wochen	1 (5%)	0
10 Wochen	2 (10%)	0

3.4 Frakturklassifikation

Die Frakturklassifikation entsprechend der Klassifikation nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) wurde anhand der routinemäßig erfolgten Röntgenuntersuchung zum Zeitpunkt der Gipsabnahme und Kontrolle auf Konsolidierung vorgenommen (Tab. 11).

Tab. 11. Verteilung der beobachteten Häufigkeiten der Frakturklassifikation nach AO (Anzahl, Prozent).

AO-KLASSIFIKATION	GRUPPE A	GRUPPE B
A2	8 (38%)	7 (33%)
A3	3 (14%)	2 (10%)
B1	2 (10%)	5 (24%)
B2	1 (5%)	0
B3	1 (5%)	2 (10%)
C1	5 (24%)	5 (24%)
C2	0	0
C3	0	0

Zwischen den beiden randomisierten Gruppen bestanden keine wesentlichen Unterschiede in der Schwere der Fraktur. Der Anteil der vollständigen Gelenkfraktu-

ren (ausschließlich C1-Frakturen) war mit je 5 (24%) Patienten in beiden Gruppen identisch. Der Anteil der extraartikulären Frakturen (A-Frakturen) war in Gruppe A (Heimprogramm) mit 11 (52%) gegenüber Gruppe B (Physiotherapie) mit 9 (42%) geringgradig erhöht, dementsprechend war der Anteil der partiellen Gelenkfrakturen in Gruppe B (Physiotherapie) mit 4 (19%) gegenüber 2 (10%) in Gruppe A (Heimprogramm) etwas höher.

3.5 Röntgendiagnostik

Anhand der genannten Röntgenuntersuchung wurden drei verschiedene Parameter der Stellung der distalen Radiusgelenkfläche im Röntgenbild a.p. und lateral bestimmt (Abb. 5).

Ein negativer Winkel der Neigung der radialen Gelenkfläche im seitlichen Strahlengang bezeichnet eine Dislokation nach dorsal. In Gruppe A (Heimprogramm) wiesen 4 (19%) Patienten einen negativen Neigungswinkel auf, in Gruppe B (Physiotherapie) wiesen 6 (29%) Patienten eine Dislokation nach dorsal auf. In der a.p.-Ebene zeigten 7 (33%) Patienten in Gruppe A (Heimprogramm) und 8 (38%) in Gruppe B (Physiotherapie) einen radialen Inklinationwinkel $\leq 20^\circ$ auf. Ebenso in der a.p.-Ebene wurde die relative Länge des Radius zur ulnaren Gelenkfläche ermittelt. Hier wiesen 2 (10%) in Gruppe A (Heimprogramm) und 4 (19%) Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) eine relativ verminderte Länge von ≤ 2 mm auf, eine relative Längenzunahme des Radius wurde bei 7 (33%) Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) und 8 (38%) Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) ermittelt.

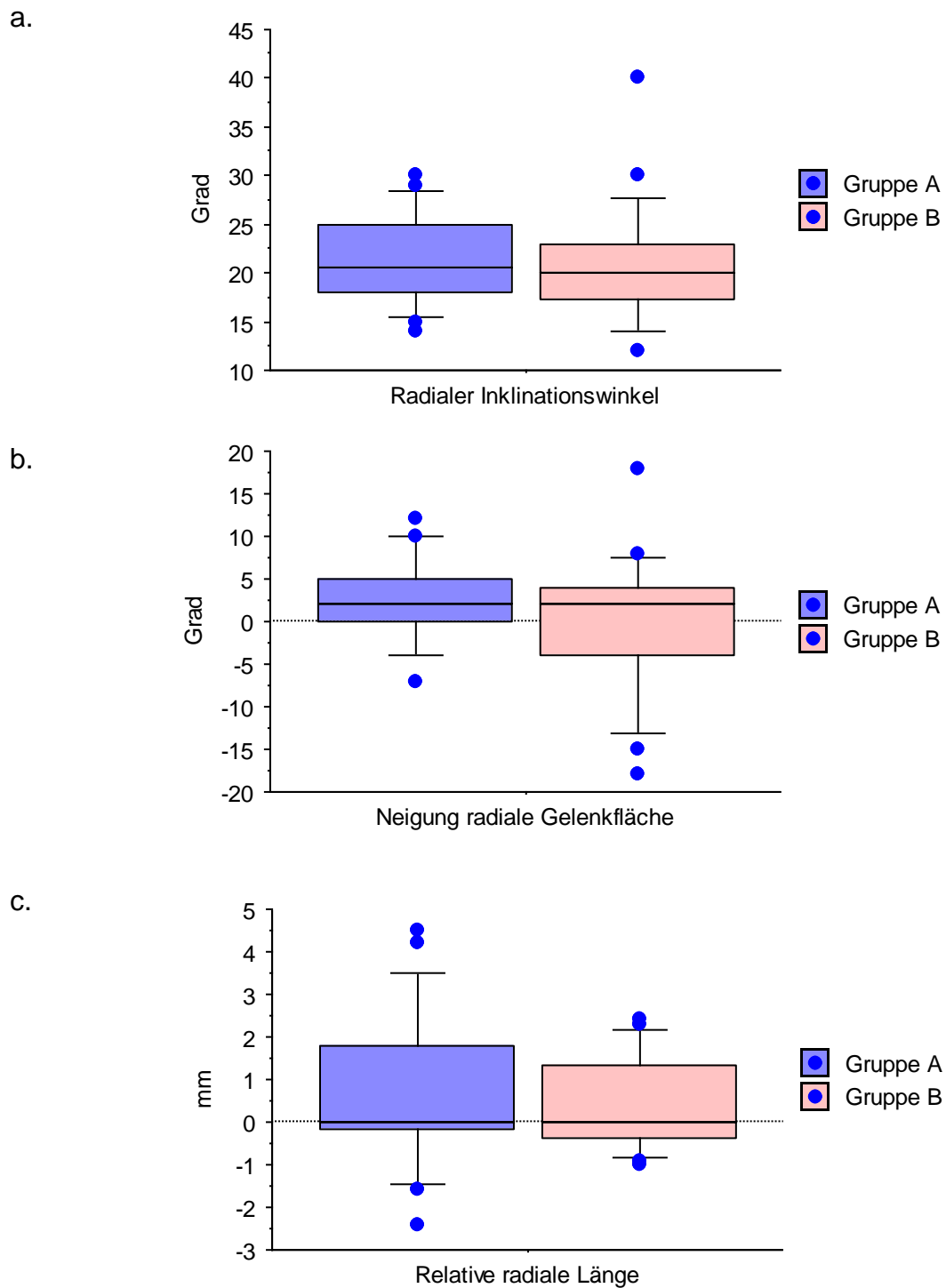


Abb. 5. Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Begutachtung der Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen zum Zeitpunkt der Gipsabnahme. **a.** Radialer Inklinationswinkel in a.p.-Ebene. **b.** Neigung der radialen Gelenkfläche in seitlicher Ebene. **c.** Relative radiale Länge in a.p.-Ebene.

3.6 Komplikationen zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach Physiotherapie (UZ2) wurden mögliche Komplikationen erfasst. Keiner der Patienten beklagte ein senso-motorisches Defizit oder bot Hinweise auf eine Sudeck'sche Reflexdystrophie, Sehnenverletzung oder sonstige pathologischer Befunde.

3.7 Scoringsysteme

Es wurden sowohl der *Jebsen Test of Hand Function* („Jebsen-Test“) und die *Patient Related Wrist Evaluation* (PRWE) zu beiden Untersuchungszeitpunkten evaluiert.

3.7.1 Jebsen Test of Hand Function

Die Auswertung der Funktionstests nach Jebsen erfolgte für jeden einzelnen Untertest separat. Ermittelt wurde zu beiden Untersuchungstagen die mittlere Geschwindigkeit der Einzelübungen der gesunden Hand, wobei aus den beiden Messungen der Mittelwert für die weiteren Analysen errechnet wurde. Hierauf wurden die Geschwindigkeiten der verletzten Hand prozentual bezogen.

I - Untertest „Schreiben“

Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) konnten die Übung des „Schreibens“ mit der gesunden Hand etwas schneller ausführen, als Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) (Tab. 12). Die Geschwindigkeiten nahmen zum Zeitpunkt der Gipsabnahme (UZ1) bei beiden Patientengruppen zu und verbesserten sich zum Untersuchungszeitpunkt 2 (UZ2). Das Ausgangsniveau wurde von keiner Gruppe wieder erreicht. Signifikante Unterschiede im Grad der Verbesserung bestanden zwischen beiden Gruppen nicht (Abb. 6).

Tab. 12. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Schreiben“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

SCHREIBEN	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	16,4 ± 9,1 (6,8-40,6)	25,0 ± 17,8 (8,1-60,1)	22,1 ± 10,7 (7,4-46,3)
Gruppe B	20,1 ± 11,1 (6,7-48,9)	26,3 ± 20,7 (7,0-97,1)	25,6 ± 23,3 (5,8-110,0)

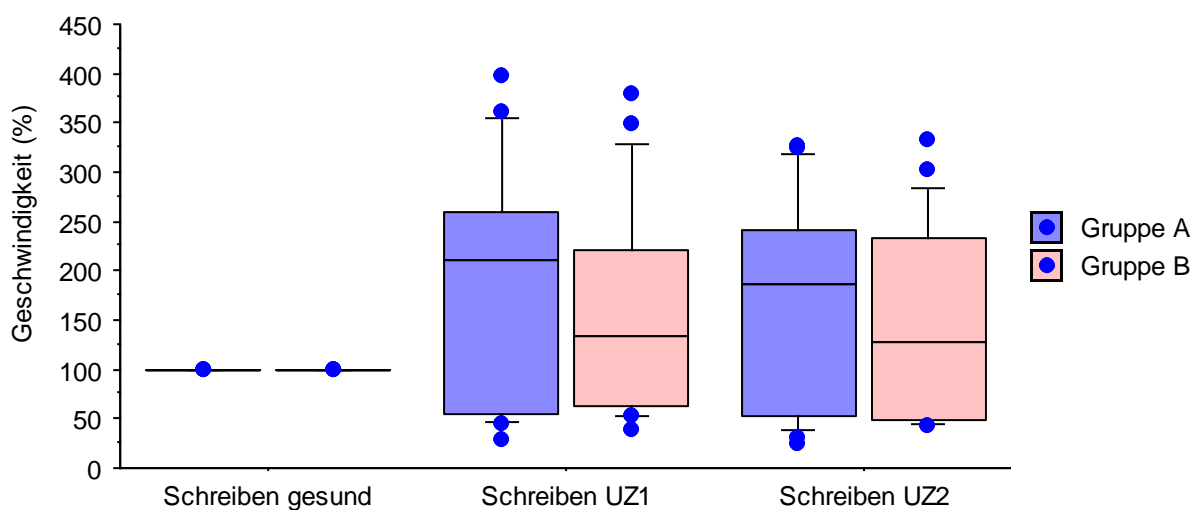


Abb. 6. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Schreiben“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

II - Untertest „Karten umdrehen“

Auch beim Untertest „Karten umdrehen“ konnten Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) die Übung mit der gesunden Hand schneller ausführen, als Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) (Tab. 13).

Tab. 13. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Karten umdrehen“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

KARTEN	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	3,9 ± 1,1 (2,5-7,7)	4,9 ± 2,2 (2,5-10,5)	3,8 ± 1,1 (2,0-5,4)
Gruppe B	5,2 ± 2,1 (2,6-22,5)	7,5 ± 4,1 (2,2-15,6)	5,2 ± 2,1 (3,0-10,0)

Die Geschwindigkeiten nahmen zum Zeitpunkt der Gipsabnahme (UZ1) erneut bei beiden Patientengruppen zu, signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen bestanden nicht. Das Niveau der gesunden Hand konnte nach Abschluss der Nachbehandlung von Patienten beider Gruppen erreicht werden (Abb. 7). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zum Nachuntersuchungstag 2 (UZ2).

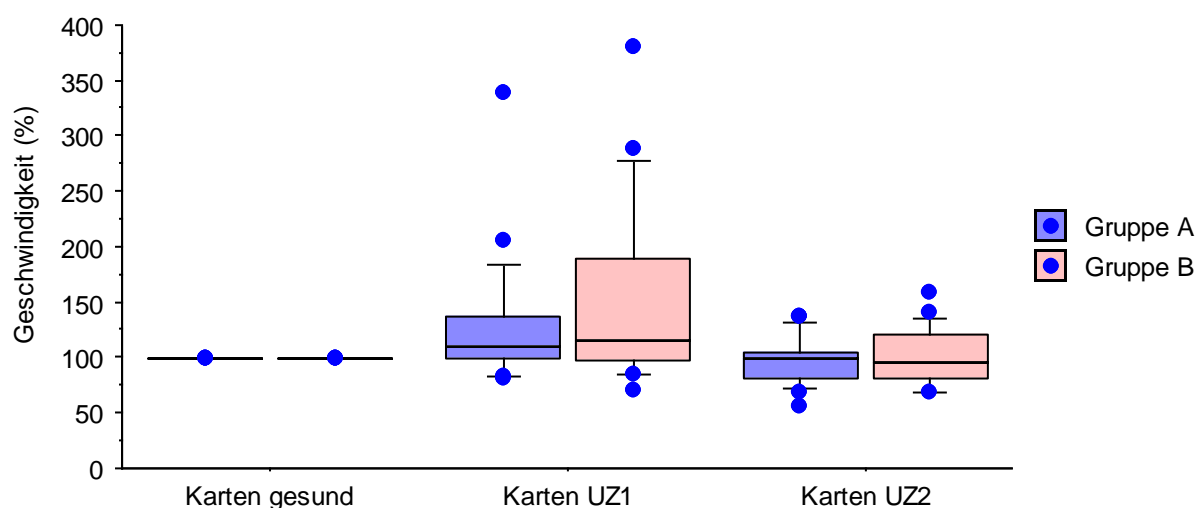


Abb. 7. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Karten umdrehen“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

III – Untertest „Kleine Gegenstände“

Den Untertest „Kleine Gegenstände“ konnten Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) die Aufgabe schneller ausführen als Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) (Tab. 14). Insgesamt waren die mittleren Änderungen zu beiden Untersuchungstagen UZ1 und UZ2 nur wenig unterschiedlich zum Ausgangsniveau (Abb. 8).

Tab. 14. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Kleine Gegenstände“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

GEGENSTÄNDE	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	5,3 ± 1,6 (3,5-10,7)	7,0 ± 4,1 (3,3-25,1)	5,0 ± 1,8 (2,7-10,6)
Gruppe B	6,2 ± 1,6 (4,3-10,7)	8,2 ± 4,5 (3,3-25,1)	6,9 ± 2,0 (4,8-12,2)

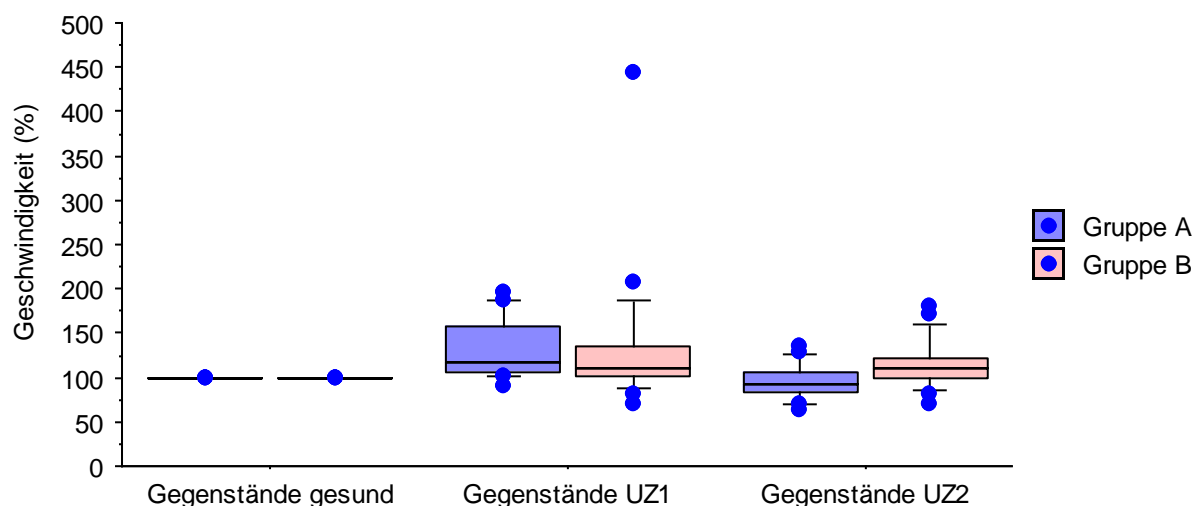


Abb. 8. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Kleine Gegenstände“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

Tendenziell konnten sich Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) nach Abschluss der Nachbehandlung in diesem Teilabschnitt des Jebsen-Tests sogar um 6% im Vergleich zur gesunden Hand verbessern, wohingegen Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) den Wert der gesunden Hand um 10% überschritten. Zwischen den Gruppen bestanden jedoch zu beiden Nachuntersuchungstagen keine signifikanten Unterschiede.

IV – Untertest „Essen“

Den Untertest „Essen“ konnten erneut Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) etwas schneller ausführen als Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) (Tab. 15). Erneut waren die mittleren Änderungen zu beiden Untersuchungstagen UZ1 und UZ2 nur wenig unterschiedlich zum Ausgangsniveau (Abb. 9).

Tab. 15. Ergebnisse des Jebsen-Tests „Essen“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

ESSEN	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	7,6 ± 1,4 (5,1-10,7)	10,3 ± 3,8 (6,3-25,5)	8,1 ± 2,2 (5,2-13,6)
Gruppe B	9,3 ± 3,6 (6,9-23,9)	11,5 ± 3,8 (7,2-25,5)	10,0 ± 3,7 (6,0-21,7)

Beide Untersuchungsgruppen konnten mit der verletzten Hand am UZ1 die Geschwindigkeiten der gesunden Hand nicht erreichen. Nach Abschluss der Nachbehandlung konnten beide Gruppen die Geschwindigkeit bei der Durchführung dieses Untertests verbessern. Wesentliche Unterschiede zwischen den Gruppen in der Geschwindigkeit zeigten sich jedoch weder für den UZ1 noch für den UZ2 (Abb. 9).

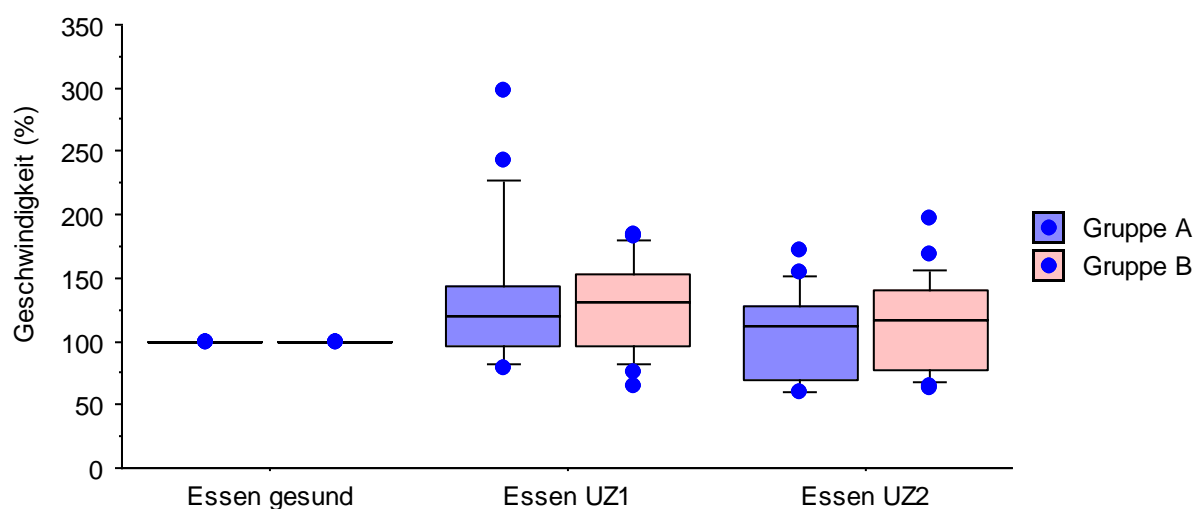


Abb. 9. Ergebnisse des Jebsen-Tests „Essen“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

V – Untertest „Spielsteine stapeln“

Den Untertest „Spielsteine stapeln“ wurde von Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) erneut am schnellsten von allen Gruppen absolviert (Tab. 16).

Tab. 16. Ergebnisse des Jebsen-Tests „Spielsteine stapeln“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

STEINE	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	1,6 ± 0,8 (0,8-3,9)	1,8 ± 0,9 (1,1-4,4)	1,6 ± 1,1 (0,6-4,8)
Gruppe B	2,0 ± 1,0 (0,9-5,0)	2,8 ± 1,4 (0,8-5,8)	2,1 ± 0,9 (0,9-4,7)

In der Abschlussuntersuchung UZ2 hatten beide Gruppen ihr Ausgangsniveau wieder erreicht. Zum Nachuntersuchungstag 2 (UZ2) verbesserten sich sowohl die Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) und B (Physiotherapie) auf nahezu den Normalwert der gesunden Hand (Abb. 10). Signifikante Unterschiede fanden sich nicht.

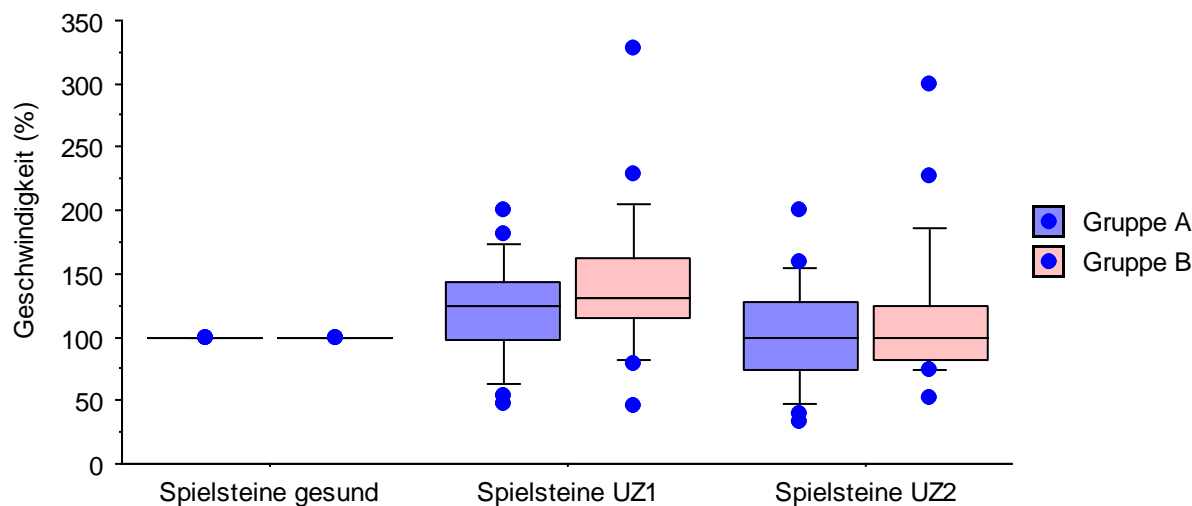


Abb. 10. Ergebnisse des Jebsen-Tests „Spielsteine stapeln“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

VI – Untertest „Große leichte Objekte“

Dieser Untertest wurde erneut von Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) am schnellsten von allen Gruppen absolviert (Tab. 17). Die Zeiten mit der verletzten Hand zum Nachuntersuchungstag UZ1 waren in Gruppe A (Heimprogramm) nur gering langsamer als mit der gesunden Hand. In Gruppe B (Physiotherapie) betrug die Differenz im Mittel nur 1,1 Sekunde. Beide Gruppen konnten zum Nachuntersuchungstag UZ2 die Geschwindigkeiten der gesunden Hand sogar unterbieten. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Abb. 11).

Tab. 17. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Große leichte Objekte“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

LEICHTE DOSEN	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	3,4 ± 0,4 (2,6-4,1)	3,7 ± 0,9 (2,0-5,3)	3,2 ± 0,6 (2,0-4,6)
Gruppe B	4,1 ± 1,4 (2,2-8,0)	5,2 ± 1,8 (2,5-9,3)	3,9 ± 1,2 (2,4-6,9)

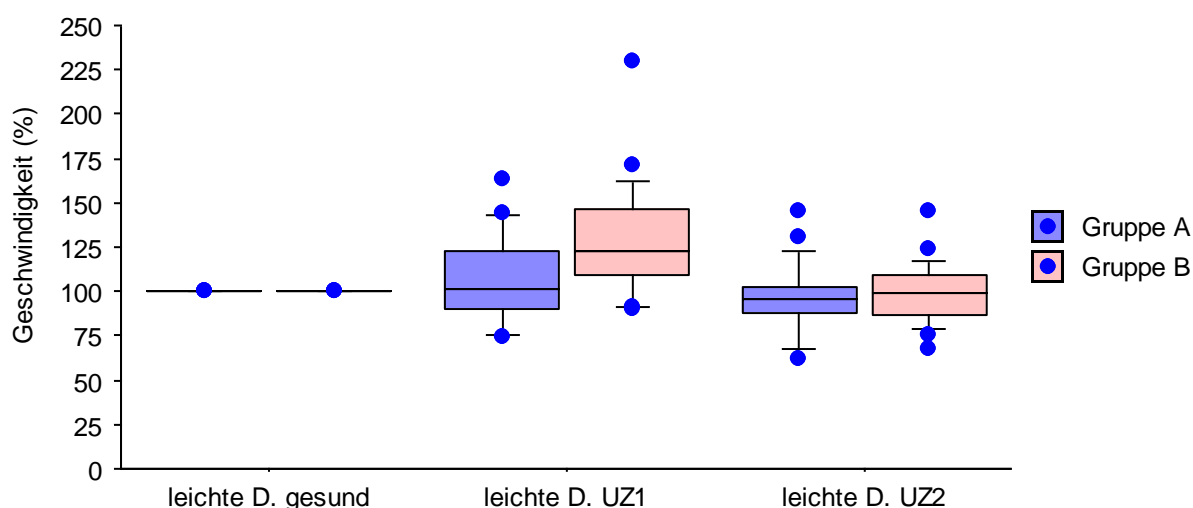


Abb. 11. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Große leichte Objekte“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

VII – „Große schwere Objekte“

Im Untertest „Große schwere Objekte“ waren erneut Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) schneller als Gruppe B (Physiotherapie) (Tab. 18).

Tab. 18. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Große schwere Objekte“. Gemittelte Werte der gesunden Hand zu UZ1 und UZ2 (Sek.), sowie Werte der verletzten Hand (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

SCHWERE DOSEN	ZEIT - GESUND (SEK.)	ZEIT UZ1 - VERLETZT (SEK.)	ZEIT UZ2 - VERLETZT (SEK.)
Gruppe A	3,5 ± 0,7 (2,3-5,1)	5,3 ± 2,8 (2,4-14,7)	3,7 ± 1,9 (2,3-6,5)
Gruppe B	4,6 ± 1,7 (1,9 ± 8,5)	6,4 ± 2,6 (2,1-11,3)	4,3 ± 1,4 (2,5-7,1)

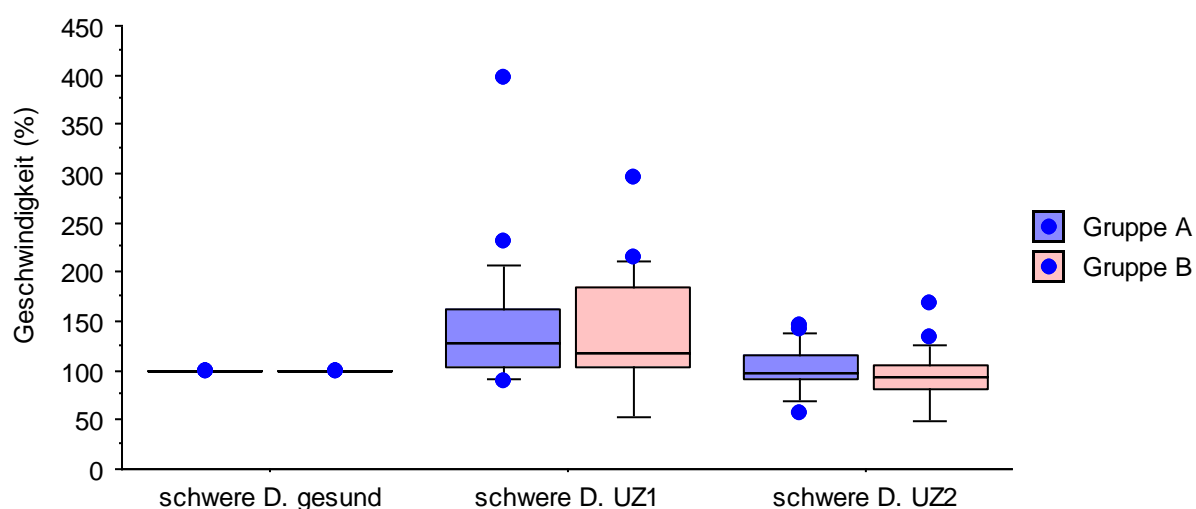


Abb. 12. Ergebnisse des Jepsen-Tests „Große schwere Objekte“. Auf die gemittelten Werte der gesunden Hand (UZ1 + UZ2; empirisch 100%) bezogene Darstellung der Ergebnisse zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) konnten am Nachuntersuchungstag UZ2 die Geschwindigkeit der gesunden Hand sogar im Mittel knapp unterbieten, Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) erreichten das Niveau der gesunden Hand nahezu. Es fanden sich erneut keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Abb. 12).

Zusammenfassend lässt sich für alle Untertests des *Jebsen Test of Hand Function* festhalten, dass die gemittelten „Normalwerte“ der gesunden Hand nach Abschluss der Nachbehandlung über 6 Wochen unabhängig von der Art der durchgeführten Nachbehandlung nahezu wieder erreicht wurden. Die höhere Rate der Verbesserung zwischen UZ1 und UZ2 resultierte aus einem schlechteren Abschneiden der Patienten bei nahezu allen Untertests zum Nachuntersuchungstag UZ1, die jedoch nach Abschluss der Nachbehandlung fast vollständig rekompensiert werden konnte.

3.7.2 Patient Related Wrist Evaluation (PRWE)

Die Werte der PRWE wurden zum Untersuchungszeitpunkt 1 (UZ1) für alle Patienten anamnestisch für die Zeit vor der Verletzung erhoben, zum Untersuchungszeitpunkt 2 (UZ2) für den aktuellen Status. Ein niedriger Wert (Minimum 0) entspricht hierbei einem niedrigen Schmerzniveau und ein problemloses Zurechtkommen bei spezifischen und alltäglichen Aktivitäten, dagegen ein hoher Wert (Maximum 10) für starke Schmerzen und eine hohe Funktionsbeeinträchtigung.

Tab. 19. PRWE-Scores zum Zeitpunkt vor dem Unfall (anamnestisch erhoben bei UZ1) und zum Zeitpunkt der UZ2 (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

PRWE	VOR DEM UNFALL (ANAMNESTISCH UZ1)	ZUM ENDE NACHBEHAND- LUNG (UZ2)
Gruppe A	0,3 ± 1,5 (0-7,0)	8,4 ± 10,5 (0-42,5)
Gruppe B	0,3 ± 1,7 (0-8,0)	22,5 ± 15,8 (0-54,5)

Die anamnestisch erhobenen PRWE-Scores der beiden Untersuchungsgruppen für den Zeitpunkt *vor* dem Unfall zeigten einen nahezu identischen erhobenen Ausgangswert (Tab. 19). Dagegen fand sich ein deutlicher Unterschied des PRWE-Funktionsscores nach Abschluss der Nachbehandlung. Die Gruppe A

(Heimprogramm) zeigte um 63% niedrigere Werte als Gruppe B (Physiotherapie). Dieser Unterschied war signifikant ($P = 0,0029$).

3.8 Griffstärke

Die mit dem Jamar-Dynamometer ermittelte Griffstärke wurde an beiden Untersuchungstagen sowohl mit der gesunden als auch der verletzten Hand untersucht. Die Ergebnisse der gesunden Hand zu beiden Untersuchungstagen wurden nach Korrektur der dominanten Hand für jeden Patienten gemittelt und dieser Wert als Referenzwert empirisch auf 100% gesetzt. Auf diesen Wert wurden die Ergebnisse der kranken Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen referenziert.

Tab. 20. Messwerte (absolut) der Griffstärke mit dem Jamar-Dynamometer. Mittelwerte der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

GRIFFSTÄRKE	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (KG)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (KG)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (KG)
Gruppe A	30,6 ± 12,7 (13,7-57,3)	18,1 ± 12,3 (3,9-46,2)	26,4 ± 13,4 (11,0-51,6)
Gruppe B	28,5 ± 14,4 (9,3-54,6)	15,0 ± 12,7 (1,0-43,0)	19,9 ± 13,1 (3,0-47,0)

Die Absolutwerte sind in Tab. 20 wiedergegeben. Die Werte der gesunden Hand zwischen Gruppe A (Heimprogramm) und B (Physiotherapie) waren nicht signifikant unterschiedlich.

Nach prozentualer Umrechnung auf den Ausgangswert der gesunden Seite wurde in allen Gruppen zum Untersuchungstag UZ1 ein deutlich schwächerer Griff der verletzten Hand beobachtet (Abb. 13). Hierbei war das Niveau der maximalen

Kraft der verletzten Hand bei Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) um 10% geringer als bei Patienten der Gruppe A (Heimprogramm).

Nach Abschluss der Nachbehandlung zum Nachuntersuchungstag UZ2 zeigte sich ein deutlicher Unterschied der Griffstärke in Abhängigkeit des Nachbehandlungsregimes. Während Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) mit der verletzten Hand im Mittel 83% der Kraft der gesunden Seite wiedererlangten, konnten Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) im Mittel nur 67% erreichen. Dieser Unterschied war signifikant ($P = 0,0203$).

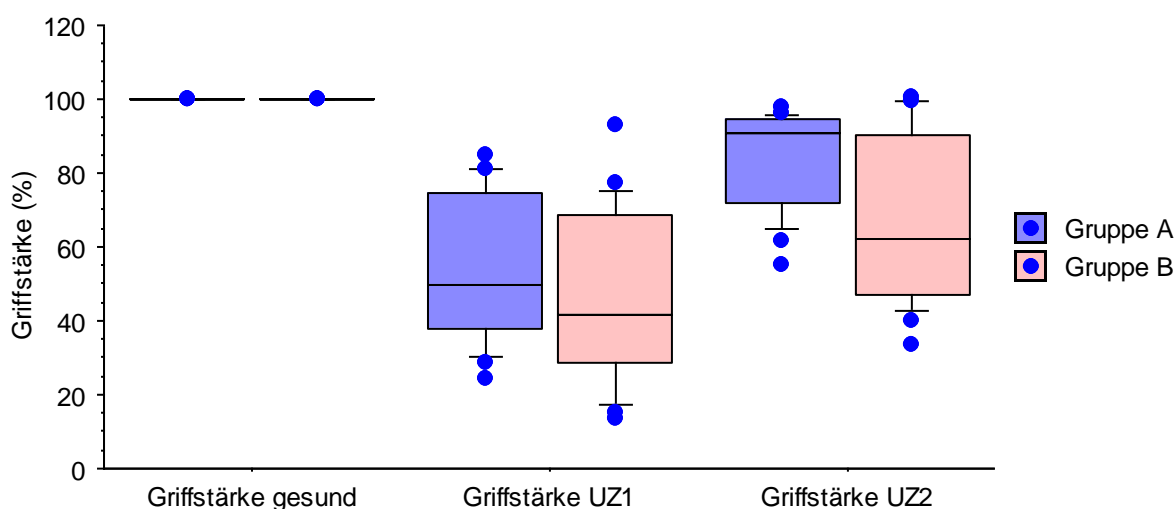


Abb. 13. Mit dem Jamar-Dynamometer erhobene Griffstärke prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

3.9 Beweglichkeit

Die Beweglichkeitsumfänge des verletzten Handgelenks (Range of Motion, ROM) wurden erneut auf die ROM der gesunden Hand prozentual bezogen, welche an beiden Nachuntersuchungstagen bestimmt und schließlich gemittelt wurde.

a. Extension und Flexion des Handgelenks

Der Extensions- und Flexionsumfänge der gesunden Hand waren in beiden Gruppen nahezu identisch (Tab. 21).

Tab. 21. Messwerte (absolut) des Bewegungsumfanges (ROM) der Handgelenksexension und –flexion der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

ROM EXTENSION/ FLEXION	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (°)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (°)	UNTERSUCHUNGS-TAG 2 (UZ2) (°)
Gruppe A	146,0 ± 19,9 (105-175)	81,9 ± 33,2 (35-165)	139,3 ± 26,6 (90-180)
Gruppe B	127,2 ± 28,4 (70-170)	71,2 ± 26,5 (25-130)	113,6 ± 27,1 (70-160)

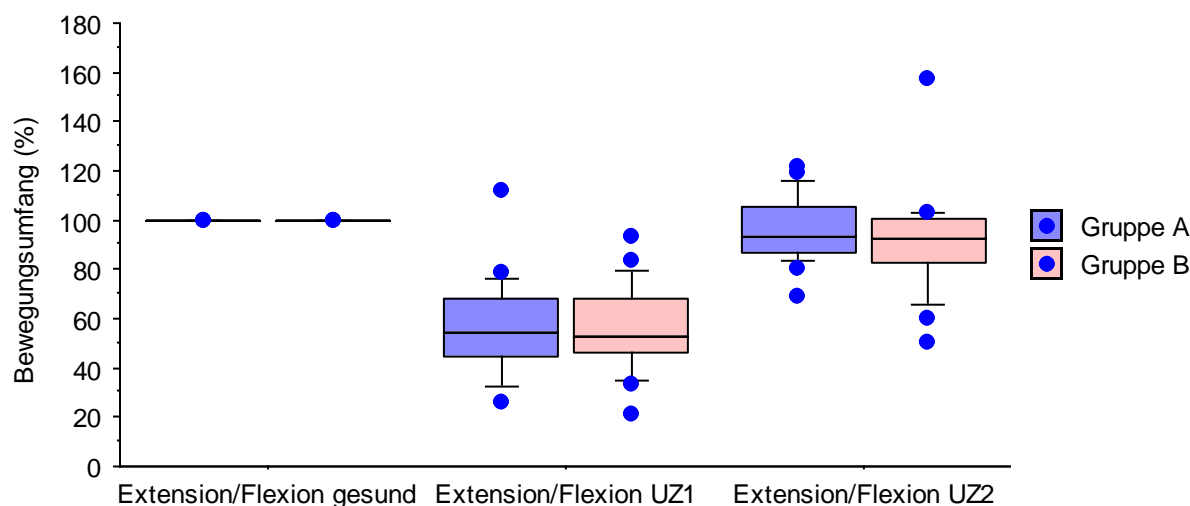


Abb. 14. Bewegungsumfang (ROM) der Handgelenksexension und –flexion prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

Zum Nachuntersuchungstag UZ1 fiel die ROM der Extension und Flexion in beiden Gruppen um das anteilig nahezu gleiche Niveau ab (Abb. 14). Nach Abschluss der Nachbehandlung konnten beide Gruppen die ROM der Extension/Flexion der verletzten Hand deutlich steigern. Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) erreichten 95%, Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) dagegen 91% der ROM der gesunden Gegenseite, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden konnte.

b. Ulnarabduktion und Radialabduktion des Handgelenks

Die ROM der Ulnar- und Radialabduktion der gesunden Hand war bei beiden Gruppen erneut ohne signifikanten Unterschied (Tab. 22). Zum Nachuntersuchungstag UZ1 fiel die ROM der Ulnar- und Radialabduktion auf 63% des Niveaus der gesunden Hand in beiden Gruppen deutlich ab (Abb. 15). Nach Abschluss der Nachbehandlung erreichte die Gruppe A (Heimprogramm) 91% der ROM der gesunden Gegenseite, die Gruppe B (Physiotherapie) konnte 86% der ROM in Ulnar- und Radialabduktion wiedererlangen. Dieser Unterschied war nicht signifikant.

Tab. 22. Messwerte (absolut) des Bewegungsumfanges (ROM) der Ulnar- und Radialabduktion des Handgelenks der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

ROM ULNAR-/ RADIALABDUK- TION	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (°)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (°)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (°)
Gruppe A	79,3 ± 11,8 (55-103)	48,3 ± 21,8 (10-110)	71,4 ± 12,2 (50-100)
Gruppe B	70,5 ± 13,5 (40-98)	44,0 ± 18,3 (15-85)	60,2 ± 15,5 (25-90)

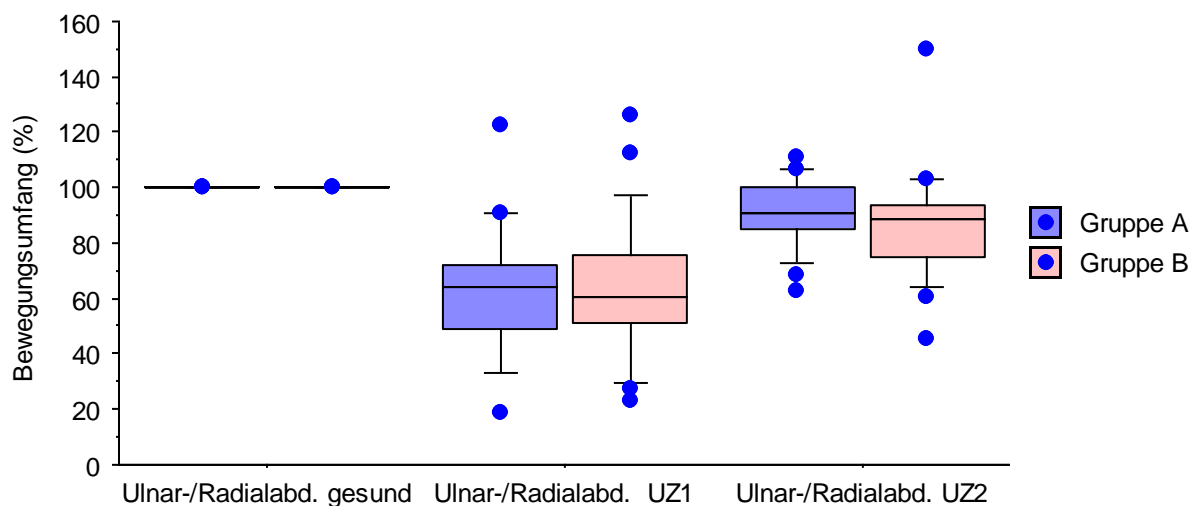


Abb. 15. Bewegungsumfang (ROM) der Ulnar- und Radialabduktion prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

c. Pronation und Supination

Die ROM der Pro- und Supination der gesunden Hand war in den beiden randomisierten Gruppen auch in dieser Bewegungsebene ohne signifikanten Unterschied (Tab. 23).

Zum Nachuntersuchungstag UZ1 fiel die ROM der Pro- und Supination in beiden Gruppen erneut deutlich ab, signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen beiden Gruppen nicht (Abb. 16). Das Niveau der gesunden Hand wurde nach Abschluss der Nachbehandlung von beiden Gruppen in annähernd gleicher Weise wieder erreicht, signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bestanden nicht.

Tab. 23. Messwerte (absolut) des Bewegungsumfanges (ROM) der Pro- und Supination des Handgelenks der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

ROM PRO-/SUPINATION	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (°)	UNTERSUCHUNGSTAG 1 (UZ1) (°)	UNTERSUCHUNGSTAG 2 (UZ2) (°)
Gruppe A	169,2 ± 10,0 (150-180)	129,7 ± 33,2 (60-170)	163,5 ± 21,2 (90-180)
Gruppe B	163,3 ± 11,9 (133-180)	118,1 ± 41,2 (50-170)	153,8 ± 18,5 (110-180)

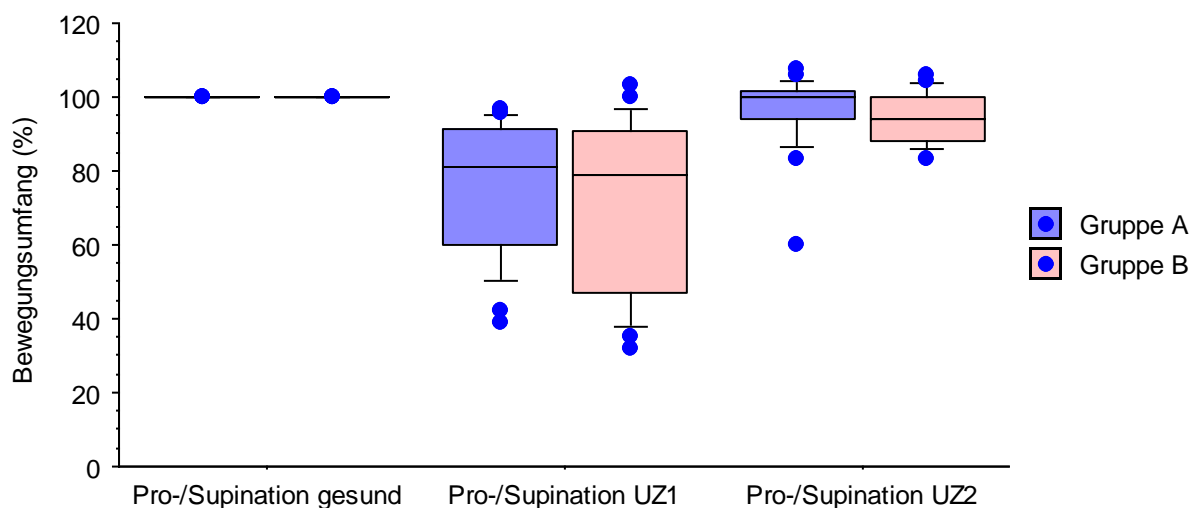


Abb. 16. Bewegungsumfang (ROM) der Pro- und Supination prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

3.10 Umfangsmessungen

Die Messungen des Umfangs wurden erneut an beiden Untersuchungstagen auf die Werte der gesunden Hand (empirisch 100%) bezogen. Dieser Normalwert wurde als Mittelwert der Messungen beider Nachuntersuchungen ermittelt.

a. Ellenbogengelenk

Der Umfang über dem Ellenbogengelenk war an der gesunden Extremität zwischen beiden Gruppen nahezu identisch, es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Tab. 24).

Tab. 24. Umfangsmessung des Ellenbogengelenks (EG) der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

UMFANG ELLENBOGENGELENK	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (CM)
Gruppe A	24,4 ± 1,9 (20,0-28,5)	24,1 ± 1,9 (20,0-28,5)	24,2 ± 2,3 (20,0-27,0)
Gruppe B	24,7 ± 2,7 (20,8 ± 31,0)	25,5 ± 2,6 (21,0-31,0)	24,3 ± 2,8 (20,0-31,0)

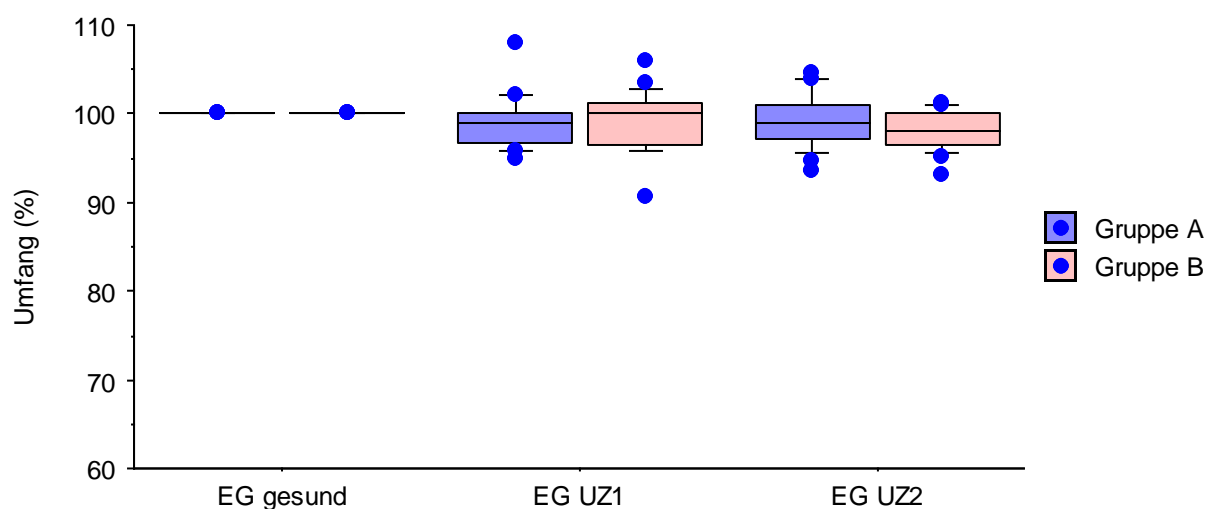


Abb. 17. Umfangsmessung des Ellenbogengelenks (EG) prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

Zu den Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 fanden sich keine wesentlichen Unterschiede, auch zwischen den Untersuchungsgruppen konnte am Ellenbogengelenk kein Einfluss des unterschiedlichen Nachbehandlungsprogramms gefunden werden (Abb. 17).

b. Unterarm proximal

Auch am proximalen Unterarm der gesunden Hand, der immer standardisiert 10 cm unterhalb des Epikondylus humeri gemessen wurde, gab es zwischen den beiden Gruppen keine wesentlichen Unterschiede (Tab. 25).

Tab. 25. Umfangsmessung des proximalen Unterarms (UA prox.) der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

UMFANG UN- TERARM PROX.	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (CM)
Gruppe A	23,4 ± 2,3 (17,5-26,5)	21,8 ± 2,7 (16,0-26,0)	22,2 ± 2,3 (17,5-25,5)
Gruppe B	23,5 ± 3,4 (18,3-29,5)	22,1 ± 2,9 (18,0-26,5)	22,7 ± 3,4 (16,5-28,5)

Nach Gipsabnahme zeigte sich eine geringe Atrophie auf Höhe des prox. Unterarmes um im Mittel 93% bzw. 94% der gesunden Gegenseite (Abb. 18). Am Ende der Nachuntersuchung wurde das Niveau der gesunden Seite bei den Patienten beider Gruppen knapp nicht erreicht, Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) erreichten 95%, Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) 96% der Ausgangswerte. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen fanden sich nicht.

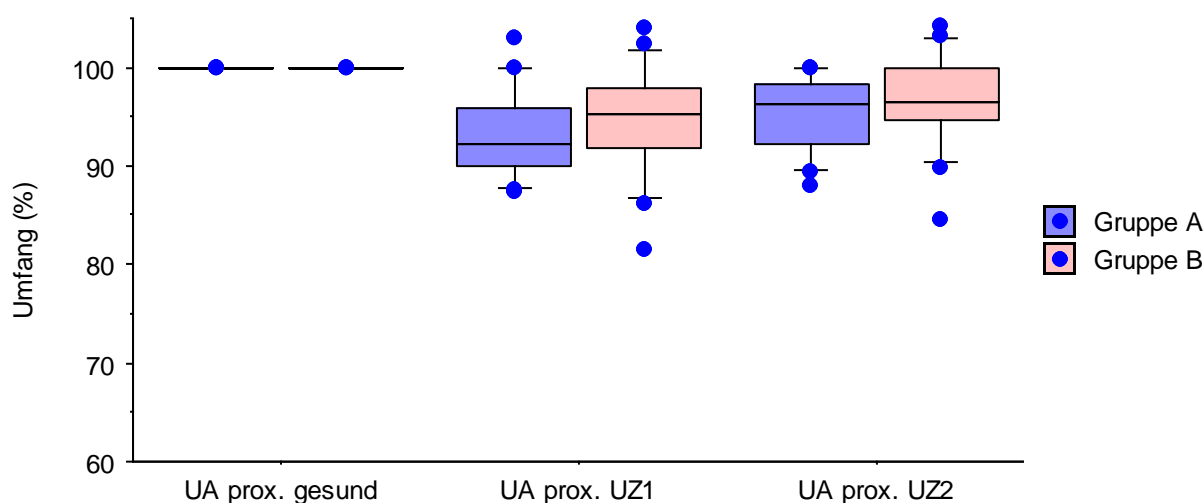


Abb. 18. Umfangsmessung des proximalen Unterarms (UA prox.) prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

c. Unterarm distal

Am proximalen Unterarm, der standardisiert 10 cm oberhalb des Handgelenks gemessen wurde, bestand an den gesunden Armen kein wesentlicher Unterschied zwischen den Gruppen (Tab. 26).

Nach Abnahme des Gipses waren die Umfänge gering in beiden Gruppen auf jeweils 98% im Vergleich zur gesunden Gegenseite vermindert (Abb. 19). Nach Abschluss der Nachbehandlung wurde das Ausgangsniveau unabhängig von der Art der Therapie gleichartig mit Werten zwischen 96% und 98% unterschritten. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen fanden sich nicht.

Tab. 26. Umfangsmessung des distalen Unterarms (UA dist.) der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

UMFANG UN- TERARM DIST.	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (CM)
Gruppe A	18,2 ± 1,5 (15,0-20,8)	17,7 ± 1,9 (14,5-23,0)	17,4 ± 1,8 (14,0-21,5)
Gruppe B	18,7 ± 2,5 (15,5-23,5)	18,3 ± 2,2 (15,8-23,0)	18,3 ± 2,5 (14,5-23,0)

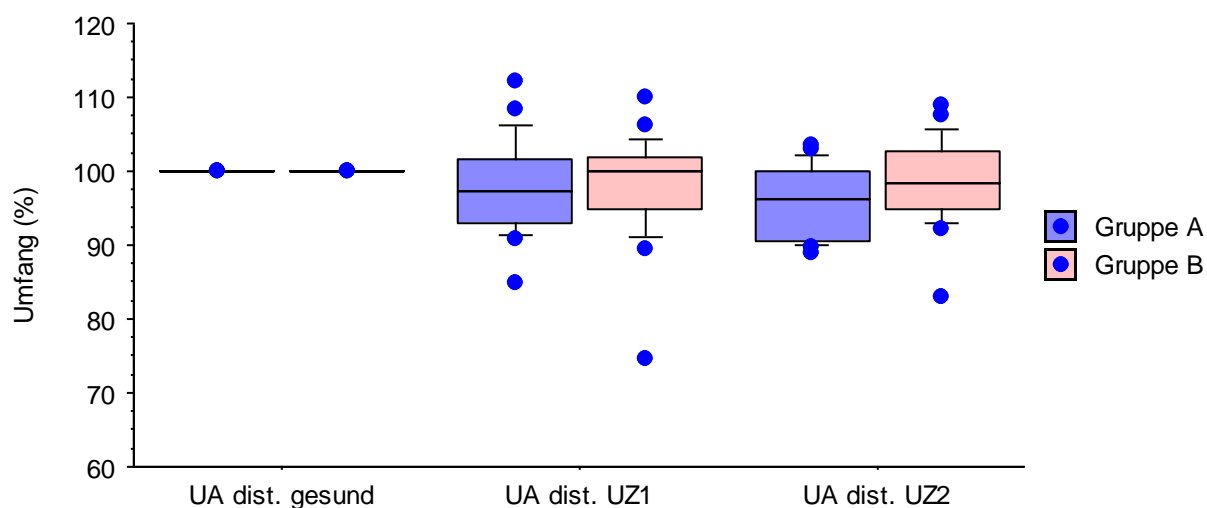


Abb. 19. Umfangsmessung des distalen Unterarms (UA dist.) prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

d. Handgelenk

Auch am Handgelenk zeigten die Umfangsmessungen an den gesunden Armen keine signifikanten Unterschiede (Tab. 27).

Tab. 27. Umfangsmessung des Handgelenks (HG) der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

UMFANG HANDGELENK	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (CM)
Gruppe A	16,9 ± 1,7 (15,0-22,3)	17,3 ± 2,2 (14,0-27,0)	16,7 ± 1,1 (15,0-18,5)
Gruppe B	16,5 ± 1,4 (14,5-19,8)	17,4 ± 1,7 (14,5-21,0)	16,8 ± 1,7 (14,5-21,0)

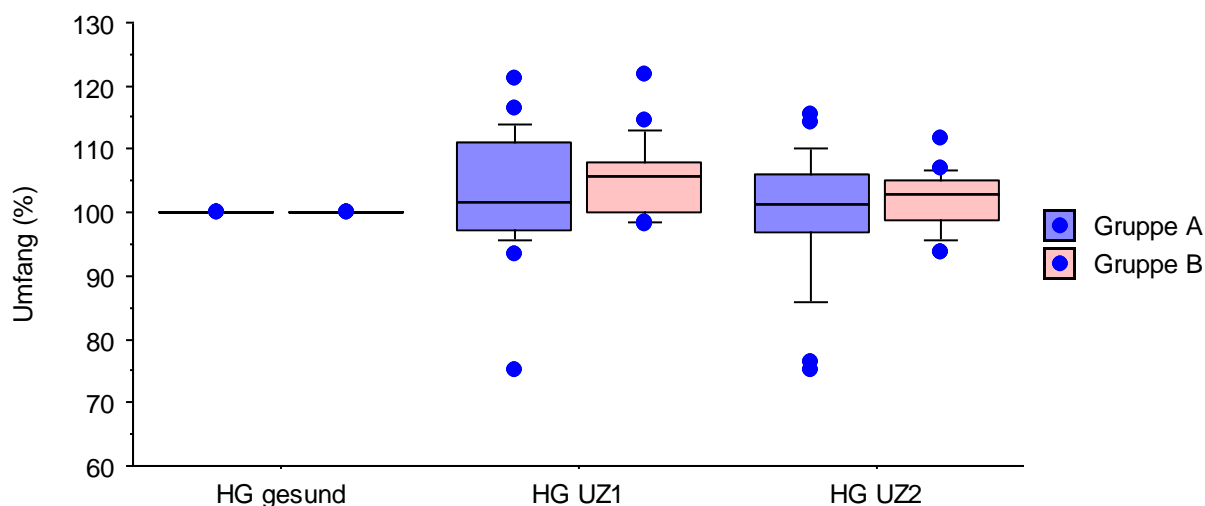


Abb. 20. Umfangsmessung des Handgelenks (HG) prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

Am Nachuntersuchungstag UZ1 zeigten die Umfangsmessungen um das Handgelenk im Mittel bei beiden Gruppen eine mäßige Umfangsvermehrung, die sich nach Abschluss der Nachbehandlung innerhalb von 6 Wochen etwas rückbildete.

Relevante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen wurden nicht gefunden (Abb. 20).

e. Mittelhand

Auch an der Mittelhand gab es zwischen den Umfangsmessungen der gesunden Hand beider Gruppen keine wesentlichen Unterschiede (Tab. 28).

Tab. 28. Umfangsmessung der Mittelhand (MH) der gesunden Hand zu beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2, sowie Messwerte der kranken Hand zu beiden Untersuchungstagen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum).

UMFANG MITTELHAND	GESUND (MITTELWERT UZ1 + UZ2) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 1 (UZ1) (CM)	UNTERSUCHUNGS- TAG 2 (UZ2) (CM)
Gruppe A	20,2 ± 1,7 (17,8-25,8)	19,6 ± 1,7 (17,0-23,0)	19,8 ± 1,4 (17,0-23,0)
Gruppe B	19,8 ± 2,0 (17,3-25,8)	19,3 ± 2,6 (17,0-22,5)	19,6 ± 1,9 (17,0-23,0)

Zum Zeitpunkt der Gipsabnahme nahmen die Umfänge an der Mittelhand geringgradig um im Mittel auf 97% bei beiden Gruppen ab (Abb. 21). Nach 6 Wochen Nachbehandlung konnte unabhängig von der Art der Nachbehandlung eine Re-kompensation auf 98% bzw. 99% erzielt werden. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen fanden sich nicht.

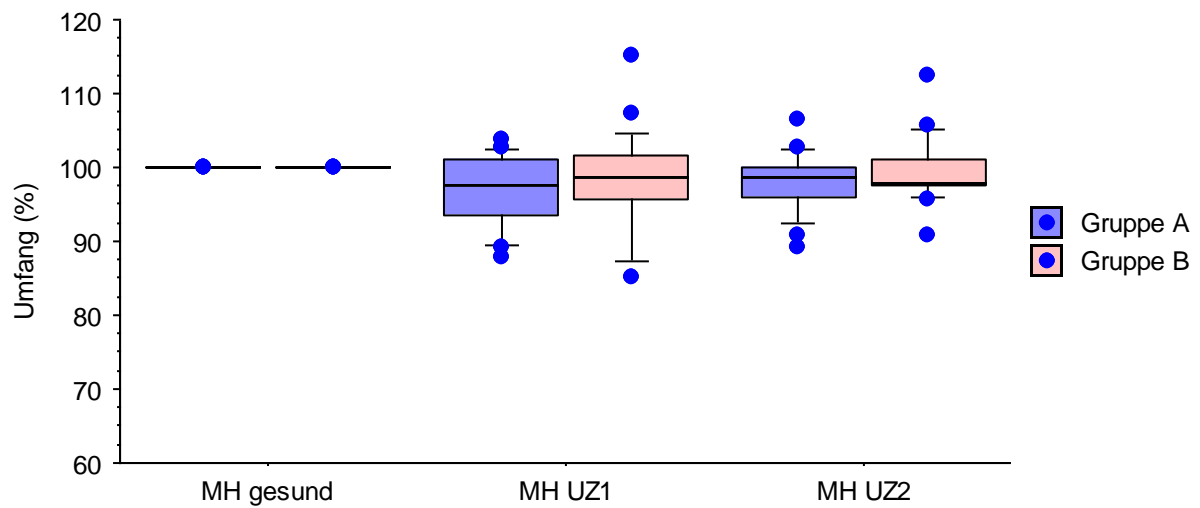


Abb. 21. Umfangsmessung der Mittelhand (MH) prozentual auf gesunde Seite (empirisch 100%) bezogen zu den beiden Nachuntersuchungstagen UZ1 und UZ2 (Boxplots: Box 1.-3. Quartil, Median; Whiskers 10%- und 90%-Perzentile; Punkte Maximum, Minimum).

4 Diskussion

In der vorliegenden prospektiv-randomisierten Studie wurde der Unterschied der klinischen Ergebnisse zwei Nachbehandlungskonzepte nach konservativ behandelte distaler Radiusfraktur nach Gipsabnahme untersucht.

Dabei erreichten Patienten der Gruppe A (selbstständig durchgeführtes Heimprogramm, mittels Übungsheft angeleitet) nach Abschluss der Behandlung eine signifikant höhere Griffkraft (83% im Vergleich zur gesunden Gegenseite) im Vergleich zu Patienten der Gruppe B (rezeptierte Nachbehandlung durch Physiotherapeuten, 67% im Vergleich zur gesunden Gegenseite). Auch im Funktionsscore Patient Related Wrist Evaluation (PRWE) erreichte die Gruppe A (Heimprogramm) einen um 63% signifikant geringeren Wert und damit eine erheblich verbesserte Funktionalität sowie ein geringeres Schmerzniveau als die Patienten der Gruppe B (Physiotherapie).

Die übrigen erhobenen Parameter Bewegungsumfang, Umfangsmessung am Unterarm und der Hand sowie der *Jebesen Test of Hand Function* zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen.

4.1 Physiotherapie nach distaler Radiusfraktur

Es gibt Untersuchungen aus dem angloamerikanischen Sprachraum über die Effektivität von Heimtrainingsübungen im Vergleich zur Anwendung durch den Therapeuten in der Nachbehandlung konservativ behandelte distaler Radiusfrakturen. Allerdings sind Ergebnisse dieser Studien aufgrund der unterschiedlichen Patientenselektion und auch des unterschiedlichen Nachbehandlungssystems v.a. in den USA nur schwer auf die Verhältnisse in Deutschland und die Ergebnisse dieser Untersuchung übertragbar.

Watt et al. [115] zeigten an Patienten mit distaler Radiusfraktur nach Gipsabnahme, dass Patienten mit einem Heimtrainingsprogramm nach 6 Wochen eine schlechtere Handgelenksbeweglichkeit und Griffstärke aufwiesen, als Patienten,

die die Nachbehandlung bei einem Therapeuten durchführten. Durchschnittlich erfolgten 5 Anwendungen Physiotherapie. Wakefield et al. [113] konnten nach 6 Monaten eine verbesserte Beweglichkeit in Extension/Flexion nach Behandlung durch einen Physiotherapeuten feststellen, darüber hinaus gab es keine weiteren signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Zum Untersuchungszeitpunkt nach 3 Monaten bestanden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Die Beweglichkeit korrelierte auch nicht mit dem Funktionsscore, woraus die Autoren rückfolgerten, die Extension/Flexion habe keinen Einfluss auf die Handfunktion. Dagegen konnte in einer Untersuchung von Tremayne et al. [107] der Nachweis erbracht werden, dass zwischen einem Funktionsscore (hier *Jebesen Test of Hand Function*) eine Korrelation mit der Extension/Flexion und der Griffstärke besteht.

Andere Autoren konnten keinen Vorteil der Nachbehandlung in einer Physiotherapiepraxis nachweisen. Maciel et al. [63] fanden keinen signifikanten Effekt der Nachbehandlung durch einen Physiotherapeuten bezüglich der Handfunktion, Schmerz und dem PRWE nach 6 und 24 Wochen. In einer prospektiven Studie untersuchten Taylor et al. [105] den Effekt der passiven Übungsbehandlung nach konservativ behandelter distaler Radiusfraktur, die nach im Mittel 4,5 Wochen keine signifikante Verbesserung zusätzlich zu einer aktiven Bewegungstherapie zeigte.

Weitere Autoren fanden keinen Unterschied im funktionellen Ergebnis zwischen Patienten, die nicht angeleitet Eigenübungen durchführten und solchen, die eine professionelle Nachbehandlung eines Therapeuten in Anspruch nahmen [4,77,79].

Zu bemerken ist bei allen Studien, die ein angeleitetes Heimprogramm mit einer professionellen Behandlung beim Physiotherapeuten untersuchten, die geringe Behandlungsfrequenz der Besuche beim Therapeuten. Im Mittel betrug die Anzahl der Anwendungen bei einem professionellen Therapeuten bei Pasila et al. [79] 4 Einheiten (Minimum 1, Maximum 12) Anwendungen, bei Bache et al. [4] 3 Einheiten (Minimum 1, Maximum 16), bei Wakefield et al. [113] 3 Einheiten (Minimum 1, Maximum 22) Einheiten, bei Maciel et al. [63] im Mittel 4,4 Einheiten. Damit liegen alle vorhandenen Publikationen weit unterhalb der Behandlungsanzahl der von

den an dieser Studie teilnehmenden Patienten, die alle nach Abschluss von 12 Behandlungen beim Physiotherapeuten nachuntersucht wurden.

Der Zeitpunkt des Beginns der Physiotherapie nach operativer Versorgung wurde von Gronlund et al. [35] untersucht. Sie fanden bei 17 Patienten, die im Gegensatz zu 23 Patienten unmittelbar postoperativ physiotherapeutisch beübt wurden, eine signifikant verbesserte Handfunktion und empfahlen aufgrund ihrer Ergebnisse einen möglichst frühzeitigen Beginn der Nachbehandlung.

Studien über das funktionelle Ergebnis nach distaler Radiusfraktur konzentrieren sich insbesondere auf das Handgelenk sowie die Umwendbewegung und Beweglichkeit im Ellenbogengelenk. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass funktionelle Beeinträchtigungen nach distaler Radiusfraktur auch bezüglich der Elevation im Schultergelenk bestehen, und die Beeinträchtigung der Funktionalität der gesamten Kette des Armes mit kinematischen Analysen untersucht werden kann [68]. Diese sind in weiterführenden Untersuchungen zu berücksichtigen.

4.2 Funktionsscores in der Evaluation

In der Klinik sowie in klinischen Studien haben sich verschiedene Meßmethoden zur Bestimmung des Grades der Funktionsbeeinträchtigung am Handgelenk etabliert. Parameter wie Bewegungsumfang (Range of Motion, ROM), Griffstärke und Schwellungszustand liefern eine objektive Aussage über den funktionellen Handzustand und lassen sich in gewisser Weise mit der gesunden Hand vergleichen [105,107,115]. Die Handfunktion wird durch diese Parameter jedoch nicht vollständig abgebildet. Größen wie Sensibilität, Propriozeption, die korrekte anatomische Gelenkstellung und die motorische Kontrolle bzw. Koordination tragen jedoch wesentlich zur Funktionsfähigkeit des Handgelenks bei [43,65].

Daher existieren Scores zur Abschätzung der Handfunktion, die zwar, wohl aufgrund des hohen zeitlichen Aufkommens, kaum Verbreitung in der klinischen Praxis finden, aber dennoch eine funktionelle Bewertung liefern, die die genannten zusätzlichen Parameter z.T. integrieren. Etabliert hat sich der von Jebsen 1969

eingeführte *Jebsen Test of Hand Function*, der definierte handgelenksbezogene Alltagshandlungen über die durchgeführte Geschwindigkeit bewertet [37,38,44].

Von MacDermid et al. [62] wurde 1998 ein fragenbasierter Score zur Evaluation der Funktionsfähigkeit und des Schmerzniveaus des Handgelenks publiziert, der *Patient Related Wrist Evaluation* (PRWE). Die Validität des PRWE für die Funktionsfähigkeit des Handgelenks wurde nachfolgend sogar als höher bewertet, als der des bis dahin häufig verwendeten DASH-Scores [15]. Zudem korreliert der PRWE mit der Dauer der Arbeitsunfähigkeit [61].

Diskutiert werden muss der Einfluss der Dominanz der Hände bei Funktionsuntersuchungen. Die Verteilung des Anteils der betroffenen dominanten Hand war in der vorliegenden Untersuchung in beiden Gruppen annähernd gleich: 7 (33%) Patienten aus Gruppe A (Heimprogramm) bzw. 8 (38%) Patienten aus Gruppe B (Physiotherapie) erhielten eine Ruhigstellung der dominanten Hand. Es ist aus Studien bekannt, dass die dominante Seite mehr Kraft, Umfang und Koordination für die Funktionstests (z.B. Schreiben und Essen) hat, als die nicht dominante [2,6,44].

Für die Griffstärke ist eine Korrektur von 10% der dominanten Hand in der Literatur beschrieben, um diesem Fehler entgegenzuwirken [7]. So konnte in mehreren Untersuchungen gezeigt werden, dass Rechtshänder eine signifikant höhere Griffstärke mit ihrer rechten Hand aufweisen als mit ihrer linken Hand; dies gilt jedoch nicht für Linkshänder, bei denen keine wesentlichen Unterschiede in der Griffkraft beider Hände bestehen [3,8,19,41,83]. Um diese Tatsache zu berücksichtigen, haben mehrere Autoren eine Korrektur der Griffstärke der rechten Hand bei Rechtshändern von 10% gefordert, ohne eine Korrektur für die linke Hand vorzunehmen [19,83].

Die Dominanz der Händigkeit ist für die Interpretation der Ergebnisse des *Jebsen Test of Hand Function* von Bedeutung, doch wird in der Literatur keine prozentuale Anpassung vorgenommen, wie dies für die Griffstärke mittlerweile etabliert ist. Eine prozentuale Angleichung nach den von Jebsen veröffentlichten Normwerten für

die dominante und nicht dominante Hand ist aufgrund des Fehlens altersbasierter Normtabellen nicht möglich [44].

Da die Prüfung des Bewegungsumfangs, des Schwellungszustands und des Jebsen-Funktionstests der verletzten Hand prozentual auf die Werte der gesunden Hand bezogen wurde, hat dieses tendenzielle Ungleichgewicht Folgen für die Datenerhebung. Bei Patienten, deren dominante Hand verletzt war, wurden die Ergebnisse der Nachuntersuchung prozentual auf die nicht-dominante Seite bezogen, so dass hier die Ergebnisse der Handfunktion eher überschätzt wurden. Umgekehrt ist bei Patienten, bei denen die nicht dominante Hand verletzt war, das Ergebnis der Nachuntersuchung auf die „Normwerte“ der dominanten Hand bezogen worden, so dass die Handfunktion im Ergebnis eher unterschätzt wurde.

4.3 Gruppenszusammensetzung

Die Randomisierung der Patienten erfolgte nach Überprüfung der Einschlusskriterien über ein altersbasiertes Randomisierungsverfahren. Da das Alter einen signifikanten Einfluss auf das funktionelle Ergebnis hat [25,58], wurde durch dieses Randomisierungsverfahren eine ausgeglichene Verteilung des Patientenalters erreicht. Dieses Verfahren hat jedoch auch Nachteile. So konnte kein Einfluss auf die Verteilung der Frakturklassifikationen, der betroffenen dominanten Hand, des Allgemeinzustands (ermittelt über die ASA-Klassifikation) und des Bildungsstands genommen werden.

Die Frakturschwere wird anhand der AO-Klassifikation ermittelt. Zwischen den beiden randomisierten Gruppen zeigte sich eine gleichartige Verteilung der schweren C-Frakturen und eine annähernd gleiche Verteilung der leichteren A- und B-Frakturen, so dass die Verteilung trotz der ausschließlich altersbasierten Randomisierung keine Gruppe bezüglich der Frakturmorphologie benachteiligte.

Der Allgemeinzustand der Patienten lässt sich näherungsweise durch die ASA-Klassifikation ableiten. Die Mehrzahl der Patienten sowohl der Gruppe A (Heimprogramm) mit einem Anteil von 72% als auch die Gruppe B (Physiotherapie) mit

62% Anteil hatten eine Klassifikation nach ASA I oder II, wodurch ein sehr guter bis guter Allgemeinzustand wiedergegeben wird. Zwischen den Gruppen ist somit kein wesentlicher Unterschied in der Schwere der Begleiterkrankungen festzustellen.

4.4 Randomisierte Untersuchung zur Effektivität des Heimtrainingsprogramms

In der vorliegenden Studie wurden zwei Gruppen nach konservativ behandelte distaler Radiusfraktur randomisiert, wobei eine Gruppe A (Heimprogramm) die Nachbehandlung nach Instruktion und unter Anleitung über ein detailliert beschriebenes und bebildertes Übungsheft absolvierte, die andere Gruppe B (Physiotherapie) erhielt die konventionelle Nachbehandlung in der Physiotherapiepraxis (2x /Woche, Dauer 6 Wochen).

In der vorgestellten Untersuchung zeigten sich signifikante ($P=0,0029$) Unterschiede im PRWE-Score, wobei Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) mit im Mittel 22,5 Punkten einen mehr als doppelt so guten Score im Vergleich zur Gruppe B (Physiotherapie) aufwiesen. Eine Angleichung auf die Ausgangswerte war nicht erforderlich, da bei allen Patienten der beiden Gruppen nahezu keine Beeinträchtigungen bestanden (im Mittel 0,3 Punkte für beide Gruppen). Demnach erzielte das Heimtrainingsprogramm eine signifikant verbesserte Gebrauchsfähigkeit des Handgelenks am Ende der Nachbehandlungsphase.

Dagegen zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede im *Jebsen Test of Hand Function*. Der Grund für die unterschiedlichen Aussagen des untersuchten Patientenkollektivs bezüglich der Handfunktion nach beiden Funktionstests dürfte in der entsprechenden Teststruktur zu finden sein. Der Jebsen-Test misst Geschwindigkeiten bei der Ausführung vorgegebener Alltagsaktivitäten wobei große Unterschiede in der Durchführung bestehen, abhängig davon, ob die dominante Hand betroffen ist oder nicht, und welche Händigkeit besteht. Aufgrund der Summierung der Ergebnisse unabhängig der Dominanz der Hände und der Händigkeit kommen

große Standardabweichungen zustande, die eine statistische Unterscheidung von feineren Merkmalen nicht erlaubt.

Die Griffstärke war in der Gruppe A (Heimprogramm) signifikant gegenüber Gruppe B (Physiotherapie) erhöht. Dagegen zeigten der Bewegungsumfang und die Umfangsmessung keine signifikanten Unterschiede.

Die Umfangsmessungen demonstrieren die Inaktivitätsatrophie der Muskulatur, die unabhängig der Gruppenzugehörigkeit zum Zeitpunkt der Gipsabnahme vorhanden war [42]. Wie erwartet konnte sich diese zu einem großen Teil regenerieren, jedoch war in keiner Gruppe nach 6 Wochen ein Erreichen des Ausgangswertes möglich.

Zusammenfassend konnte durch das Heimtrainingsprogramm gegenüber der konventionellen Physiotherapie nach konservativ behandelter distaler Radiusfraktur eine signifikante Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Hand (bestimmt nach dem PRWE) und eine verbesserte Griffkraft ermittelt werden. In den übrigen Untersuchungsparametern waren keine wesentlichen Unterschiede festzustellen.

Dahingehend ist die eingangs gestellte Fragestellung zu beantworten: Durch ein selbstständig durchgeführtes Heimtrainingsprogramm in der Nachbehandlung konservativ therapierter distaler Radiusfrakturen ist es möglich, ein gutes funktionelles der verletzten Extremität zu erreichen. Die rezeptierte Nachbehandlung in der Physiotherapiepraxis hat demnach keinen Vorteil gegenüber dem selbstständig durchgeführten Heimtrainingsprogramm.

4.5 Eigenverantwortlichkeit in der Nachbehandlung

Patienten neigen dazu, eine verletzte Extremität aus ihrem Körper zu desintegrieren und dem Arzt bzw. Therapeuten die alleinige Verantwortung für das Behandlungsergebnis aufzuerlegen [87]. Der aufgeklärte Patient realisiert, dass Erfolg und Misserfolg unmittelbar mit der eigenen Motivation und Zuverlässigkeit zusammenhängen, und nicht allein der Arzt bzw. der Therapeut für das Ergebnis ausschließ-

lich verantwortlich ist. Die Integration der Eigenverantwortlichkeit in der Nachbehandlung stellt somit ein mögliches Konzept dar, um den Patienten in die unmittelbare medizinische Behandlung und Nachbehandlung mit einzubeziehen.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass dem Patienten in einem ausführlichen Gespräch die Hintergründe und Wichtigkeit der Rehabilitation verdeutlicht werden, denn 1. kann die eigenverantwortliche Behandlung nur dann erfolgreich sein, wenn man der gewissen Annahme sein kann, dass der Patient diese auch im Sinne des Behandlers erfüllt, und 2. ist primär die Vertrauensbasis für die Durchführung eines alternativen Behandlungskonzeptes zu erarbeiten, ohne die eine kontinuierliche Nachbehandlung nicht gewährleistet sein kann.

Je nach individueller Konstitution, dem klinischen Verlauf und/oder Frakturtyp, möglichen Begleiterkrankungen und Umständen kann es für das Ausheilungsergebnis auch fatal sein, den Patienten sich selbst alleinverantwortlich zu überlassen. Als Beispiele seien an dieser Stelle Demenz, Depression, oder Antriebsarmut genannt, oder aber auch eine Sehschwäche oder kognitive Störungen genannt. Daher ist im Vorfeld genau die Möglichkeit der Eigenverantwortlichkeit zu überprüfen und im Zweifelsfall die rezeptierte Rehabilitation unter Anleitung zu bevorzugen.

Lyncoln et al. [59] führten eine Studie an Patienten nach distaler Radiusfraktur durch, die den Effekt der Patientenzuverlässigkeit bei der Durchführung der Physiotherapie untersuchten. Sie konnten zeigen, dass von allen Aktivitäten die gewissenhaft durchgeführten, in der Studie über ein „Übungstagebuch“ dokumentierten Heimtrainingsübungen der wichtigste Faktor für die Wiedererlangung der Handfunktion war. Um die korrekte Durchführung zu gewährleisten, wurde in der vorliegenden Studie neben einem ausführlichen Gespräch die Übungen einzeln demonstriert und dem Patienten zusätzlich ein „Heimtrainings-Tagebuch“ mit Anleitungen und kommentierten Übungen sowie Bilddarstellungen ausgehändigt. Zudem erhielten die Patienten Telefonnummern des medizinischen Betreuers PD Dr. Gert Krischak, falls Rückfragen zu den Übungen oder sonstige Probleme auftraten.

Es ist bekannt, dass der Bildungsstand und das kognitive Level das Engagement zur Teilnahme an prospektiv-randomisierten Studien beeinflussen [73,89,104,108]. Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) wurde an aktiver Teilnahme lediglich die Terminierung der Behandlungen beim Physiotherapeuten und die Einhaltung dieser Termine abverlangt. Die Eigenverantwortlichkeit spielt in dieser Gruppe nur eine sehr untergeordnete Rolle. Im Gegenteil dazu erforderte das Heimtrainingsprogramm der Gruppe A ein Verständnis in die Notwendigkeit der Nachbehandlung sowie Motivation und Durchhaltevermögen bei der Durchführung der Übungen.

Folgt man der CASMIN-Klassifikation für den höchsten erreichten Bildungsabschluss, so betrug der Anteil von Abiturienten bzw. weiterführendem Bildungsweg in Gruppe A (Heimprogramm) 34%, in Gruppe B (Physiotherapie) dagegen nur 15%. Da das Bildungsniveau die Compliance beeinflusst [73], ist es denkbar, dass eine geringere Compliance als Teilursache für das schlechtere Abschneiden der Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) vorgelegen haben kann.

4.6 Ökonomische Aspekte

Die Wiedererlangung der Funktionsfähigkeit der Hand ist zwar in erster Linie von medizinischem und auch persönlichem Interesse, daneben bestehen aber auch ökonomische Gesichtspunkte.

Bei den Patienten fallen im Rahmen einer ambulanten physiotherapeutischen Behandlung Kosten an, bestehend aus dem Produkt aus Behandlungssatzes und der Behandlungsanzahl. In der Physiotherapiepraxis werden im Allgemeinen für eine 20 bis 30-minütige Behandlung ca. 18 Euro berechnet. Somit beträgt allein der Aufwand pro Rezept mit sechs Anwendungen krankengymnastischer Beübung 108 Euro. Zudem fallen nicht unerhebliche Fahrtkosten je nach Entfernung an. Unabhängig von den Kosten besteht eine Belastung des Patienten durch die Nachbehandlung in der Physiotherapiepraxis. So ist zu jeder Behandlung die An- und Abreise erforderlich und Wartezeiten müssen einkalkuliert werden.

Wittmann et al. beziffern die Summe des Verletztengeldes während der Arbeitsunfähigkeit bei Patienten mit „kleiner Handverletzung“, zu der die Autoren auch die distale Radiusfraktur zählen, auf insgesamt 7.700 Euro [118].

Ein möglicherweise wichtiger Faktor für das gute Abschneiden der Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) könnte die höhere Übungsintensität sein. Rechnet man die Intensität nach Übungsstunden/Woche, so stehen eine Stunde/Woche der Physiotherapiegruppe insgesamt 4,6 Stunden/Woche der Heimprogrammgruppe gegenüber. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist eine ähnlich hohe Intensität im ambulanten Bereich der Physiotherapiepraxis, z.B. im Rahmen einer Erweiterten Ambulanten Physiotherapie (EAP), vor dem Hintergrund der guten klinischen Ergebnisse der Patienten mit Heimtrainingsprogramm nicht gerechtfertigt.

Alternativ existiert die Möglichkeit der stationären Rehabilitation, über die es durch das berufsgenossenschaftliche stationäre Heilverfahren (BGSW) gute Erfahrungen gibt. Von wirtschaftlicher Seite belaufen sich die Kosten der BGSW mit Physio- und Ergotherapie auf 171 Euro/Tag, wobei die Kosten der 30-minütigen stationären Behandlung durch die Physiotherapie mit im Allgemeinen 30 Euro und der Ergotherapie mit 32 Euro anzusetzen sind. Wird eine mittlere Verweildauer der BGSW der Patienten mit distaler Radiusfraktur von 22 Tagen zugrunde gelegt, beträgt die Höhe der Gesamtkosten für die BGSW 3.762 Euro.

5 Zusammenfassung

Die konservative Behandlung hat einen wichtigen Stellenwert in der Therapie distaler Radiusfrakturen, auch wenn operative Indikationen heute breiter gestellt werden als früher. Nach Konsolidierung kommt der physiotherapeutische Nachbehandlung eine wesentliche Bedeutung für die Wiederherstellung der Gelenkfunktion zu. Diese kann ambulant in einer Praxis für Physiotherapie erfolgen, alternativ hierzu wurde ein Heimtrainingsprogramm mit Anleitung für Eigenübungen konzipiert. In der vorliegenden Studie wurden beide Konzepte in einer prospektiv altersbasiert-randomisierten Studie miteinander verglichen.

Insgesamt wurden 42 Patienten mit konservativ behandelte distale Radiusfraktur nach Frakturkonsolidierung und Abnahme des Gipsverbandes in eines von zwei Nachbehandlungsprogrammen (je 21 Patienten) eingeschlossen. Gruppe A führte die Nachbehandlung nach Instruktion und mit Hilfe eines Übungsheftes über 6 Wochen selbstständig und eigenverantwortlich durch. Gruppe B wurde über 6 Wochen in einer Physiotherapiepraxis durch Therapeuten 2 x pro Woche behandelt. Nach Randomisierung fand eine erste Untersuchung zum Zeitpunkt der Gipsabnahme und damit dem Beginn der funktionellen Nachbehandlung statt. Anschließend erfolgte in einem 6-wöchigen Intervall die Nachbehandlung entsprechend der Randomisierung, die mit einer zweiten Nachuntersuchung endete. Die Altersverteilung betrug im Mittel $52,5 \pm 25,0$ Jahre in der Gruppe A, und $53,8 \pm 25,2$ Jahre in der Gruppe B.

Patienten der Gruppe A (Heimprogramm) wiesen nach Abschluss der Eigenübungen eine signifikant höhere Griffstärke auf ($P = 0,0203$). Diese erreichten im Mittel 83% der Kraft der verletzten Seite (bezogen auf Mittelwerte der gesunden Seite), wohingegen Patienten der Gruppe B (Physiotherapie) im Mittel nur 67% der Kraft der Gegenseite wieder erlangten.

Im *Patient Related Wrist Evaluation*-Funktionsscore, der ein Maß für die Funktionsfähigkeit und das Schmerzniveau nach Handgelenksverletzung ist (Punktverteilung 0 bis 100; je schlechter Funktion/Schmerzniveau, desto höhere Punktzahl), gaben Patienten der Gruppe A im Mittel $8,4 \pm 10,5$ Punkten signifikant ($P =$

0,0029) geringere Funktionsbeeinträchtigung durch die Hand an, als Patienten der Gruppe B mit im Mittel $22,5 \pm 15,8$ Punkten. Im *Jebesen Test of Hand Function*, einem Test über die schnellstmögliche Ausführung von Alltagstätigkeiten, zeigte sich kein Unterschied zwischen den Gruppen.

Die Messungen der Handgelenks- und Ellenbogengelenksbeweglichkeit sowie die Umfangsmessungen des Unterarmes und der Hand ergaben ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung wird abgeleitet, dass ein selbstständig durchgeführtes Heimtrainingsprogramm auf der Basis eines Übungsheftes über eine Behandlungsdauer von 6 Wochen zu einem guten funktionellen Resultat führt. In diesem Kollektiv konnte hierdurch ein gleichwertiges Resultat bezüglich der Beweglichkeit und der Umfänge der verletzten Extremität erzielt werden. Eine Überlegenheit des Heimtrainingsprogramms gegenüber der Anwendung beim Physiotherapeuten lässt sich aufgrund der signifikanten Unterschiede im Patient Related Wrist Evaluation-Score und der Griffstärke nicht beweisen; die Handfunktion ist komplexer und lässt sich auch durch einzelne Meßparameter nicht umfassend abbilden.

Zusammenfassend ist jedoch die Instruktion in ein Heimtrainingsprogramm mit Anleitung über ein Übungsheft aus medizinischer und ökonomischer Sicht eine sinnvolle Alternative zur Verordnung von krankengymnastischer Übungsbehandlung, für solche Patienten, die in die Eigenverantwortlichkeit der Nachbehandlung eingewiesen werden können.

6 Literaturverzeichnis

1. Abramo A, Kopylov P, Geijer M, Tagil M: Open reduction and internal fixation compared to closed reduction and external fixation in distal radial fractures. *Acta Orthop* 80: 478-485 (2009)
2. Anakwe RE, Huntley JS, McEachan JE: Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J Hand Surg Eur* 32: 203-209 (2007)
3. Armstrong CA, Oldham JA: A comparison of dominant and non-dominant hand strengths. *J Hand Surg [Br]* 24: 421-425 (1999)
4. Bache SJ, Ankcorn L, Hiller L, Gaffrey A: Two different approaches to physiotherapy management of patients with distal radius fractures. *Physiotherapy* 86: 383 (2000)
5. Baron JA, Karagas M, Barrett J, Kniffin W, Malenka D, Mayor M, Keller RB: Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age. *Epidemiology* 7: 612-618 (1996)
6. Bassett C: Beneficial effects of elektromagnetic fields. *J Cell Biochem* 51: 387-393 (1993)
7. Bechtol CO: Grip test; the use of a dynamometer with adjustable handle spacings. *J Bone Joint Surg Am* 36-A: 820-824 (1954)
8. Bohannon RW: Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Percept Mot Skills* 96: 728-730 (2003)
9. Brauns H, Steinmann S: Educational Reform in France, West-Germany and the United Kingdom: Updating the CASMIN Educational Classification. *ZUMA-Nachrichten* 44: 7-44 (1999)
10. Breyer HG: Krankengymnastische Behandlung der distalen Radiusfraktur. *Langenbecks Arch Chir Suppl* 683-686 (1989)

11. Brug E, Joosten U, Pullen M: Brüche am distalen Unterarm. Welche Therapie ist indiziert? *Orthopade* 29: 318-326 (2000)
12. Brunner U, Habermeyer P, Schweiberer L: Frakturen des distalen Radiusendes. *Orthopade* 18: 214-224 (1989)
13. Buterbaugh GA, Palmer AK: Fractures and dislocations of the distal radioulnar joint. *Hand Clin* 4: 361-375 (1988)
14. Capo JT, Rossy W, Henry P, Maurer RJ, Naidu S, Chen L: External fixation of distal radius fractures: effect of distraction and duration. *J Hand Surg Am* 34: 1605-1611 (2009)
15. Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, Kalairajah Y: Outcome evaluation measures for wrist and hand - which one to choose? *Int Orthop* (2007)
16. Cheing GL, Wan JW, Kai LS: Ice and pulsed electromagnetic field to reduce pain and swelling after distal radius fractures. *J Rehabil Med* 37: 372-377 (2005)
17. Colles A: On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinb Med Surg J* 10: 181-186 (1814)
18. Collins DC: Management and rehabilitation of distal radius fractures. *Orthop Clin North Am* 24: 365-378 (1993)
19. Crosby CA, Wehbe MA, Mawr B: Hand strength: normative values. *J Hand Surg [Am]* 19: 665-670 (1994)
20. Dekkers M, Soballe K: Activities and impairments in the early stage of rehabilitation after Colles' fracture. *Disabil Rehabil* 26: 662-668 (2004)
21. DeMott TK, Richardson JK, Thies SB, Ashton-Miller JA: Falls and gait characteristics among older persons with peripheral neuropathy. *Am J Phys Med Rehabil* 86: 125-132 (2007)
22. Dibble LE, Lange M: Predicting falls in individuals with Parkinson disease: a reconsideration of clinical balance measures. *J Neurol Phys Ther* 30: 60-67 (2006)

-
23. Dripps RD, Lamont A, Eckenhoff JE: The role of anesthesia in surgical mortality. *JAMA* 178: 261-266 (1961)
 24. Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Sturmer KM: Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. *Chirurg* 74: 827-833 (2003)
 25. Einsiedel T, Becker C, Stengel D, Schmelz A, Kramer M, Daxle M, Lechner F, Kinzl L, Gebhard F: Frakturen der oberen Extremität beim geriatrischen Patienten - harmlose Monoverletzung oder Ende der Selbstständigkeit? *Z Gerontol Geriatr* 39: 451-461 (2006)
 26. Faghri PD: The effects of neuromuscular stimulation-induced muscle contraction versus elevation on hand edema in CVA patients. *J Hand Ther* 10: 29-34 (1997)
 27. Flinkkilä T, Ristiniemi J, Hyvonen P, Hamalainen M: Nonbridging external fixation in the treatment of unstable fractures of the distal forearm. *Arch Orthop Trauma Surg* 123: 349-352 (2003)
 28. Franck WM, Dahlen C, Amlang M, Friese F, Zwipp H: Distale Radiusfraktur -- ist der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe eine therapeutische Alternative? *Unfallchirurg* 103: 826-833 (2000)
 29. Frykman G: Fractures of the distal radius including sequelae-shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. *Acta Orthop Scand suppl* 108: 1-155 (1967)
 30. Fu YC, Chien SH, Huang PJ, Chen SK, Tien YC, Lin GT, Wang GJ: Use of an external fixation combined with the buttress-maintain pinning method in treating comminuted distal radius fractures in osteoporotic patients. *J Trauma* 60: 330-333 (2006)
 31. Gajdosik RL, Bohannon RW: Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther* 67: 1867-1872 (1987)

32. Gofton W, Liew A: Distal radius fractures: nonoperative and percutaneous pinning treatment options. *Hand Clin* 26: 43-53 (2010)
33. Golden GN: Treatment and prognosis of Colles' fracture. *Lancet* 1: 511-515 (1963)
34. Gradl G, Steinborn M, Wizgall I, Mittlmeier T, Schurmann M: [Acute CRPS I (morbus sudeck) following distal radial fractures--methods for early diagnosis]. *Zentralbl Chir* 128: 1020-1026 (2003)
35. Gronlund B, Harreby MS, Kofoed R, Rasmussen L: The importance of early exercise therapy in the treatment of Colles' fracture. A clinically controlled study. *Ugeskr Laeger* 152: 2491-2493 (1990)
36. Haas N, Tempka A: Behandlung der distalen Radiusfraktur -- Diagnostik und Therapie. *Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir* 687-692 (1990)
37. Handoll HH, Madhok R, Howe TE: Rehabilitation for distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 3: CD003324 (2006)
38. Hegeman JH, Oskam J, van der PJ, Ten Duis HJ, Vierhout PA: The distal radial fracture in elderly women and the bone mineral density of the lumbar spine and hip. *J Hand Surg [Br]* 29: 473-476 (2004)
39. Hocutt JE, Jr., Jaffe R, Rylander CR, Beebe JK: Cryotherapy in ankle sprains. *Am J Sports Med* 10: 316-319 (1982)
40. Ilyas AM, Jupiter JB: Distal radius fractures--classification of treatment and indications for surgery. *Hand Clin* 26: 37-42 (2010)
41. Incel NA, Ceceli E, Durukan PB, Erdem HR, Yorgancioglu ZR: Grip strength: effect of hand dominance. *Singapore Med J* 43: 234-237 (2002)
42. Jackman RW, Kandarian SC: The molecular basis of skeletal muscle atrophy. *Am J Physiol Cell Physiol* 287: C834-C843 (2004)
43. Jarus T, Poremba R: Hand function evaluation: a factor analysis study. *Am J Occup Ther* 47: 439-443 (1993)

-
44. Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, Trotter MJ, Howard LA: An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil* 50: 311-319 (1969)
 45. Jupiter JB: Fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 73: 461-469 (1991)
 46. Kakarlapudi TK, Santini A, Shahane SA, Douglas D: The cost of treatment of distal radial fractures. *Injury* 31: 229-232 (2000)
 47. Kamiloski V, Kasapinova K: External fixation in patients with age over 65 years with distal radius fracture. *Prilozi* 27: 189-199 (2006)
 48. Konstantinidis L, Helwig P, Strohm PC, Hirschmuller A, Kron P, Sudkamp NP: Clinical and radiological outcomes after stabilisation of complex intra-articular fractures of the distal radius with the volar 2.4 mm LCP. *Arch Orthop Trauma Surg* (2009)
 49. Korber J, Kohler H, Rembor U, Wentzensen A: Begleit- und Nachbehandlung distaler Radiusfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 9: 42-46 (2007)
 50. Krankenhausdiagnosestatistik. 1996. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
 51. Krimmer H, Pessenlehner C, Hasselbacher K, Meier M, Roth F, Meier R: Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg* 107: 460-467 (2004)
 52. Krischak G: Verletzungen der oberen Extremität. In: Krischak G (Hrsg) Georg Thieme Verlag, Stuttgart. New York, S. 154-197 (2005)
 53. Lagerstrom C, Nordgren B, Olerud C: Evaluation of grip strength measurements after Colles' fracture: a methodological study. *Scand J Rehabil Med* 31: 49-54 (1999)
 54. Lagerstrom C, Nordgren B, Rahme H: Recovery of isometric grip strength after Colles' fracture: a prospective two-year study. *Scand J Rehabil Med* 31: 55-62 (1999)

-
55. Lin JT, Lane JM: Rehabilitation of the older adult with an osteoporosis-related fracture. *Clin Geriatr Med* 22: 435-447 (2006)
56. Liporace FA, Adams MR, Capo JT, Koval KJ: Distal radius fractures. *J Orthop Trauma* 23: 739-748 (2009)
57. Low CK, Liao KH, Chew WY: Results of distal radial fractures treated by intra-focal pin fixation. *Ann Acad Med Singapore* 30: 573-576 (2001)
58. Lübbecke A, Stern R, Grab B, Herrmann F, Michel JP, Hoffmeyer P: Upper extremity fractures in the elderly: consequences on utilization of rehabilitation care. *Aging Clin Exp Res* 17: 276-280 (2005)
59. Lyngcoln A, Taylor N, Pizzari T, Baskus K: The relationship between adherence to hand therapy and short-term outcome after distal radius fracture. *J Hand Ther* 18: 2-8 (2005)
60. MacDermid JC, Richards RS, Roth JH: Distal radius fracture: a prospective outcome study of 275 patients. *J Hand Ther* 14: 154-169 (2001)
61. MacDermid JC, Roth JH, McMurtry R: Predictors of time lost from work following a distal radius fracture. *J Occup Rehabil* 17: 47-62 (2007)
62. MacDermid JC, Turgeon T, Richards RS, Beadle M, Roth JH: Patient rating of wrist pain and disability: a reliable and valid measurement tool. *J Orthop Trauma* 12: 577-586 (1998)
63. Maciel JS, Taylor NF, McIlveen C: A randomised clinical trial of activity-focussed physiotherapy on patients with distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 125: 515-520 (2005)
64. Martineau PA, Berry GK, Harvey EJ: Plating for distal radius fractures. *Hand Clin* 26: 61-69 (2010)
65. McPhee SD: Functional hand evaluations: a review. *Am J Occup Ther* 41: 158-163 (1987)
66. McQueen M, Caspers J: Colles fracture: does the anatomical result affect the final function? *J Bone Joint Surg Br* 70: 649-651 (1988)

-
67. Michlovitz SL, LaStayo PC, Alzner S, Watson E: Distal radius fractures: therapy practice patterns. *J Hand Ther* 14: 249-257 (2001)
68. Murgia A, Kyberd P, Barnhill T: The use of kinematic and parametric information to highlight lack of movement and compensation in the upper extremities during activities of daily living. *Gait Posture* (2009)
69. Murray PM, Trigg SD: Treatment of distal radius fractures with external fixation: technical considerations for rehabilitation. *Tech Hand Up Extrem Surg* 6: 213-218 (2002)
70. Müller M: Die umfassende Klassifikation der Frakturen der langen Röhrenknochen. In: Müller M, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (Hrsg) Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 118-150 (1992)
71. Neidenbach P, Audige L, Wilhelmi-Mock M, Hanson B, De Boer P: The efficacy of closed reduction in displaced distal radius fractures. *Injury* (2009)
72. Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA: Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Am J Epidemiol* 153: 587-595 (2001)
73. O'Brien ME: Compliance behavior and long-term maintenance dialysis. *Am J Kidney Dis* 15: 209-214 (1990)
74. O'Neill TW, Cooper C, Finn JD, Lunt M, Purdie D, Reid DM, Rowe R, Woolf AD, Wallace WA: Incidence of distal forearm fracture in British men and women. *Osteoporos Int* 12: 555-558 (2001)
75. Oestern H-J: Distale Radiusfrakturen. *Chirurg* 70: 1180-1192 (1999)
76. Orbay JL, Touhami A: Current concepts in volar fixed-angle fixation of unstable distal radius fractures. *Clin Orthop Relat Res* 445: 58-67 (2006)
77. Oskarsson GV, Hjal A, Aaser P: Physiotherapy: an overestimated factor in after-treatment of fractures in the distal radius? *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 373-375 (1997)

-
78. Owen RA, Melton LJ, III, Johnson KA, Ilstrup DM, Riggs BL: Incidence of Colles' fracture in a North American community. *Am J Public Health* 72: 605-607 (1982)
79. Pasila M, Sundholm A: Mobilization of stiff hands after 104 Colles' fractures: a comparison between the value of Movelat and its base cream. *Rheumatol Rehab* 19: 170-172 (1980)
80. Payandeh JB, McKee MD: External fixation of distal radius fractures. *Hand Clin* 26: 55-60 (2010)
81. Payandeh JB, McKee MD: External fixation of distal radius fractures. *Orthop Clin North Am* 38: 187-92, vi (2007)
82. Pensy RA, Newell MZ, Eglseider WA: AO types C3.1 and C3.2 distal radius fractures: functional outcomes. *J Surg Orthop Adv* 18: 139-146 (2009)
83. Petersen P, Petrick M, Connor H, Conklin D: Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. *Am J Occup Ther* 43: 444-447 (1989)
84. Rehn J: Behandlungsergebnisse typischer Radiusfrakturen. *Chirurg* 36: 206-211 (1965)
85. Richards L, Palmiter-Thomas P: Grip strength measurement: A critical review of tools, methods, and clinical utility. *Crit Rev Phys Rehab Med* 8: 87-109 (1996)
86. Riggs BL, Melton LJ, III: The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology. *Bone* 17: 505S-511S (1995)
87. Rikli D, Regazzoni P: Distale Radiusfrakturen. *Schweiz Med Wochenschr* 129: 776-785 (1999)
88. Rikli DA, Kupfer K, Bodoky A: Long-term results of the external fixation of distal radius fractures. *J Trauma* 44: 970-976 (1998)
89. Robinson EJ, Kerr CE, Stevens AJ, Lilford RJ, Braunholtz DA, Edwards SJ, Beck SR, Rowley MG: Lay public's understanding of equipoise and randomisation in randomised controlled trials. *Health Technol Assess* 9: 1-iv (2005)

-
90. Rozentel TD, Blazar PE: Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg [Am]* 31: 359-365 (2006)
 91. Ruchinskas R: Clinical prediction of falls in the elderly. *Am J Phys Med Rehabil* 82: 273-278 (2003)
 92. Ruger M, Linhart W, Sommerfeldt DW: Differentialindikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur. *Trauma Berufskrankh* 1: 6-14 (1998)
 93. Sahlin Y: Occurrence of fractures in a defined population: a 1-year study. *Injury* 21: 158-160 (1990)
 94. Schicker N: Zur Behandlung distaler Radiusfrakturen. *Aktuelle Traumatol* 12: 129-133 (1982)
 95. Shabat S, Gepstein R, Mann G, Stern A, Nyska M: Simultaneous distal radius and hip fractures in elderly patients--implications to rehabilitation. *Disabil Rehabil* 25: 823-826 (2003)
 96. Siebert HR, Klonz A: Distale Radiusfraktur. *Unfallchirurg* 108: 135-153 (2005)
 97. Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J: Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender. *J Bone Joint Surg Br* 80: 243-248 (1998)
 98. Slutsky DJ, Herman M: Rehabilitation of distal radius fractures: a biomechanical guide. *Hand Clin* 21: 455-468 (2005)
 99. Smith DW, Brou KE, Henry MH: Early active rehabilitation for operatively stabilized distal radius fractures. *J Hand Ther* 17: 43-49 (2004)
 100. Smith DW, Henry MH: Volar fixed-angle plating of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg* 13: 28-36 (2005)
 101. Smith R: A treatise on fracture in the vicinity of joints and on certain forms of accidental and congenital dislocationes. ? 162-163 (1847)

-
102. Sommer C, Brendebach L, Meier R, Leutenegger A: Distale Radiusfraktur - Retrospektive Qualitätskontrolle nach konservativer und operativer Therapie. *Swiss Surg* 7: 68-75 (2001)
103. Stiller MJ, Pak GH, Shupack JL, Thaler S, Kenny C, Jondreau L: A portable pulsed electromagnetic field (PEMF) device to enhance healing of recalcitrant venous ulcers: a double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Br J Dermatol* 127: 147-154 (1992)
104. Stryker JE, Wray RJ, Emmons KM, Winer E, Demetri G: Understanding the decisions of cancer clinical trial participants to enter research studies: factors associated with informed consent, patient satisfaction, and decisional regret. *Patient Educ Couns* 63: 104-109 (2006)
105. Taylor NF, Bennell KL: The effectiveness of passive joint mobilisation on the return of active wrist extension following Colles' fracture: a clinical trial. *New Zealand J Physioth* 22: 24-28 (1994)
106. Thielke KH, Wagner T, Bartsch S, Echtermeyer V: Winkelstabile, volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Frakturen am distalen Radius. *Chirurg* 74: 1057-1063 (2003)
107. Tremayne A, Taylor N, McBurney H, Baskus K: Correlation of impairment and activity limitation after wrist fracture. *Physiother Res Int* 7: 90-99 (2002)
108. Treschan TA, Scheck T, Kober A, Fleischmann E, Birkenberg B, Petschnigg B, Akca O, Lackner FX, Jandl-Jager E, Sessler DI: The influence of protocol pain and risk on patients' willingness to consent for clinical studies: a randomized trial. *Anesth Analg* 96: 498-506, table (2003)
109. Trock DH, Bollet AJ, Dyer RH, Jr., Fielding LP, Miner WK, Markoll R: A double-blind trial of the clinical effects of pulsed electromagnetic fields in osteoarthritis. *J Rheumatol* 20: 456-460 (1993)
110. Trock DH, Bollet AJ, Markoll R: The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials. *J Rheumatol* 21: 1903-1911 (1994)

-
111. Turner RG, Faber KJ, Athwal GS: Complications of distal radius fractures. *Hand Clin* 26: 85-96 (2010)
112. Voigt C, Lill H: Welche Vorteile bietet die volare Plattenosteosynthese gegenüber der Kirschner-Drahtstabilisierung bei distaler Radiusextensionsfraktur des alten Menschen? *Unfallchirurg* 109: 845-854 (2006)
113. Wakefield AE, McQueen MM: The role of physiotherapy and clinical predictors of outcome after fracture of the distal radius. *J Bone Joint Surg Br* 82: 972-976 (2000)
114. Walz M, Kolbow B, Auerbach F: Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen? *Unfallchirurg* 107: 664-670 (2004)
115. Watt CF, Taylor NF, Baskus K: Do Colles' fracture patients benefit from routine referral to physiotherapy following cast removal? *Arch Orthop Trauma Surg* 120: 413-415 (2000)
116. Wentzensen A, Leutfink D: External quality assurance exemplified by distal radius fractures. A pilot projects of legal accident insurance. *Z Arztl Fortbild Qualitatssich* 91: 484-485 (1997)
117. Wiemer P, Koster G, Felderhoff J, Weber U: Frakturen am distalen Radius. Wandel der therapeutischen Strategien. *Orthopade* 28: 846-852 (1999)
118. Wittemann M, Jung A, Hornung R, Germann G: Die sog. "kleine Handverletzung" und ihre sozioökonomischen Folgen. *Chirurg* 65: 1004-1007 (1994)
119. Zizic TM, Hoffman KC, Holt PA, Hungerford DS, O'Dell JR, Jacobs MA, Lewis CG, Deal CL, Caldwell JR, Cholewczynski JG: The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. *J Rheumatol* 22: 1757-1761 (1995)

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Florian Gebhard, Ordinarius für Unfall-, Hand- Plastische und Wiederherstellungschirurgie in Ulm, für die Überlassung des Themas und Unterstützung meiner Dissertation.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer PD Dr. Gert Krischak für die Hilfestellung und Mühen in jeder Phase dieser Arbeit bedanken. Seinem Einsatz bei der Arbeit mit den Patienten, der Auswertung der Daten und grafischen Darstellung, aber auch bei der theoretischen Arbeit und der Auseinandersetzung mit der Literatur verdanke ich diese Promotion. Ganz besonders schätze ich, dass ich zu jeder Zeit Gelegenheit und Möglichkeit bekam, bei Fragen und Schwierigkeiten sofortige wertvolle Unterstützung zu bekommen, die letztendlich das Gelingen dieser Arbeit erst ermöglicht hat. Dafür nochmals ganz herzlichen Dank!

Ich danke Herrn Florian Schneider, Leiter der Staatlichen Schule für Physiotherapie und Massage *UlmKolleg* für die Ausarbeitung und kritische Diskussionen der Nachbehandlungsprogramme. Seine Ausführungen waren für die Studie ein wichtiger Bestandteil und haben zum Gelingen dieser Arbeit wesentlich beigetragen.

Ganz besonders möchte ich den Schülern der Staatlichen Schule für Physiotherapie und Massage *UlmKolleg* für die Ausarbeitung und bildliche Darstellungen des Heimtrainingsprogramms danken, die sich vor allem in den Instruktionen der einzelnen Übungen sehr viele wertvolle Mühen gemacht haben.

Allen an dieser Stelle nochmals ein recht herzliches Dankeschön!