

Aus der Klinik für Chirurgie, Abteilung Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
der Universität Rostock

Direktor: Univ.- Prof. Dr. T. Mittlmeier

Vergleich zweier Standardverfahren zur Behandlung der distalen Radiusfraktur
Hat der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe Vorteile gegenüber der
winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese?
Eine prospektiv randomisierte Studie

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
der Medizinischen Fakultät der
Universität Rostock

vorgelegt von
Martina Wendt,
aus Rostock

Rostock, den 28.03.2011

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
Rostock

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. E. Reisinger

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Georg Gradl; Chirurgische Universitätsklinik Rostock,
Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
2. Gutachter: PD Dr. med. Ralf Skripitz; Orthopädische Universitätsklinik Rostock
3. Gutachter: Prof. Dr. med. Axel Ekkernkamp; Unfallkrankenhaus Berlin

Tag der mündlichen Prüfung: 02.11.2011

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung und Hintergrund	1
1.1	Entstehung und Häufigkeit distaler Radiusfrakturen	1
1.2	Einteilung der Frakturen; AO-Klassifikation	2
1.3	Begleitverletzungen und Folgeschäden	4
1.3.1	Nervenverletzungen	4
1.3.2	Sehnenverletzungen	5
1.3.3	Algodystrophie Sudeck	5
1.3.4	Posttraumatische Arthrose	6
1.4	Behandlung distaler Radiusfrakturen	6
1.4.1	Konservative Therapie	8
1.4.2	Operative Therapie	8
1.4.2.1	Perkutane Spickung mit Kirschner-Drähten	9
1.4.2.2	Fixateur externe	9
1.4.2.3	Offene Reposition und interne Fixation (ORIF)	10
1.5	Bedeutung der Osteoporose bei der Entstehung und Behandlung distaler Radiusfrakturen	11
2.	Fragestellung	12
3.	Patienten und Methoden	13
3.1.	Patienten	13
3.2	OP-Technik	14

3.3	Implantatentfernung	16
3.4	Datenerfassung/Nachuntersuchung	17
3.5	Statistische Auswertung	20
4.	Ergebnisse	21
4.1	Verteilung nach Frakturtyp, Alter, Geschlecht und Händigkeit	21
4.2	Klinische Resultate	23
4.2.1	Operative Daten	23
4.2.2	SF-36	26
4.2.3	Klinische Ergebnisse 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ	27
4.3	Radiologische Auswertung	35
4.4	Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte	39
4.5	Komplikationen	52
5	Diskussion	55
6	Zusammenfassung	62
7	Abbildungsverzeichnis	64
8	Tabellenverzeichnis	66
9	Literaturverzeichnis	67
10	Patienteninformation und Patienteneinwilligung	75
11	Thesen	82
12	Erklärung	85

1. Einleitung

Die distale Radiusfraktur gehört mit 10–25 % zu den häufigsten Frakturen des Menschen [3; 6; 13; 48; 63]. In der Altersverteilung sind zwei Häufigkeitsgipfel erkennbar: zum einen bei 6-10 jährigen Kindern, zum anderen bei 60-69 jährigen Menschen [3]. Die meisten Patienten mit distalen Radiusfrakturen sind postmenopausale Frauen mit mehr oder minder ausgeprägter Osteoporose [6]. Da sich die Altersstruktur der Bevölkerung weiterhin nach oben verändert, ist eine deutliche Zunahme geriotraumatischer Patienten, und somit auch distaler Radiusfrakturen, in Zukunft zu erwarten [61; 63].

Bei geriatrischen Patienten wurde sich bisher auch mit weniger guten anatomischen und funktionellen Ergebnissen zufrieden gegeben und eine operative Therapie wurde eher zurückhaltend angewandt [79]. Hingegen ist das Streben nach optimalen anatomischen und funktionellen Ergebnissen bei jüngeren Patienten selbstverständlich [79]. Dies ist heute jedoch keinesfalls mehr gerechtfertigt, denn durch eine gute und krafterhaltende Funktion der Hand bessert sich die Lebensqualität gerade der älteren Patienten erheblich [61; 79; 86]. Die Patienten profitieren bei alltäglichen Verrichtungen (Körperpflege, Essen, Hausarbeit, etc.) von der Gebrauchsfähigkeit der Hand und können sich ihre Selbständigkeit und Unabhängigkeit bewahren [65].

Die Behandlung distaler Radiusfrakturen erfolgt konservativ oder operativ. Die Wahl der Therapie richtet sich nach der Art der Fraktur. Nicht oder gering dislozierte Frakturen sind eine Domäne der konservativen Behandlung mit Ruhigstellung im Gipsverband [24; 109]. Instabile und/oder dislozierte Frakturen hingegen bedürfen der operativen Therapie [12; 47], denn die wichtigste Voraussetzung für ein optimales funktionelles Ergebnis und Vermeidung von Spät-Komplikationen ist die Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse (radiale Länge, Gelenkflächen, Gelenkachsen) [19; 23; 28; 34; 45; 56; 57; 63; 65; 75; 97].

Für die operative Behandlung stehen verschiedene Verfahren und Implantate zur Verfügung, wobei für die Wahl des Verfahrens vor allem die Art der Fraktur und die Knochenqualität eine große Rolle spielen [72].

Ziel jeder Therapie distaler Radiusfrakturen ist die Wiederherstellung der ursprünglichen Funktion und Kraft der Hand und des Handgelenkes, sodass die Patienten keine bleibenden Einschränkungen oder Beschwerden davontragen

1.1 Entstehung und Häufigkeit distaler Radiusfrakturen

Bei einem Sechstel aller Frakturen in der Notaufnahme handelt es sich um distale Radiusfrakturen [48]. Die Inzidenz beträgt 2-3 pro 1000 Einwohner und Jahr [74].

Ursächlich ist in den meisten Fällen ein Sturz auf den ausgestreckten Arm [73], weiterhin sind Sport- und Verkehrsunfälle sowie ein Sturz aus großer Höhe Ursachen einer distalen Radiusfraktur [77]. Etwa 90 % der Radiusfrakturen sind Extensionsfrakturen, 10 % Flexionsfrakturen [6; 12].

Klinisch leiden die Patienten unter einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung und Schwellung des Handgelenkes. Bei Extensionsfrakturen ist eine Bajonettstellung des Unterarmes und der Hand typisch.

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Bruchformen und Begleitverletzungen: Größe und Richtung der einwirkenden Kraft sowie der individuelle Bau und die Festigkeit des Knochens [61]. Zum Beispiel sind Radiusfrakturen bei älteren Frauen wesentlich öfter disloziert als bei jungen Frauen, aufgrund der postmenopausal abnehmenden Knochendichte [8].

1.2. Einteilung der Frakturen; AO-Klassifikation

Es gibt viele Klassifikationen, die distale Radiusfrakturen einteilen, wie z.B. die Klassifikationen nach Frykman und Castaing [17; 33].

Die am meisten detaillierte und am häufigsten gebräuchliche ist die AO-Klassifikation, für den distalen Unterarm AO-23 [70]. Die AO-Klassifikation teilt die distalen Unterarmfrakturen in 3 Typen, 9 Untergruppen und 27 Subgruppen ein. Die 3 Typen werden gebildet durch Frakturen ohne Beteiligung der Gelenkfläche (A), Frakturen mit partieller Gelenkbeteiligung (B) und Gelenkfrakturen (C). Die Untergruppen und Subgruppen beziehen sich auf die weiteren Merkmale der Fraktur, wie z.B. Dislokation, Frakturverlauf und die Trümmerzone. Die Klassifikation ist in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

Tabelle 1. Frakturklassifikation AO-23 (distaler Unterarm) [70]

Typ A: Frakturen mit intakter radiokarpaler Gelenkfläche
<i>Gruppe A 1: Isolierte distale Ulnafrakturen</i>
Untergruppe A 1.1: Proc.-styloideus-ulnae-Abriß
Untergruppe A 1.2: einfache metaphysäre Ulnafraktur
Untergruppe A 1.3: metaphysäre Ulnamehrfragmentfraktur
<i>Gruppe A 2: Einfache und impaktierte extraartikuläre Radiusfrakturen</i>
Untergruppe A 2.1: eingestaucht ohne Achsenknick
Untergruppe A 2.2: disloziert mit Achsenknick nach dorsal
Untergruppe A 2.3: disloziert mit Achsenknick nach palmar
<i>Gruppe A 3: Extraarticuläre Fraktur mit metaphysärer Trümmerzone</i>
Untergruppe A 3.1: mit Verkürzung ohne Achsenknick

Untergruppe A 3.2: mit Achsenknick nach dorsal oder palmar und entsprechender dorsaler oder palmarer Trümmerzone
Untergruppe A 3.3: unabhängig von der Achse mit ausgedehnter palmarer und dorsaler Trümmerzone
Typ B: Partielle Gelenkfraktur des Radius
<i>Gruppe B 1: Partielle Fraktur der Radiusgelenkfläche in sagittaler Richtung</i>
Untergruppe B 1.1: einfacher lateraler Frakturverlauf
Untergruppe B 1.2: lateraler Mehrfragmentbruch
Untergruppe B 1.3: ulnares Kantenfragment
<i>Gruppe B 2: Frontaler Frakturverlauf bei dorsalem Fragment</i>
Untergruppe B 2.1: einfacher dorsaler Kantenabriß
Untergruppe B 2.2: Kantenfragment in sich frakturiert
Untergruppe B 2.3: dorsale Randfraktur mit Luxation des Carpus
<i>Gruppe B 3: Frontaler Frakturverlauf mit palmarem Fragment</i>
Untergruppe B 3.1: einfach frakturiert mit kleinem Fragment
Untergruppe B 3.2: einfach frakturiert mit großem Fragment
Untergruppe B 3.3: mehrfach frakturiert
Typ C: Intraartikuläre Fraktur und metaphysäre Fraktur
<i>Gruppe C 1: Einfache Fraktur der Gelenkfläche und einfache Fraktur der Metaphyse</i>
Untergruppe C 1.1: dorso-ulnares Kantenfragment , Epiphyse sonst intakt
Untergruppe C 1.2: sagittaler intraartikulärer Frakturverlauf
Untergruppe C 1.3: frontaler intraartikulärer Frakturverlauf
<i>Gruppe C 2: Einfache intraartikuläre Fraktur und metaphysäre Mehrfragmentfraktur</i>
Untergruppe C 2.1: sagittaler intraartikulärer Verlauf
Untergruppe C 2.2: frontaler intraartikulärer Verlauf
Untergruppe C 2.3: metaphysäre Trümmerzone reicht bis in Diaphyse, unabhängig vom intraartikulären Frakturverlauf
<i>Gruppe C 3: Mehrfragmentfraktur der Gelenkfläche</i>
Untergruppe C 3.1: kombiniert mit einfacher metaphysärer Fraktur
Untergruppe C 3.2: kombiniert mit metaphysärer Mehrfragmentfraktur
Untergruppe C 3.3: kombiniert mit metaphysärer Mehrfragmentfraktur bis in Diaphyse

Tabelle 2. Subgruppen der Untergruppen A 2, A 3, B 1-B 3, C 1-C 3 [70]

1: Fraktur des Proc. styloideus ulnae
2: Einfache subcapitale Ulnafraktur
3: Mehrfragmentfraktur des Ulnahalses
4: Köpfchenfraktur der Ulna
5: Subcapitale Fraktur der Ulna kombiniert mit Fraktur des Ulnaköpfchens
6: Ulnafraktur proximal des Halses

1.3 Begleitverletzungen und Folgeschäden

Typische Begleitverletzungen distaler Radiusfrakturen sind die Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae oder seltener eine zusätzliche distale Ulnafraktur [61]. Weiterhin kann es zur Ruptur des ulnaren Seitenbandes, Sprengung distaler Bandverbindungen, ossären und/oder ligamentären Verletzungen des Karpus sowie zur Schädigung des triangulären fibrocartilaginären Komplexes kommen [61]. Wie bei jeder anderen Fraktur besteht das Risiko von Nerven-, Gefäß- und Muskel-/Sehnenverletzungen.

Folgeschäden und Spätkomplikationen beinhalten Steifheit der Finger, Ausheilung in Fehlstellung (radiale Verkürzung, unzureichende Wiederherstellung der Gelenkflächen und Gelenkachsen) mit bleibendem Funktionsverlust bis hin zur Versteifung des Handgelenkes, Kraftverlust der Hand, posttraumatischer Arthrose und anhaltenden Schmerzen [23; 57].

1.3.1 Nervenverletzungen

Das Trauma, die anschließende Weichteilschwellung oder auch die operative Therapie können zu Nervenläsionen im Bereich des Handgelenkes und der Hand führen.

Das posttraumatische Carpal tunnel syndrome (CTS) ist mit 1-20 % eine der häufigsten Komplikationen der Colles-Frakturen [22; 83]. Bei einem Hyperextensionstrauma wird der N. medianus überdehnt. Allein diese Überdehnung kann zur typischen Carpal tunnel symptomatik führen. Oftmals tritt aber zusätzlich ein Druckanstieg im Carpalkanal durch Frakturfragmente, Einblutung und Ödem auf, wenn eine Verbindung zur Fraktur besteht [58; 76; 83].

Die vorübergehende Form des CTS steht nicht im Zusammenhang mit dem Frakturtyp, Dislokationsausmaß und Repositionserfolg. Die persistierende Symptomatik hingegen ist mit einer Fehlstellung assoziiert [58].

Zur Läsion des N. ulnaris können eine Fragmentverschiebung nach medial des Radius oder ein nach palmar disloziertes Ulnaköpfchen führen. Nach Reposition treten meist keine Symptome mehr auf [33].

Der Ramus superficialis des N. radialis verzweigt sich im distalen Unterarmbereich in 2-3 Äste [74]. Verletzungsgefahren des sehr empfindlichen sensiblen Astes bestehen bei dem Einbringen von Pins des Fixateur externe sowie der K-Draht-Spickung im Bereich des Processus styloideus radii [83]. Dies lässt sich vermeiden, indem man beim Einstechen der K-Drähte eine dicke Hautfalte abhebt, in die dann die Drähte gefahrlos eingestochen werden können [83].

1.3.2 Sehnenverletzungen

Sehnenrupturen sind zumeist durch knöcherne Irregularitäten (Knochenspitzen, Kallusbildung und Stufen) bedingt [57]. Ebenso kann eine posttraumatische Ischämie zur Schädigung der Sehne führen oder es erfolgt eine Reizung durch Implantate [26]. Betroffen ist am häufigsten die Sehne des M. extensor pollicis longus [57; 84].

Eine Spontanruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus tritt mit einer Häufigkeit von 0,2- 0,7 % überwiegend bei gering oder nicht dislozierten Radiusfrakturen auf [33]. Bei dislozierten Frakturen ist ein Ausweichen der Sehne durch Riß des Retinaculum extensorum möglich [42]. Als Ursache der Ruptur wird eine Nekrose der Sehne infolge einer gestörten Blutversorgung durch Einblutung und Ödem im Strecksehnenfach vermutet, da die Prädilektionsstelle distal des 3. Strecksehnenfaches liegt, wo die Sehne den geringsten Querschnitt hat und die schlechteste Vaskularisation besteht [83]. Die Ruptur ist schleichend und tritt 4-6 Wochen und bis zu 20 Jahre nach dem ursächlichen Trauma auf [83]. Therapie ist die Extensor-Indicis-Plastik [75; 83]. Ebenso führen häufig dorsale Implantate (Platten) zu Strecksehnenirritationen und –rupturen durch die schlechte Weichteildeckung in dem Bereich [49; 51; 91].

Die Sehnenruptur des M. flexor pollicis longus ist hauptsächlich eine Komplikation der offenen Reposition und internen Fixation (ORIF) [81]. Palmare Implantate können zu Reizungen und Schädigungen der Sehne führen [81]. Therapie ist die Palmaris-Plastik [81].

1.3.3 Complex regional pain syndrome (CRPS)

Beim Complex Regional Pain Syndrome werden zwei Formen unterschieden. Das CRPS Typ I tritt nach einem Trauma ohne Nervenverletzung auf, das CRPS Typ II steht im Zusammenhang mit einer Nervenverletzung (Kausalgie). Dieses Krankheitsbild tritt infolge schmerzhafter Ereignisse des Vorderarmes, wie zum Beispiel Frakturen, Distorsionen und operativer Eingriffe, auf [10; 11].

Das Complex Regional Pain Syndrome Type I (Reflexdystrophie; Morbus Sudeck) ist eine typische Komplikation distaler Radiusfrakturen [38]. Die Symptome sind vielfältig und bilden sich distal an der betroffenen Extremität aus [10; 11]. Dazu zählen Störungen der Sensorik (Hyperalgesie, Allodynie), autonome Störungen (distal generalisiertes Ödem, veränderte Durchblutung, Trophik) und motorische Defizite (veränderte Beweglichkeit, Kraftverlust, Tremor) [10; 11].

Die Therapie besteht aus physikalischen Maßnahmen (Ergotherapie und Krankengymnastik) und konsequenter Analgesie [100]. Weiterhin werden Sympathikusblockaden erfolgreich bei sympathisch unterhaltenem Schmerzsyndrom

eingesetzt [93; 102]. Knochenab- und Umbauvorgänge durch eine erhöhte Osteoklastenaktivität sollen durch Calcitonin und Bisphosphonate reduziert werden [55; 94].

1.3.4 Posttraumatische Arthrose

Die posttraumatische Arthrose äußert sich durch Bewegungseinschränkung im Handgelenk und Kräfteinbuße der Hand [22; 103]. Die Hauptursache einer sekundären Arthrose sind nicht-anatomische Gelenkverhältnisse [22; 48; 57]. Durch mehrere Studien scheint gesichert, dass Inkongruenzen der Gelenkfläche ab 2 mm im Radiokarpalgelenk mit einem erhöhten Risiko der sekundären Arthrose verbunden sind [27; 57; 103]. Ebenso soll eine radiale Verkürzung von mehr als 5 mm begünstigend wirken [27; 57].

1.4 Behandlung distaler Radiusfrakturen

Ziel der Behandlung distaler Radiusfrakturen ist die Wiederherstellung der ursprünglichen Gelenkfunktion und Kraft ohne bleibende Beeinträchtigungen. Die wichtigste Voraussetzung dafür ist die Wiederherstellung der anatomischen Gelenkverhältnisse und die Rekonstruktion der Gelenkflächen [28; 34; 45; 48; 56; 57; 63; 65; 75; 97; 99]. Bleibende Fehlstellung und/oder Inkongruenz der Gelenkfläche führen zu Funktionseinschränkungen, Instabilität, Kraftverlust, Schmerzen und sekundärer Arthrose [47; 57; 103; 104]. Daher sind die wichtigsten Faktoren bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen die Wiederherstellung der radialen Länge, sowie die Rekonstruktion der radiokarpalen und radioulnaren Gelenkflächen mit den physiologischen Winkeln [52; 79]. Die durchschnittliche radiale Länge beträgt 11 bis 12 mm [34]. Bestimmt wird die Länge, indem zur Radiuslängsachse eine Senkrechte durch die Spitze des Processus styloideus radii gelegt wird, und eine Senkrechte durch den ulnaren Begrenzungspunkt der Radiusgelenkfläche [34] Abb.1. Der Radiusbasiswinkel beträgt im Normalfall 25°. Eine Gerade, die die Begrenzungspunkte des Processus styloideus und der Radiusgelenkfläche ulnarseitig verbindet wird dabei zur Senkrechten zur Radiuschaftlängsachse gemessen [34] Abb.2. Im seitlichen Strahlengang wird der Palmarwinkel durch die Verbindung der dorsalen und palmaren Begrenzungspunkte der Radiusgelenkfläche und deren Winkel zur Radiuschaftlängsachse gebildet. Physiologisch beträgt der Winkel 11 bis 12° [34] Abb.3.

Abbildung 1. Bestimmung der radialen Länge [34]

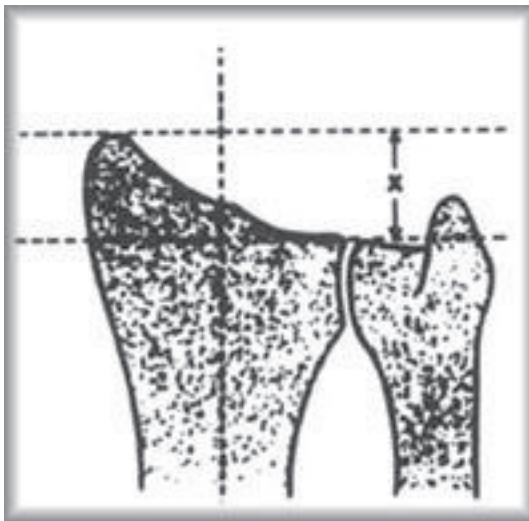


Abbildung 2. Bestimmung des Radiusbasiswinkels [34]

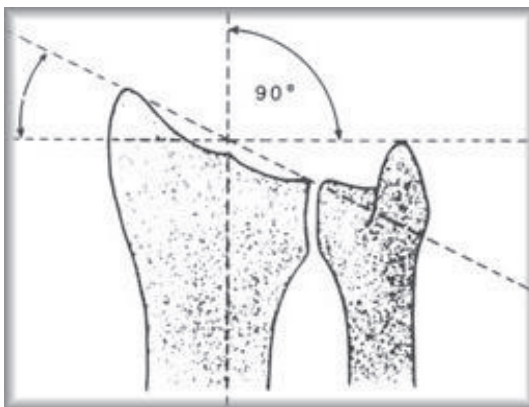
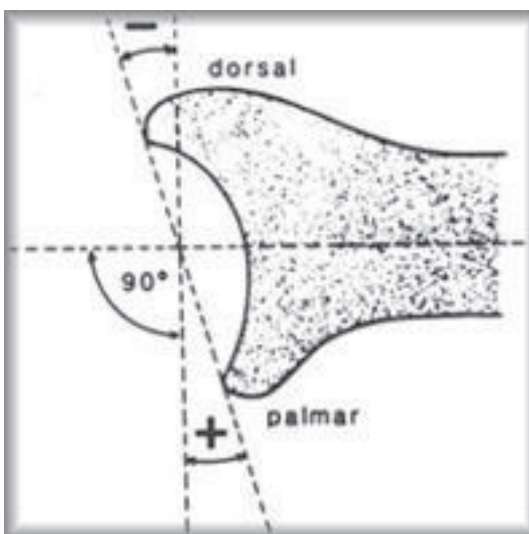


Abbildung 3. Bestimmung des Palmarwinkels [34]



1.4.1 Konservative Behandlung

In den letzten Jahren hat sich die Einstellung zur konservativen Behandlung distaler Radiusfrakturen einem deutlichen Wandel unterzogen [18; 75; 96]. Aufgrund vieler unbefriedigender funktioneller und radiologischer Ergebnisse, ist die Indikation heutzutage eingegrenzter [9; 75]. Konservativ werden Radiusfrakturen ohne oder mit nur geringer Dislokation, die stabil sind, behandelt [9; 21; 34; 96]. Ebenso eingestauchte Frakturen ohne Dislokation und reponierte Frakturen ohne Redislokationstendenz [9; 96]. Laut AO-Klassifikation sind dies Frakturen mit geringer Dislokation der Klassen A2, B1 und auch C1 [24; 79; 109].

Nachteil der konservativen Behandlung ist die 4 bis 6 wöchige Immobilisierung des Handgelenkes, die eine erhöhte Steifheit der Finger und des Handgelenkes zur Folge haben kann [9].

1.4.2 Operative Therapie

Dislozierte, instabile Frakturen bedürfen der operativen Therapie [109]. Auch nach erfolgreicher Reposition neigt ein Großteil der Frakturen in den ersten zwei Wochen nach dem Trauma zur sekundären Dislokation [98]. Die Wahrscheinlichkeit des Repositionsverlustes steigt mit dem Grad der initialen Fehlstellung und der Komplexität der Fraktur [1]. Gerade bei älteren Patienten besteht eine Dislokationshäufigkeit von 65-75 % bei Mehrfragmentfrakturen gegenüber 35 % bei einfachen Frakturen [54].

Instabilitätskriterien distaler Radiusfrakturen sind [12; 80]:

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

Sind mindestens 2 der Kriterien nachweisbar, wird eine operative Therapie empfohlen [12; 80].

Zusammengefaßt besteht eine Indikation zur operativen Therapie, wenn ohne Eingriff eine anatomiegerechte Reposition nicht erreicht bzw. gehalten werden kann [96]. Für die operative Therapie steht eine Vielzahl von Verfahren und Implantaten zur Auswahl. Die Wahl des Therapieverfahrens wird durch den Frakturtyp und die Knochenqualität,

aber auch durch das Alter des Patienten und die Beanspruchung der betroffenen Hand beeinflusst [72]. Die operativen Methoden lassen sich in geschlossene (perkutane K-Draht-Spickung und Fixateur externe) und offene (interne Osteosynthese) Verfahren unterteilen.

1.4.2.1 Perkutane Spickung mit Kirschner-Drähten

Die minimal-invasive K-Draht-Spickung ist eine ambulant durchführbare, relativ risikoarme Methode zur Frakturstabilisierung [61]. Die Indikation besteht bei Frakturen der Klassen A2, A3 und C1, ggf. auch B1 [61]. In Kombination mit einem zirkulären Gips für 4-6 Wochen wird eine deutlich höhere Stabilität erreicht als im Gipsverband allein, und im Vergleich zum Fixateur externe und der offenen Reposition und internen Osteosynthese (ORIF) ist die Komplikationsrate geringer [50; 61]. Die Frakturfragmente sind jedoch mitunter geschlossen nur schwer zu reponieren und instabile Frakturen werden bei schlechter Knochensubstanz nicht ausreichend fixiert [25]. Bei Weichteilschädigungen, die einer zirkulären Gipsanlage entgegenstehen oder komplexen Frakturen mit mehr als zwei Fragmenten ist dieses Verfahren nicht geeignet [47]. Weiterhin besteht die Notwendigkeit einer zweiten, ebenfalls ambulant durchführbaren, Operation zur Entfernung der Drähte [19].

1.4.2.2 Fixateur externe

Die Anlage eines Fixateur externe ist ebenfalls ein minimal-invasives Verfahren. Durch Zug am Bandapparat erfolgt dabei eine Reposition der Fragmente (Ligamentotaxis) [61; 107]. Der Fixateur externe stützt instabile Frakturen und beugt Repositionsverlusten vor [61]. Die Behandlung kann, entsprechend der Fraktur und der Anzahl der Fragmente, in Kombination mit K-Drähten erfolgen [21; 82]. Es werden sowohl Fixateure eingesetzt, die das Handgelenk überbrücken und somit ruhigstellen, als auch Fixateure, die die Bewegung im Handgelenk ermöglichen.

Der gelenküberbrückende Fixateur externe wird vor allem bei C2 und C3-Frakturen eingesetzt, sowie bei A3-Frakturen mit deutlicher Trümmerzone und Verkürzung [9; 63; 82; 96]. Das Repositionsergebnis wird gestützt und Kompressionskräfte um das Handgelenk neutralisiert [88]. Die Versorgung mit einem gelenküberbrückenden Fixateur externe erfolgt bei Gelenkfrakturen mit spongiösen Defekten, offenen Frakturen und ausgedehnten Weichteilschäden [47; 97]. Der Nachteil dieser Methode besteht in der Immobilisation des Handgelenkes, die mit einer erhöhten Gefahr der Finger- und Gelenksteifheit verbunden ist [6; 22; 50; 97].

Um die Nachteile durch die Immobilisation des Handgelenkes zu verringern, wurden dynamische Fixateure entwickelt [6]. Aufgrund einer unphysiologischen Bewegungsachse mit erhöhter sekundärer Frakturdislokation und Schmerzen bei Bewegungen konnte sich dieses Verfahren nicht allgemein durchsetzen [29; 53].

Bei strenger Indikationsstellung (Frakturen mit ausreichend großem distalen Fragment zur Pin-Platzierung) wurden in Studien positive Ergebnisse mit einem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe beobachtet [30; 31; 32; 64; 78]. Die Anlage eines nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe erlaubt die frühe Mobilisierung und Gebrauchsfähigkeit der Hand, wodurch einer Verklebung des Kapsel-Band-Apparates vorgebeugt wird [6; 31]. Die Fraktur wird ausreichend stabilisiert [30; 32], und der Fixateur externe kann problemlos bis zur Konsolidierung in situ belassen werden [28; 112]. Eine Indikation stellen vor allem instabile, dislozierte Frakturen der AO-Klassen A3 und ggf. C1 und C2 dar [112].

An der Universitätsklinik Rostock wurde der radio-radiale Fixateur externe auf der Basis des kleinen Fixateur externe der AO entwickelt. Das Operationsverfahren wurde in einer ersten klinischen Studie bei 25 Patienten mit Frakturen des distalen Radius evaluiert und publiziert [37]. Die ersten Ergebnisse zeigten eine gute Handgelenksbeweglichkeit und Kraftentwicklung sowie ein niedriges Schmerzniveau in der frühen postoperativen Phase [37].

1.4.2.3 Offene Reposition und interne Fixation (ORIF)

Die offene Reposition und Plattenosteosynthese ermöglicht eine direkte Darstellung der Fraktur. Der operative Zugang und die Implantatsetzung erfolgen meist palmar [25; 61; 91]. Durch den direkten Kontakt mit dem distalen Frakturfragment wird eine gute Wiederherstellung der anatomischen Gelenkstellung ermöglicht [25; 66; 91; 95]. Der Einsatz winkelstabiler Implantate führt zu einer höheren primären Stabilität und beugt weitgehend einer sekundären Dislokation vor [95]. Das Konzept beruht hierbei auf einer winkelstabilen Aufhängung der Radiusmetaphyse [71]. Eine spongiöse Auffüllung der dorsalen Defektzone ist daher nicht mehr notwendig [86; 105]. Die übungsstabile Situation ermöglicht eine frühfunktionelle Nachbehandlung und rasche Wiedererlangung der Beweglichkeit und Kraft [25; 97]. Indiziert ist die ORIF bei instabilen Frakturen der Klassen A3, B2, B3 und C1-C2 [5; 25; 85].

Die dorsale Plattenosteosynthese wird seltener eingesetzt, da aufgrund schlechter Weichteildeckung und der Gefahr von Strecksehnenirritationen im Vergleich zur palmaren Versorgung eine erhöhte Komplikationsrate besteht [16; 25; 87; 91; 97].

1.5 Bedeutung der Osteoporose bei der Entstehung und Behandlung distaler Radiusfrakturen

Die distale Radiusfraktur ist die zweithäufigste der geriatrischen Frakturen [73]. Da mit steigendem Alter eine Verringerung der Knochendichte einhergeht, spielt bei der Behandlung älterer Patienten Osteoporose eine wichtige Rolle [60]. Osteoporose ist definiert als eine niedrige Knochenmasse mit einer mikroarchitektonischen Verschlechterung des Knochengewebes [107]. Studien zeigten zudem einen Zusammenhang zwischen der Knochendichte und dem Ausmaß der Frakturdislokation, der Bewegung im Handgelenk und der Kraft [43].

Aufgrund des Wandels der Altersstruktur der Bevölkerung, ist in Zukunft mit einer weiteren Zunahme geriatrischer Patienten zu rechnen [61; 63]. Somit gewinnt die Behandlung von Frakturen des osteoporotischen Knochens weiterhin an Bedeutung [63].

Bei der operativen Behandlung ist das Risiko der Implantatlockerung mit daraus resultierendem Repositionsverlust erhöht [40; 63]. Im Rahmen der konservativen Therapie tritt bei Patienten mit Osteoporose vermehrt eine sekundäre Dislokation im Vergleich zu Patienten mit normaler Knochendichte auf [46; 62]. Zudem besteht aufgrund der schlechteren Weichteilverhältnisse im Alter eine höhere Gefahr der Entwicklung von Druckulcera und schwellungsbedingter posttraumatischer Läsionen [63].

2. Fragestellung

Der radio-radiale nicht gelenküberbrückende Fixateur externe ist ein neues operatives Verfahren zur operativen Behandlung distaler Radiusfrakturen. Die Technik wurde auf Basis des kleinen Fixateur externe der AO an der Universitätsklinik Rostock entwickelt. Durch eine Modifikation des Ilizarovprinzips und den Einsatz multiplanarer K-Drähte sollte eine maximale Stabilität, vor allem bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung und schmalen distalen Fragment, erreicht werden.

In einer Pilotstudie an der Universitätsklinik Rostock wurde der radio-radiale Fixateur externe bei einer limitierten Anzahl von Patienten eingesetzt. Die Ergebnisse waren vielversprechend.

Derzeitiger Standard bei der operativen Therapie distaler Radiusfrakturen ist jedoch die offene Reposition und anatomiegerechte Osteosynthese mittels palmarer, winkelstabiler Platte. Hiermit wird eine sichere Retention und die postoperative Übungsstabilität erreicht.

In einer prospektiv randomisierten Studie an der Uniklinik Rostock wurden die operative Versorgung distaler Radiusfrakturen mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe und der winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese verglichen. Ziel dieser Studie war, den neuen Fixateur externe an einem großen Patientenkollektiv einzusetzen und dem Standardverfahren der palmaren Plattenosteosynthese gegenüberzustellen. Die Datenerhebung beinhaltete die klinischen und radiologischen Ergebnissen 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ, die Messung der Knochendichte, und die Erhebung der Lebensqualität durch den SF-36 Score.

Die Studie sollte zeigen, ob der Fixateur externe hinsichtlich klinischer und radiologischer Ergebnisse dem Standardverfahren der Plattenosteosynthese entspricht oder möglicherweise sogar Vorteile bietet.

Im Einzelnen ging die Studie folgenden Fragestellungen nach:

1. Kommt es nach Anlage eines nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe oder einer palmaren Plattenosteosynthese zu einer vollständigen und anatomiegerechten Frakturheilung?
2. Zeigt der Fixateur externe Vorteile bei der frühen Mobilität des Handgelenkes und der Langzeitfunktion?
3. Wird der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe von den Patienten gut toleriert oder kommt es zu Einschränkungen der Lebensqualität?
4. Besteht ausreichende Fixationsstabilität des Fixateur externe und der palmaren Platte bei Verminderung der Knochendichte bzw. Osteoporose?

3. Patienten und Methoden

3.1 Patienten

Vom 01.01.2004 bis 15.04.2005 wurden an der Universitätsklinik Rostock in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie 102 Patienten mit distaler Radiusfraktur in eine prospektiv randomisierte Untersuchung aufgenommen. Die Studie erfolgte mit positivem Votum der lokalen Ethikkommission. Eingeschlossen wurden alle Radiusextensionsfrakturen der AO-Klassifikation A3 und C1-C3. Patienten mit nicht oder gering dislozierten Frakturen wurden konservativ oder mit perkutaner K-Drahtspickung therapiert und nicht in diese Studie aufgenommen. Flexionsfrakturen und Frakturen anderer Klassifikation wurden ebenfalls aus der Studie ausgeschlossen, sowie Trümmerfrakturen, die ausschließlich durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe adäquat behandelbar waren. Weitere Ausschlusskriterien waren vor dem Unfall bestehende Verletzungen/Beschwerden der betroffenen Hand oder des Armes.

Alle Patienten wurden primär nach Aushängen im Mädchenfänger mit einer dorsalen Gipsschiene versorgt. Anschließend erfolgte die ausführliche Information und Aufklärung über die Studie. Es wurde jeweils eine Patienteninformation ausgehändigt und das schriftliche Einverständnis eingeholt [Anhang]. Nach dem Einverständnis wurden die Patienten randomisiert einem der operativen Verfahren zugeordnet. Die Randomisierung richtete sich nach dem Aufnahmedatum. Bei Aufnahme an einem geraden Tag, wurden die Patienten der Gruppe mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe zugeordnet, an einem ungeraden Tag der Gruppe der palmaren Plattenosteosynthese. Es folgte die Terminvergabe ca. 1 Woche nach dem Unfall zur operativen Versorgung und Erfassung aller Daten.

Insgesamt wurden 52 Patienten mit einer winkelstabilen Platte (2,4 mm Synthes®, Umkirch) und 50 Patienten mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe (AO kleiner Fixateur externe, Synthes®, Umkirch) versorgt.

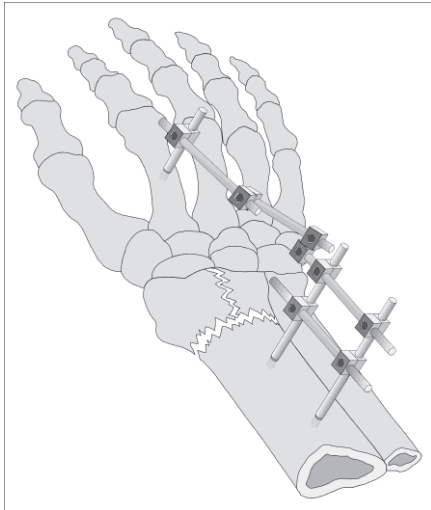
3.2 OP-Technik

Die operative Versorgung mit dem kleinen Fixateur externe wurde im Rahmen eines kurzen stationären Aufenthalts in Allgemein- oder Plexusanästhesie durchgeführt. Die Lagerung des betroffenen Armes erfolgte mit Blutsperre auf einem röntgendurchlässigen Armtisch. In den distalen Radiuschaft wurden nach Stichinzisionen und Vorbohren zwei 4,0 mm Schanzschrauben, sowie ins Metacarpale II präliminär eine 2,5 mm Schanzschraube eingebracht. Anschließend erfolgte die Reposition der Fraktur unter Zug, Flexion und Ulnarabduktion. Das Repositionsergebnis wurde unter Bildwandlerkontrolle überprüft und durch Fixieren des Fixateurs gehalten. Dann wurde eine zweite Ebene von Fixateurstangen unterhalb des bestehenden Fixateurs in Form eines Y eingebracht. Dadurch waren das Radiusstyloid und das radioulnare Kantenfragment erreichbar. Noch nicht ausreichend reponierte Frakturfragmente, insbesondere das radioulnare Fragment, wurden mit Kirschnerdrähten von dorsal erfasst, im Sinne eines „Joysticks“ eingepasst und in der gewünschten Position am Fixateur befestigt. Zwei weitere Kirschnerdrähte (1,8-2,0 mm) wurden vom Radiusstyloid die Fraktur kreuzend in der Kortikalis des proximalen Radiuschaftes verankert, umgebogen an der Austrittsstelle aus der Haut und mit dem Fixateur verbunden. Es konnte auch einer der Drähte gekürzt und unter dem Hautniveau versenkt werden. Bei intraartikulären Frakturen wurden zusätzlich ein bis zwei Kirschnerdrähte parallel zur Gelenkfläche vorgebohrt, wobei mindestens ein Kirschnerdraht im Bereich der palmaren Lippe der radialen Gelenkfläche lag. Durch Verbinden dieser Drähte mit dem Fixateur wurde eine semizirkuläre Anordnung der Drähte erreicht, um die Fraktur leicht verspannen zu können. Eine alleinige Verankerung der Drähte im distalen Fragment war ebenfalls möglich. Dadurch konnte eine Korrektur bei Repositionsverlust während der Übungsbehandlung ermöglicht werden. Abschließend wurde der gelenküberbrückende Anteil des Fixateurs entfernt, wodurch die freie Beweglichkeit im Handgelenk erreicht wurde. Zur Vermeidung von Sehnen- und Nervenläsionen erfolgte die Einbringung aller Schanzschrauben und Kirschnerdrähte nach Stichinzision und sorgfältiger Weichteildissektion. [Abb. 4]

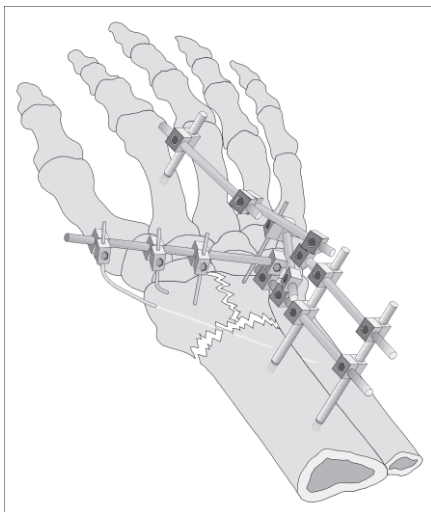
Den Patienten war es ab dem ersten postoperativen Tag möglich, Bewegungen im Handgelenk auszuführen. Sie wurden angehalten, dies ohne Einschränkung zu tun. Die Nachbehandlung (Pin-Pflege, Verbandswechsel) sowie Standardphysiotherapie bei 6 Wochen Übungsstabilität erfolgten ambulant. Der Fixateur und ggf. zusätzliche Kirschnerdrähte wurden ambulant nach 7 Wochen entfernt.

Abbildung 4. Operationstechnik des Fixateur externe

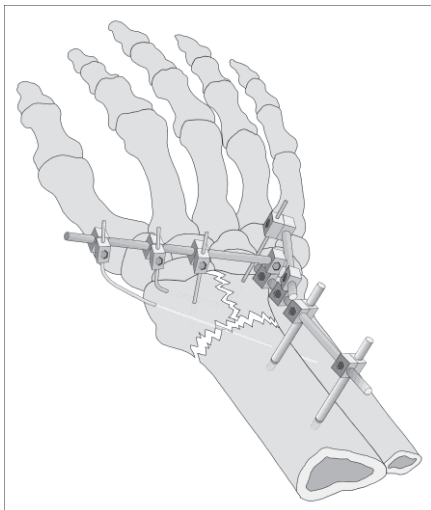
Schritt 1: Gelenküberbrückende Montage des Fixateur externe



Schritt 2: Einbringen von K-Drähten in die distalen Frakturfragmente und Verbindung



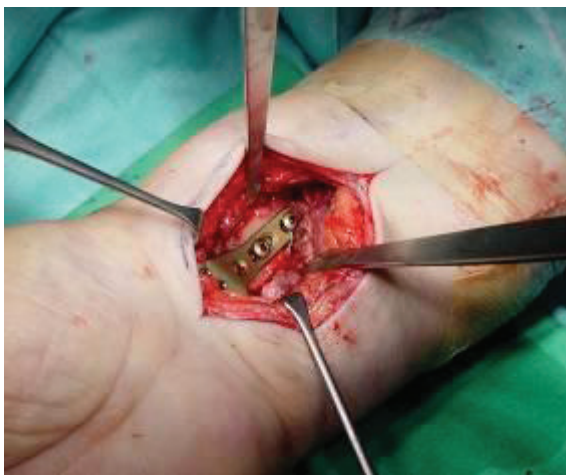
Schritt 3: Entfernung der gelenküberbrückenden Montage



Die offene Reposition und Osteosynthese mit der palmaren, winkelstabilen Platte wurde ebenfalls während eines kurzen stationären Aufenthalts durchgeführt. In Allgemein- oder Plexusanästhesie und Blutleere wurde der betroffene Arm auf einem röntgendurchlässigen Armtisch gelagert. Die Hauteröffnung erfolgte im Bereich des distalen Radius radial der Sehne des Musculus flexor carpi radialis. Anschließend wurde sorgfältig vorpräpariert bis auf den Musculus pronator quadratus, der dann durchtrennt wurde. Daraufhin erfolgten die Darstellung der Fraktur und das Säubern der Fraktur­ränder. Unter Bildwandlerkontrolle wurde die Fraktur reponiert und das Repositionsergebnis temporär mit Kirschnerdrähten fixiert. Dann wurde die winkelstabile Platte anmodelliert und winkelstabil mittels Schrauben im Radius fixiert. Nach nochmaliger Bildwandlerkontrolle wurde gründlich gespült. Daraufhin folgten Redondrainageeinlage, Subkutannaht und fortlaufende Hautnaht. Bis zum Abschluß der Wundheilung erhielten die Patienten eine Gipsschiene. Die Redondrainage wurde am 2. postoperativen Tag entfernt. Nachbehandlung und Standardphysiotherapie erfolgten ebenfalls ambulant.

Bei allen Patienten wurde am 1. postoperativen Tag eine Röntgenaufnahme des betroffenen Handgelenkes in 2 Ebenen angefertigt.

Abbildung 5. Operativer Zugang zur offenen Reposition und palmaren Plattenosteosynthese



3.3 Implantatentfernung

Der Fixateur externe und die Kirschnerdrähte wurden 7 Wochen postoperativ planmäßig ambulant entfernt.

Die Entfernung der palmaren Platte ist im Regelfall nicht vorgesehen worden.

3.4 Datenerfassung/Nachuntersuchung

Von allen Patienten in dieser Studie wurden Alter und Geschlecht, das Unfalldatum, die betroffene Hand, die Händigkeit und die AO-Klassifikation registriert. Weiterhin erfasst wurden die operativen Daten (OP-Datum, OP-Zeit, intraoperative Röntgenzeit) sowie die stationäre Aufenthaltsdauer.

Alle Patienten wurden angehalten, jeweils 1 Woche und 8 Wochen postoperativ den SF-36 zu beantworten. Der SF-36 ist ein standardisierter Fragebogen, der zur gesundheitsbezogenen Beurteilung der Lebensqualität dient [15]. Dabei werden 8 Kategorien beurteilt, wie zum Beispiel die Schmerzen und die körperliche Funktionsfähigkeit [Tab. 3].

Tabelle 3. SF-36 [15]

Konzepte	Item-Anzahl	Anzahl der Stufen	Beschreibung des Konzeptes
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten, wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
Körperliche Rollenfunktion	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten, oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluß der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im, als auch ausserhalb des Hauses
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschl. aktueller Gesundheitszustand, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
Vitalität	4	21	Sich energiegeladen und voller Schwung fühlen, versus müde und erschöpft
Soziale Funktionsfähigkeit	2	9	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion	3	4	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägl. Aktivitäten, beeinträchtigen - unter anderem weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit,

Wohlbefinden			einschl. Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gemüthsstimmung
Veränderung der Gesundheit	1	5	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Nach 8 Wochen, 6 Monaten und 1 Jahr erfolgten jeweils klinische Nachuntersuchungen. Die Untersuchung umfasste das Ausmessen der Funktion beider Handgelenke in sämtlichen Ebenen (Extension, Flexion, Pronation, Supination, Radialabduktion, Ulnarabduktion) mittels Goniometer, die Erhebung des Schmerzniveaus (VAS: Visuelle Analogskala; 0-10) in Ruhe und Bewegung sowie die Messung der Handkraft der betroffenen und der gesunden Hand mit einem Dynamometer.

Am 1. postoperativen Tag sowie 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ wurden Standardröntgenaufnahmen (posterior-anterior und seitlich) des betroffenen Handgelenkes angefertigt. Einmalig wurde zum Vergleich das gesunde Handgelenk geröntgt. Die Beurteilung erfolgte hinsichtlich der Durchbauung, Implantatlage und der Anatomie (radiale Länge, Palmarkippung, Stufen der Gelenkfläche). Die radiale Länge entspricht der Distanz zwischen der ulnaren Kante des distalen Radius und der distalen Gelenkfläche der Ulna. Dieser Wert wurde mit der Gegenseite verglichen und ein Unterschied als radiale Verkürzung registriert. Die Bestimmung der Palmarkippung erfolgte indem im seitlichen Röntgenbild die Lage der radialen Gelenkfläche in Bezug zur Achse des Radiuschaftes ausgemessen wurde.

Anhand dieser Daten und der subjektiven Einschätzung der Patienten wurde jeweils die derzeitigen klinischen, radiologischen und subjektiven Ergebnisse des Handgelenkes mit dem Gartland and Werley Score und dem Score nach Castaing bewertet [Tab. 4, 5].

Tabelle 4. Gartland and Werley Score [34]

Residual	Prominent ulnar styloid	1
Deformity	Residual dorsal tilt	2
	Radial deviation of hand	3-3
Subjective	Excellent: No pain, disability or limitation of motion	0
Evaluation	Good: Occasional pain, slight limitation of motion, no disability	2
	Fair: Occasional pain, some limitation of motion, feeling of weakness in wrist, no particular disability if careful, activities slightly restricted	4
	Poor: Pain, limitation of motion, disability, activities more or less markedly restricted	6
Objective	Loss of dorsiflexion (less than 45°)	5

Evaluation	Loss of ulnar deviation (less than 15°)	3
	Loss of supination (less than 50°)	2
	Loss of palmar flexion (less than 30°)	1
	Loss of radial deviation (less than 15°)	1
	Loss of circumduction	1
	Pain in distal radio-ulnar joint	1
Complications	Arthritis change	
	Minimal	1
	Minimal with pain	3
	Moderate	2
	Moderate with pain	4
	Severe	3
	Severe with pain	5
	Nerve complications (median)	1-3
	Poor finger function due to cast	1-3
Result	Excellent	0-2
	Good	3-8
	Fair	9-20
	Poor	>20

Tabelle 5. Score nach Castaing [17]

Subjektive Angaben	Perfekt	Keine Beschwerden	0
	Befriedigend	Alle Kraftgriffe möglich, selten Beschwerden	1
	Genügend	Alle Kraftgriffe möglich, oft Beschwerden bei Belastung	2
	Ordentlich	Gewisse Kraftgriffe unmöglich	4
	Ungenügend	Mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit eingeschränkt	6
	Schlecht	Mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit sehr reduziert	8
	Sehr schlecht	Unbrauchbare Hand	9
Funktion	Normal		0
	Dorsalflexion	Von 45–25°	1
		Von 25–15°	2
		Von 15–10°	3
	Palmarflexion	Weniger als 45°	1
	Ulnarabduktion	Von 30–15°	1
		Von 15–0°	2
	Radialabduktion	Eingeschränkt	1
	Pro-Supination	Zwischen 130–90°	1
		Unter 90°	2
Röntgenbild (1)	Normal		0
	Dorsalkippung	Von 5–10°	1
		Von 10-20°	2
		Über 20°	3
	Radialkipfung	Von 10-20°	1
		Über 20°	2
	Arthrosezeichen	+	1
		++	2

	Ulnarvorschub	Von 2–4 mm	1
		Über 4 mm	2
Resultat	0	Perfekt	
	1-5	Gut	
	6-11	Genügend	
	12-15	Mäßig	
	16-25	Schlecht	
	>25	sehr schlecht	
		(1): Bleibender Stellungsverlust im Vergleich zur Gegenseite	

Zudem wurde eine Knochendichtemessung des distalen Radius der nicht betroffenen Seite mittels peripherer Quantitativer Computertomographie (pQCT; Stratec XCT 900) zur Feststellung bzw. Bestimmung des Grades einer Osteoporose durchgeführt. Das valide Messverfahren bezieht sich auf die Spongiosadichte [91]. Eine trabekuläre Dichte $> 120 \text{ mgHA/cm}^3$ entspricht hierbei einer normalen Spongiosadichte. Werte zwischen 120 und 80 mgHA/cm^3 zeigen eine osteopenische Dichte auf. Bei einer trabekulären Dichte unterhalb 80 mgHA/cm^3 liegt eine osteoporotische Spongiosadichte vor [36]. Anhand der Dichtewerte wurden die Patienten den 3 Untergruppen (normale Knochendichte, Osteopenie, Osteoprose) zugeordnet.

3.5 Statistische Analyse

Die Erfassung der Daten erfolgte mit MS-Excel und die statistischen Berechnungen wurden mit dem Statistik- Programm SPSS (SPSS Inc., Version 13, Chicago, Illinois, USA) durchgeführt.

Das Patientenkollektiv wurde durch bestimmte Merkmale beschrieben. Zunächst wurde eine deskriptive Auswertung vorgenommen. Für quantitative Parameter wurden Mittelwerte, Standardabweichungen und der Standardfehler des Mittelwerts berechnet; für die Ausprägungen qualitativer Merkmale wurden absolute und relative (prozentuale) Häufigkeiten bestimmt. Zur Überprüfung, ob Merkmale normalverteilt sind, wurde der Kolmogoroff- Smirnof- Anpassungstest eingesetzt. Für den Vergleich von Merkmalen, für die die Hypothese der Normalverteilung nicht abgelehnt wurde, wurde der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet.

Wenn die Hypothese des Vorliegens einer Normalverteilung abgelehnt wurde, kam der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test zum Einsatz. Für alle Tests wurde ein Wert von $p \leq 0.05$ als signifikant angesehen.

Die statistische Auswertung erfolgte im Institut für Medizinische Informatik und Biometrie der Universität Rostock.

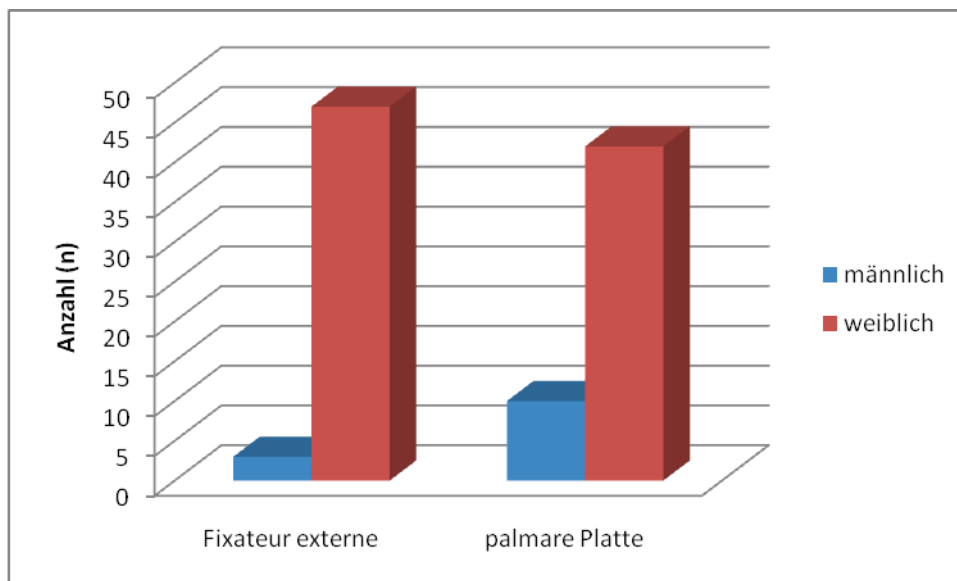
4. Ergebnisse

In die Studie wurden insgesamt 102 Patienten aufgenommen. Nachuntersuchungen erfolgten 8 Wochen postoperativ von 98 Patienten (96 %), nach 6 Monaten von 97 Patienten (95 %) und nach 1 Jahr von 92 Patienten (90 %). Die 10 Patienten, die nicht wieder erschienen, waren verstorben (n=2), umgezogen (n=3) oder antworteten nicht (n=5).

4.1 Verteilung nach Frakturtyp, Alter, Geschlecht und Händigkeit

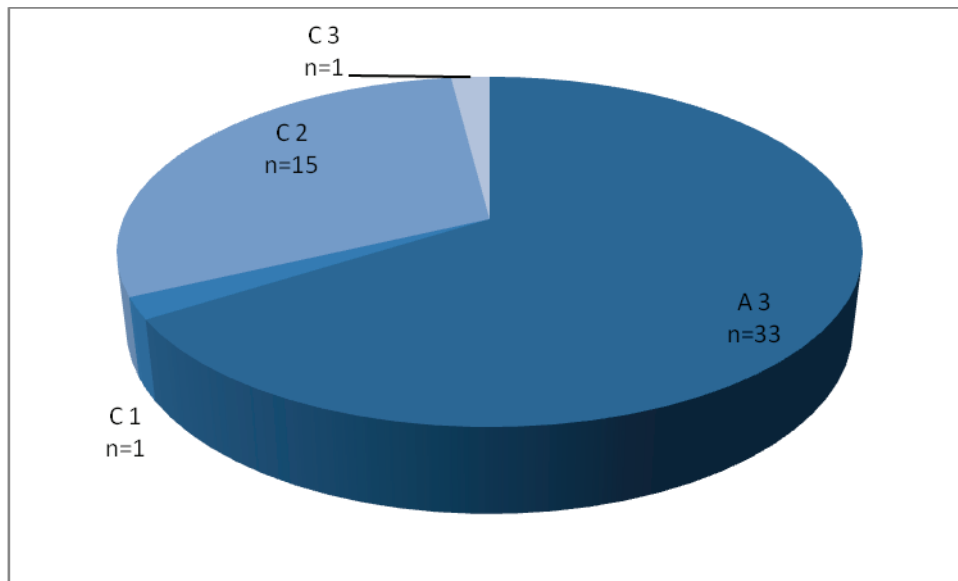
Die Studie erfasste 13 Männer und 89 Frauen. Das mittlere Alter in Jahren \pm SEM (SD) betrug $63,4 \pm 1,4$ (14,4) mit einer Spanne von 18 bis 88 Jahren. Es wurden 52 Patienten mit der palmaren Platte operativ versorgt und 50 Patienten erhielten den Fixateur externe worden. Bei 52 Patienten war die dominante, bei 50 die nicht dominante Hand betroffen. [Abbildung 6]

Abbildung 6. Verteilung der Patienten nach Operationstechnik und Geschlecht



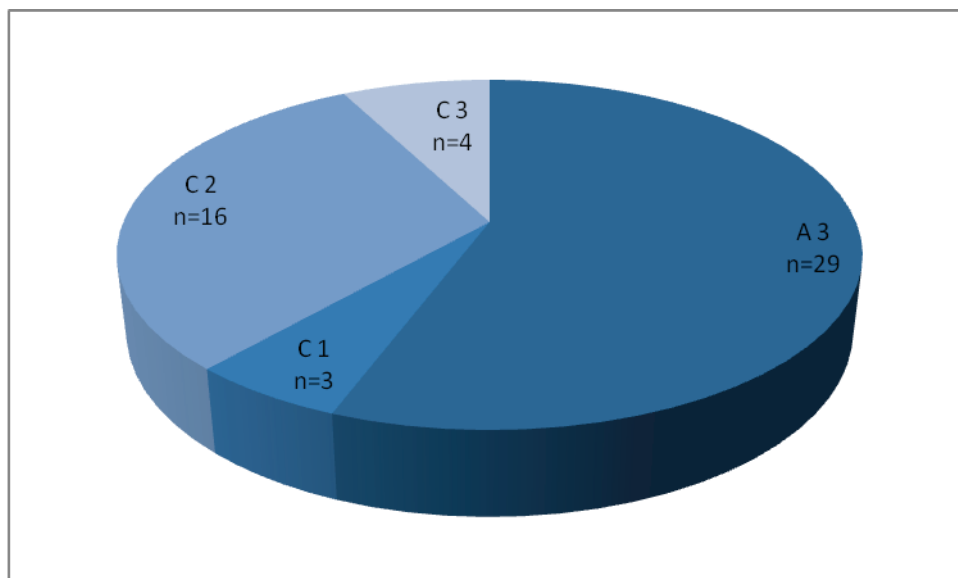
Das mittlere Alter in Jahren \pm SEM (SD) der Patienten mit dem Fixateur externe betrug $66,7 \pm 1,8$ (13,0). Von den 47 Frauen und 3 Männern war bei 19 Patienten die dominante Hand, bei 31 Patienten die nicht dominante Hand betroffen. Die Fraktуреinteilung zeigte 33 Frakturen ohne Gelenkbeteiligung und 17 Frakturen mit Beteiligung der Gelenkfläche. Die genaue Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation ist im Diagramm 7 dargestellt.

Abbildung 7. Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation. Fixateur externe



Die Patienten, die mit der palmaren Platte operativ versorgt wurden, waren im Mittel $60,1 \pm 2,1$ (15,0) Jahre alt. Es handelte sich um 42 Frauen und 10 Männer. Die dominante Hand war bei 33 Patienten, die nicht dominante Hand bei 19 Patienten verletzt. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung traten bei 29 Patienten auf, Gelenkfrakturen bei 23 Patienten. [Abbildung 8]

Abbildung 8. Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation. Palmare Plattenosteosynthese



4.2 Klinische Resultate

Die folgenden klinischen Ergebnisse schlossen durch Komplikationen oder Begleitumstände nicht verwertbare Daten aus. Das bedeutet, dass nur aussagekräftige Daten verglichen und ausgewertet wurden. Die veränderten funktionellen Ergebnisse und das Schmerzniveau von Patienten mit CRPS I wurden ebenso wie die Operationsdauer und intraoperative Durchleuchtungszeit bei Kombinationseingriffen nicht in die Gesamtauswertung aufgenommen. Verlängerte Zeiten des stationären Aufenthaltes aufgrund zusätzlicher Erkrankungen entfielen ebenfalls.

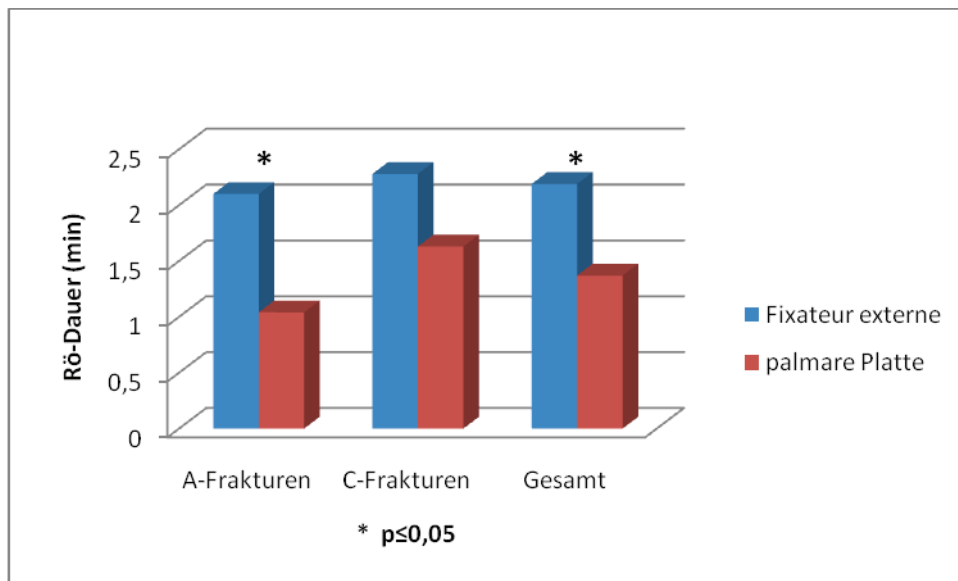
4.2.1. Operative Daten

Im Durchschnitt wurden die Patienten 7 Tage nach der Verletzung operiert (3-12 Tage). Zwei Patienten wurden aufgrund starker Dislokation bzw. einer zusätzlichen Metatarsale V-Fraktur in Fehlstellung sofort am Verletzungstag stationär aufgenommen und operativ versorgt. Bei einer Patientin mit erstgradig offener Fraktur erfolgte ebenfalls sofort die stationäre Aufnahme und es wurde eine primär gelenküberbrückende Montage des Fixateur externe gewählt. Das Gelenk wurde 4 Wochen postoperativ wieder freigegeben. Bei 3 Patienten kam es nach primär konservativer Behandlung im Gipsverband zur sekundären Dislokation, sodass die Operation 17, 21 bzw. 33 Tage nach der Verletzung stattfand. Eine Patientin stürzte im Ausland und wurde daher nach 22 Tagen definitiv versorgt, sowie ein Patient, aufgrund verspäteter Vorstellung, erst nach 14 Tagen.

Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zeigten sich zwischen beiden Verfahren hinsichtlich Dauer der Operation, intraoperativer Röntgendauer sowie der Hospitalisationszeit.

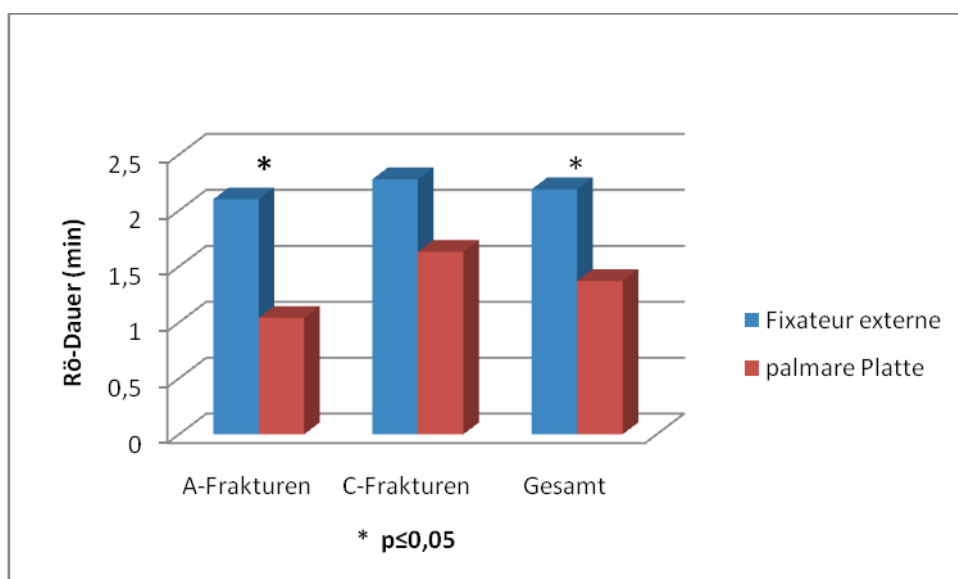
Die mittlere Operationsdauer war bei der Versorgung mit dem Fixateur externe deutlich geringer. Dies traf sowohl für die beiden Gruppen insgesamt zu, als auch für den Vergleich der Frakturen ohne und mit Gelenkbeteiligung. Die mittlere OP-Dauer in min \pm SEM (SD) betrug beim Fixateur externe $43,1 \pm 1,5$ (10,8) gegenüber $58,5 \pm 3,0$ (21,1) bei der ORIF und war somit signifikant kürzer ($p=0,001$). Bei den intraartikulären Frakturen war der Unterschied bei $47,1 \pm 2,4$ (9,9) min bei externer Fixation im Vergleich zu $61,1 \pm 5,1$ (24,29) min zwar groß, jedoch statistisch nicht signifikant ($p=0,05$). Die Gegenüberstellung der Frakturen ohne Gelenkbeteiligung ergab ebenfalls eine deutlich geringere OP-Zeit bei der Versorgung mit dem Fixateur externe. [Abbildung 9].

Abbildung 9. Mittlere Operationsdauer Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp



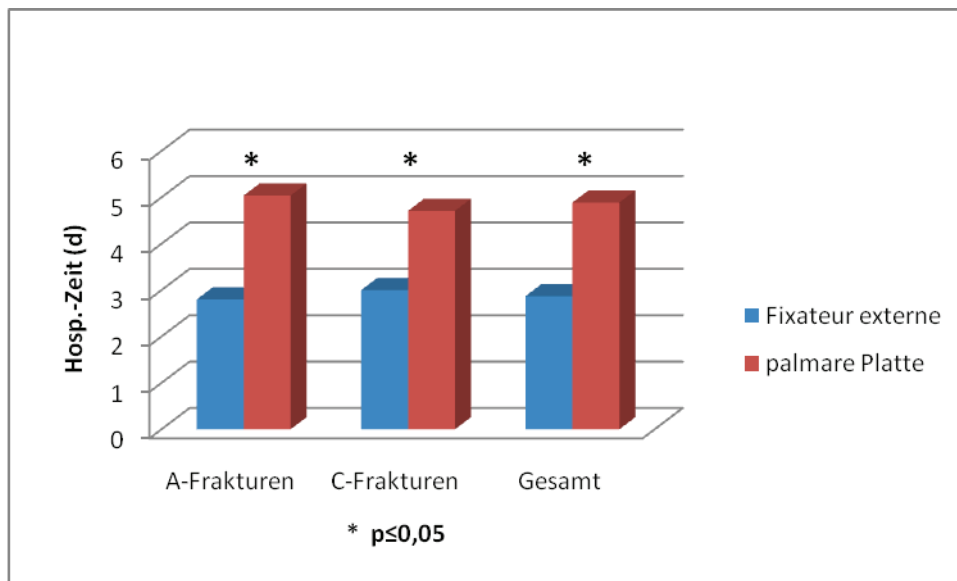
Hinsichtlich der intraoperativen Durchleuchtungszeit verhielt es sich dagegen umgekehrt. Hier zeigte sich eine kürzere Röntgendauer bei der Plattenosteosynthese. Im Gesamtkollektiv betrug die mittlere Durchleuchtungszeit in min \pm SEM (SD) $1,4 \pm 0,2$ (1,3) bei der ORIF und $2,2 \pm 0,2$ (1,1) Minuten bei der externen Fixation und war somit signifikant geringer ($p=0,004$). Die Unterteilung in extra- und intraartikuläre Frakturen ergab ähnliche Ergebnisse, bei den C-Frakturen jedoch ohne signifikanten Unterschied. [Abbildung 10]

Abbildung 10. Mittlere intraoperative Röntgendauer Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp



Die stationäre Aufenthaltsdauer war nach externer Fixation um ca. 2 Tage kürzer als nach ORIF. Im Mittel betrug die Hospitalisationszeit in $d \pm SEM$ (SD) bei den Patienten mit dem Fixateur externe $2,9 \pm 0,1$ (0,7) gegenüber $4,9 \pm 0,2$ (1,3) bei der Gruppe mit palmarer Platte. Sowohl bei den Gesamtgruppen als auch einzelnen Frakturtypen waren die Unterschiede signifikant. [Abbildung 11]

Abbildung 11. Mittlere Hospitalisationszeit Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp



Die einzelnen Ergebnisse sind detailliert in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6. Ergebnisse Operationsdauer, intraoperativer Röntgenzeit und Hospitalisationszeit

	Frakturtyp	Fixateur externe	Palmare Platte	Sign. (p)
OP-Dauer (min)	A	$40,94 \pm 1,93$ (10,94)	$56,32 \pm 3,46$ (18,33)	0,001
	C	$47,06 \pm 2,41$ (9,94)	$61,13 \pm 5,07$ (24,29)	0,053
	Gesamt	$43,1 \pm 1,53$ (10,8)	$58,49 \pm 2,96$ (21,14)	0,001
Rö-Dauer (min)	A	$2,1 \pm 0,23$ (1,15)	$1,04 \pm 0,21$ (0,85)	0,002
	C	$2,28 \pm 0,33$ (1,18)	$1,63 \pm 0,34$ (1,51)	0,2
	Gesamt	$2,19 \pm 0,18$ (1,14)	$1,37 \pm 0,21$ (1,28)	0,004
Hosp.Zeit (d)	A	$2,8 \pm 0,12$ (0,66)	$5,04 \pm 0,3$ (1,46)	0,001
	C	$3,00 \pm 0,18$ (0,73)	$4,71 \pm 0,24$ (1,1)	0,001
	Gesamt	$2,87 \pm 0,1$ (0,68)	$4,89 \pm 0,19$ (1,3)	0,001

Mittelwert \pm SEM (SD)

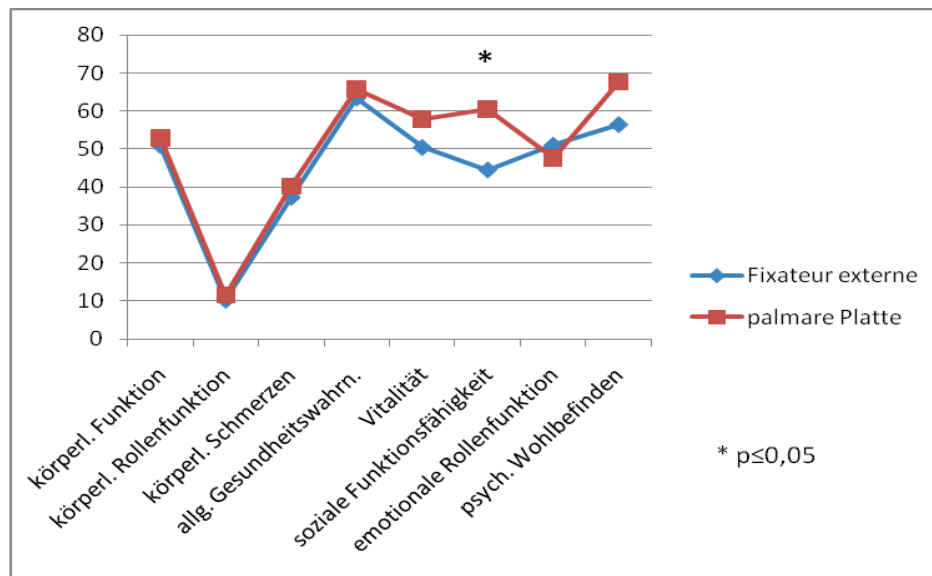
Signifikanz: $p \leq 0,05$ (t-Test für unabhängige Stichproben)

4.2.2 SF-36

Die Lebensqualität wurde anhand des SF-36 jeweils 1 Woche und 8 Wochen postoperativ erfasst.

Bei der Auswertung hinsichtlich körperlicher, sozialer und emotionaler Aspekte zeigten sich 1 Woche postoperativ keine signifikanten Unterschiede bei den körperlichen Funktionen. Die Patienten, die mit dem Fixateur externe versorgt wurden, hatten ein geringfügig schlechteres Ergebnis hinsichtlich des Schmerzniveaus mit $37,3 \pm 3,5$ (20,6) Punkten gegenüber $40,2 \pm 3,9$ (24,0) Punkten bei der Plattenosteosynthese. Die emotionale Rollenfunktion war nach 1 Woche mit $51,0 \pm 8,6$ (48,6) Punkten etwas besser bei der externen Fixation im Vergleich zu $47,6 \pm 8,5$ (50,0) Punkten bei der ORIF, aber nicht signifikant ($p=0,72$). Die soziale Funktionsfähigkeit war 1 Woche postoperativ mit $44,5 \pm 5,0$ (28,9) Punkten signifikant niedriger bei dem Fixateur externe als bei der palmaren Platte mit $60,5 \pm 4,6$ (28,3) Punkten ($p=0,02$). Nach ORIF ergab sich mit $67,6 \pm 3,7$ (22,7) Punkten ein größeres psychisches Wohlbefinden als nach externer Fixation mit $56,4 \pm 4,4$ (25,7) Punkten. Im t-Test erwies sich der Unterschied jedoch als nicht signifikant ($p=0,05$). Die gesamten Ergebnisse sind graphisch in Abbildung 12 dargestellt.

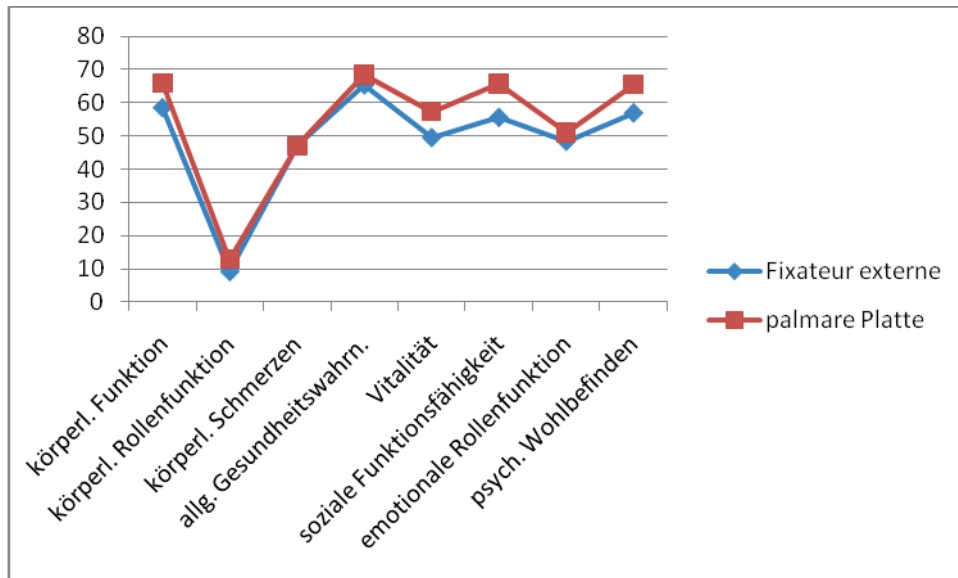
Abbildung 12. SF-36 1 Woche postoperativ



Nach 8 Wochen zeigten sich bei beiden Gruppen jeweils annähernd gleiche Werte. Im Vergleich war in keiner Kategorie ein signifikanter Unterschied auffällig. Das Schmerzniveau betrug nach externer Fixation $47,2 \pm 3,4$ (19,86) Punkte und nach ORIF $47,03 \pm 4,0$ (24,7) Punkte. Ebenfalls fast identische Werte wurden bei der

Gegenüberstellung der körperlichen Rollenfunktion, der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und der emotionalen Rollenfunktion. Hinsichtlich der Vitalität, der körperlichen Funktionsfähigkeit und des psychischen Wohlbefindens ergaben sich höhere Punktwerte nach palmarer Plattenosteosynthese, die jedoch im t-Test keine Signifikanz zeigten. Einen graphischen Überblick zeigt Abbildung 13.

Abbildung 13. SF-36 8 Wochen postoperativ

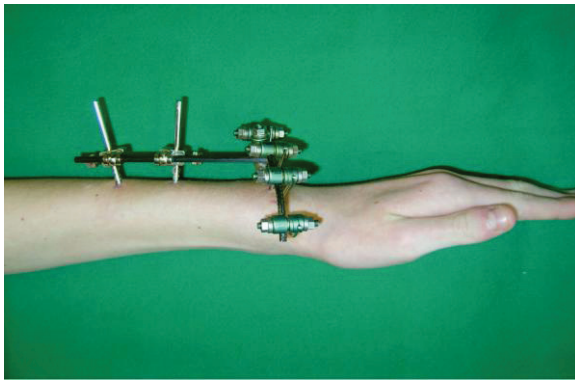


Zusammengefasst waren die Patienten mit dem Fixateur externe körperlich und psychisch nicht wesentlich beeinträchtigt gegenüber den Patienten mit der palmarer Platte. Insbesondere war das Schmerzniveau nicht höher.

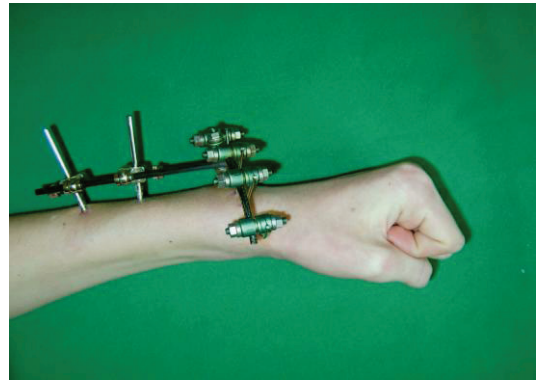
4.2.3 Klinische Ergebnisse 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ

Nach Versorgung mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe wurden die Patienten ab dem ersten postoperativen Tag angehalten, das Handgelenk zu bewegen und erhielten die Standardphysiotherapie. Somit war bereits bei noch liegendem Fixateur externe eine gute Beweglichkeit des Handgelenkes und der Finger möglich. Aufgrund der geringen Größe und fast schmerzfreien Bewegungsmöglichkeiten wurde der Fixateur externe nicht als wesentlich störend empfunden. In der folgenden Abbildung 14 ist die Handgelenksfunktion 7 Wochen postoperativ mit Fixateur externe dokumentiert.

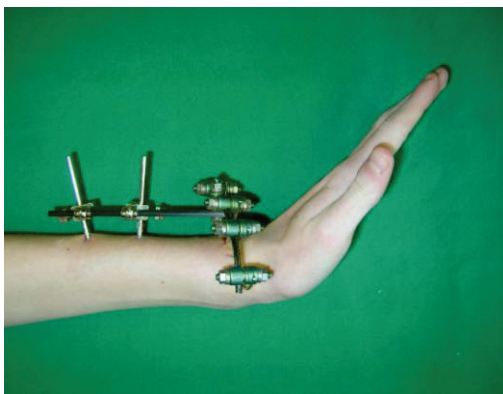
Abbildung 14. Handgelenksbeweglichkeit 7 Wochen postoperativ mit Fixateur externe



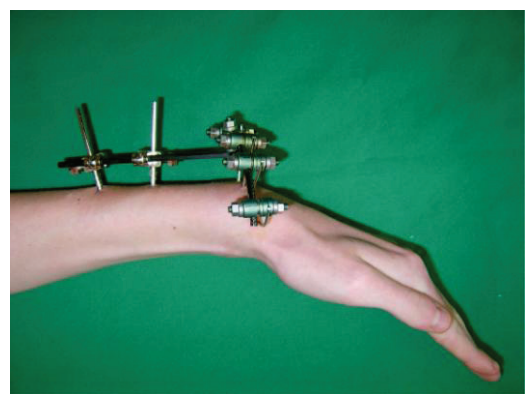
Streckung



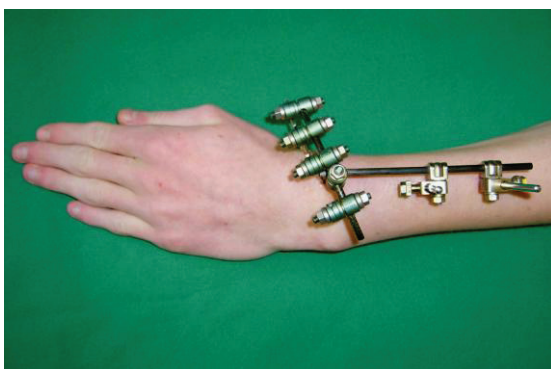
Faustschluß



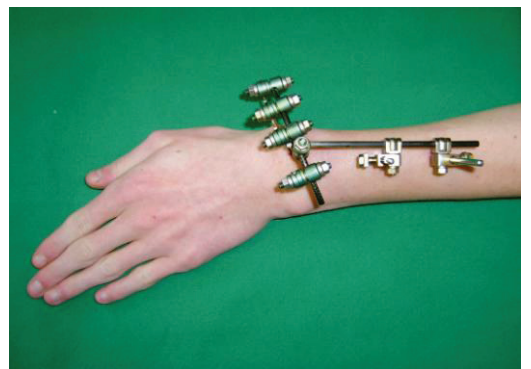
Extension



Flexion



Radialabduktion

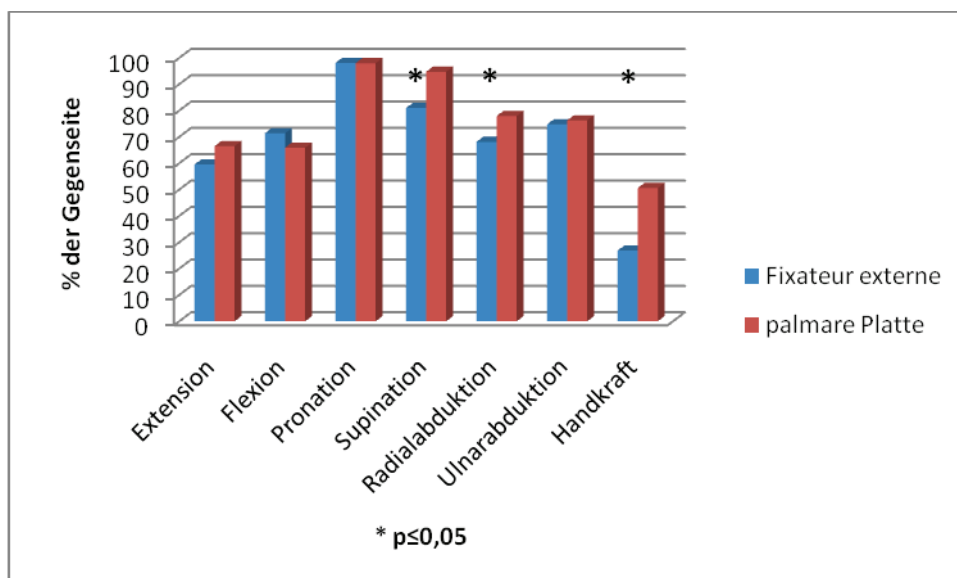


Ulnarabduktion

Nach 8 Wochen, 6 Monaten und 1 Jahr wurden alle Patienten klinisch und radiologisch nachuntersucht sowie der Score nach Castaing und der Score nach Gartland and Werley erhoben. Das Bewegungsausmaß beider Handgelenke wurde in allen Ebenen gemessen und prozentual gewertet.

Nach 8 Wochen wiesen die Patienten, die mit dem Fixateur externe behandelt worden waren, mit im Mittel $71,4 \pm 2,9$ (18,3) % eine etwas bessere Flexion als die Patienten mit ORIF mit $65,9 \pm 3,2$ (21,7) % auf. Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,62$). Ein deutlich höheres Bewegungsausmaß zeigte sich nach palmarer Plattenosteosynthese bei der Supination und Radialabduktion. Hier betrug die Supination nach 8 Wochen $94,7 \pm 1,5$ (10,4) % gegenüber $80,96 \pm 3,8$ (24,8) % nach externer Fixation. Die Radialabduktion lag bei $77,9 \pm 4,0$ (27,0) % nach ORIF im Vergleich zu $68,1 \pm 4,1$ (26,2) % nach Fixateur externe. Die Unterschiede waren jeweils signifikant. Die Bewegungsausmaße bei der Extension, Pronation und Ulnarabduktion waren in etwa gleich. Unterteilt in extra- und intraartikuläre Frakturen spiegelten sich, außer bei der Radialabduktion, die Ergebnisse der Gesamtgruppen annähernd wieder. Während bei der Gesamtgruppe und den extraartikulären Frakturen die Patienten mit palmarer Platte signifikant bessere Werte aufwiesen, verhielt es sich bei den intraartikulären Frakturen entgegengesetzt. Hier ergaben sich $79,8 \pm 6,0$ (21,7) % nach externer Fixation im Vergleich zu $71,99 \pm 6,5$ (29,2)% nach ORIF, jedoch ohne Signifikanz ($p=0,52$). Der deutlichste Unterschied zeigte sich bei der Messung der Handkraft als Prozentwert im Vergleich zur Gegenseite. Mit einem Mittelwert \pm SEM (SD) von $50,6 \pm 4,3$ (29,1) bei den Patienten mit ORIF gegenüber $26,8 \pm 3,4$ (21,7) beim Fixateur externe war die Handkraft fast doppelt so groß. Die Gesamtergebnisse sind graphisch in Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 15. Funktionelle Ergebnisse 8 Wochen postoperativ



Das Schmerzniveau war bei beiden Gruppen sowohl in Ruhe als auch bei Bewegung gering. Die Patienten, die mit dem Fixateur externe behandelt worden waren, wiesen in Ruhe insgesamt sowie bei den extraartikulären Frakturen signifikant weniger Schmerzen auf. Bei den Frakturen mit Gelenkbeteiligung betrug die VAS in Bewegung nach externer Fixation $2,6 \pm 0,7$ (2,3) gegenüber $2,3 \pm 0,5$ (2,4) nach ORIF, jedoch war Unterschied nicht signifikant ($p=0,68$).

Der Score nach Castaing und der Score nach Gartland and Werley spiegeln ein Gesamtergebnis aus Funktion, Radiologie und subjektiver Einschätzung wieder. Insgesamt hatten die Patienten mit der palmaren Platte ein etwas besseres Ergebnis bei beiden Scores. Ein signifikanter Unterschied war beim Score nach Gartland and Werley insgesamt sowie bei den intraartikulären Frakturen zu verzeichnen. Die Gruppe mit der palmaren Plattenosteosynthese hatte einen mittleren Punktwert \pm SEM (SD) von $5,8 \pm 0,6$ (3,7) gegenüber $7,7 \pm 0,6$ (3,9) bei der externen Fixation ($p=0,01$). Beim Vergleich der extraartikulären und intraartikulären Frakturen der beiden Therapieverfahren zeigten sich ansonsten keine signifikanten Unterschiede.

Sämtliche klinische Ergebnisse 8 Wochen postoperativ einschließlich der Unterteilung nach Frakturtyp sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7. Klinische Ergebnisse 8 Wochen postoperativ

	Frakturtyp	Fixateur externe	Palmare Platte	Sign. (p)
Extension	A	60,41 \pm 4,63 (24,04)	65,36 \pm 4,06 (20,29)	0,428
	C	59,82 \pm 5,79 (20,89)	67,91 \pm 3,79 (16,93)	0,230
	Gesamt	59,54 \pm 3,58 (22,93)	66,49 \pm 2,79 (18,71)	0,137
Flexion	A	71,67 \pm 3,69 (19,16)	67,53 \pm 4,55 (22,74)	0,480
	C	73,09 \pm 4,27 (15,4)	63,85 \pm 4,65 (20,77)	0,180
	Gesamt	71,38 \pm 2,85 (18,25)	65,9 \pm 3,24 (21,72)	0,642
Pronation	A	98,77 \pm 0,69 (3,56)	97,78 \pm 1,11(5,56)	0,578
	C	97,44 \pm 1,35 (4,87)	98,33 \pm 1,22 (5,44)	0,359
	Gesamt	98,1 \pm 0,66 (4,23)	98,02 \pm 0,81 (5,45)	0,631
Supination	A	80,04 \pm 5,19 (26,97)	96,28 \pm 1,32 (6,62)	0,025
	C	83,12 \pm 5,94 (21,41)	92,78 \pm 3,05 (13,62)	0,047
	Gesamt	80,96 \pm 3,87 (24,75)	94,72 \pm 1,54 (10,35)	0,002
Radialabd	A	62,67 \pm 5,22 (27,14)	82,68 \pm 4,95 (24,73)	0,013
	C	79,82 \pm 6,03 (21,74)	71,99 \pm 6,52 (29,17)	0,521
	Gesamt	68,13 \pm 4,09 (26,19)	77,93 \pm 4,03 (27,02)	0,022
Ulnarabd.	A	73,72 \pm 4,01 (20,84)	73,43 \pm 4,0 (20,0)	0,960
	C	79,71 \pm 4,93 (17,78)	79,86 \pm 4,35 (19,47)	0,983
	Gesamt	74,74 \pm 3,2 (20,51)	76,29 \pm 2,95 (19,81)	0,527
VAS/Ruhe	A	0,04 \pm 0,38 (0,2)	0,44 \pm 0,18 (0,91)	0,033
	C	0,00 \pm 0,00 (0,00)	0,15 \pm 0,15 (0,67)	0,420
	Gesamt	0,03 \pm 0,03 (0,16)	0,31 \pm 0,12 (0,81)	0,001
VAS/Bew	A	2,98 \pm 0,37 (1,87)	3,8 \pm 0,46 (2,28)	0,167
	C	2,62 \pm 0,65 (2,34)	2,3 \pm 0,46 (2,04)	0,684
	Gesamt	2,88 \pm 0,32 (1,99)	3,13 \pm 0,34 (2,28)	0,169

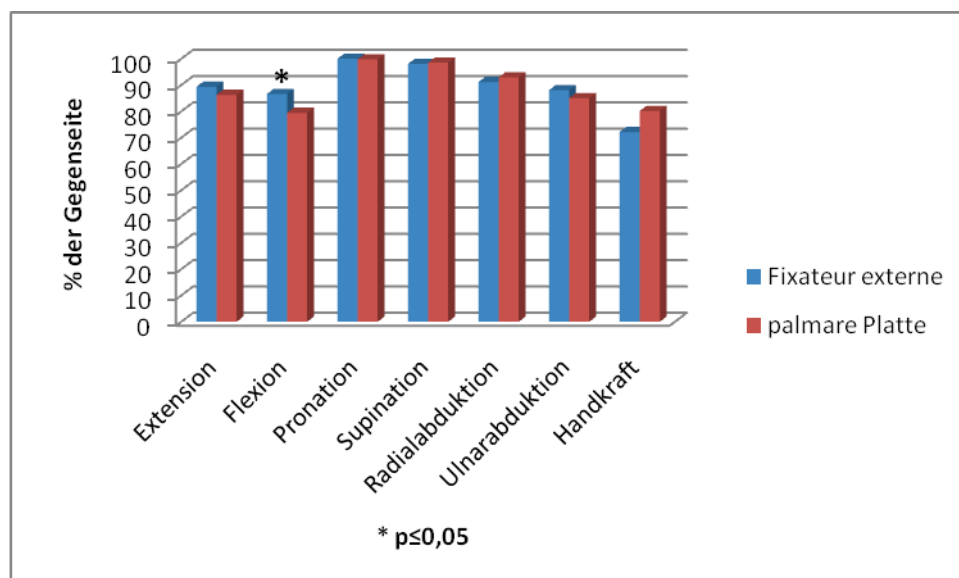
Handkraft	A	25,54 ± 3,95 (20,14)	47,67 ± 5,8 (29,01)	0,002
	C	30,68 ± 7,04 (25,4)	54,33 ± 6,58 (29,41)	0,003
	Gesamt	26,82 ± 3,43 (21,72)	50,63 ± 4,33 (29,05)	0,001
Castaing	A	6,5 ± 0,61 (3,09)	5,29 ± 0,49 (2,42)	0,395
	C	5,0 ± 0,88 (3,05)	4,9 ± 0,73 (3,28)	0,098
	Gesamt	6,08 ± 0,5 (3,09)	5,11 ± 0,42 (2,81)	0,067
Gartland / Werley	A	8,0 ± 0,79 (4,01)	6,20 ± 0,63 (3,16)	0,148
	C	7,00 ± 1,07 (3,85)	5,30 ± 0,98 (4,38)	0,042
	Gesamt	7,68 ± 0,61 (3,89)	5,8 ± 0,56 (3,73)	0,011

Mittelwert ± SEM (SD) in Prozent der Gegenseite

Signifikanz: $p \leq 0,05$ (t-Test für unabhängige Stichproben)

Nach 6 Monaten war bei beiden operativen Verfahren die Funktion fast vollständig wiederhergestellt. Eine signifikant bessere Flexion prozentual im Vergleich zur Gegenseite ± SEM (SD) von $86,6 \pm 2,3$ (15,7) gegenüber $79,5 \pm 2,6$ (17,6) zeigte sich bei den Patienten mit dem Fixateur externe ($p=0,03$). Diese Werte bei der Flexion spiegeln sich auch bei den extraartikulären Frakturen wieder. Anders verhielt es sich bei den intraartikulären Frakturen. Hier betrug die Flexion nach externer Fixation $83,6 \pm 4,7$ (18,9) % im Vergleich zu $80,1 \pm 4,1$ (18,6) % nach ORIF, und war auch nicht mehr signifikant höher ($p=0,48$). Hinsichtlich aller weiteren Bewegungsebenen zeigten sich nur geringfügige Unterschiede. Die Handkraft hatte sich deutlich verbessert. Eine Signifikanz war nicht mehr zu verzeichnen, jedoch war die Handkraft von $80,2 \pm 3,0$ (20,3) Prozent im Vergleich zur gesunden Hand bei den Patienten mit der palmaren Plattenosteosynthese etwas höher als bei den Patienten mit externer Fixation mit $72,2 \pm 3,8$ (25,2). In Abbildung 16 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Abbildung 16. Funktionelle Ergebnisse 6 Monate postoperativ



Die Schmerzen in Ruhe und bei Bewegung waren nach wie vor gering. In Ruhe war das Schmerzniveau bei externer Fixation insgesamt mit $0,27 \pm 0,2$ (1,1) etwas höher als bei ORIF mit $0,21 \pm 0,2$ (1,0), aber nicht signifikant ($p=0,94$). Interessant war der Vergleich der Frakturen ohne bzw. mit Gelenkbeteiligung untereinander. Während bei der Gruppe mit Fixateur externe bei den extraartikulären Frakturen die VAS 0 ± 0 (0) gegenüber $0,4 \pm 0,3$ (1,4) bei palmarer Platte ergab ($p=0,068$), verhielt es sich bei den intraartikulären Frakturen entgegengesetzt. Hier waren die Schmerzen mit $0,75 \pm 0,4$ (1,7) nach externer Fixation signifikant höher ($p=0,037$) als bei ORIF mit 0 ± 0 (0). In der Auswertung des Score nach Castaing und des Gartland and Werley Score hatte die Gruppe mit dem Fixateur externe insgesamt jeweils einen etwas besseren Punktwert, ohne signifikante Unterschiede. Jedoch zeigten sich auch hier bei den extraartikulären Frakturen geringfügig bessere Werte nach Fixateur externe und bei den intraartikulären Frakturen nach palmarer Platte. Auch hier sind alle Ergebnisse einschließlich der Unterteilung der Frakturen nach Gelenkbeteiligung in nachfolgender Tabelle aufgeführt [Tabelle 8].

Tabelle 8. Klinische Ergebnisse 6 Monate postoperativ

	Frakturtyp	Fixateur externe	Palmare Platte	Sign. (p)
Extension	A	$88,39 \pm 2,12$ (11,4)	$86,84 \pm 2,69$ (13,73)	0,708
	C	$92,82 \pm 2,57$ (10,27)	$85,64 \pm 3,01$ (13,79)	0,063
	Gesamt	$89,35 \pm 1,73$ (11,74)	$86,3 \pm 1,99$ (13,62)	0,166
Flexion	A	$88,98 \pm 2,49$ (13,43)	$78,94 \pm 3,36$ (17,14)	0,023
	C	$83,6 \pm 4,73$ (18,92)	$80,14 \pm 4,06$ (18,61)	0,483
	Gesamt	$86,63 \pm 2,32$ (15,71)	$79,47 \pm 2,57$ (17,62)	0,026
Pronation	A	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$99,57 \pm 0,43$ (2,18)	0,133
	C	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,394
	Gesamt	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$99,76 \pm 0,24$ (1,62)	0,090
Supination	A	$97,7 \pm 1,01$ (5,46)	$99,52 \pm 0,48$ (2,45)	0,664
	C	$98,61 \pm 1,39$ (5,56)	$97,35 \pm 1,06$ (4,85)	0,216
	Gesamt	$98,07 \pm 0,8$ (5,39)	$98,55 \pm 0,56$ (3,83)	0,636
Radialabd	A	$91,45 \pm 2,33$ (12,52)	$95,56 \pm 2,697$ (13,75)	0,260
	C	$90,13 \pm 3,57$ (14,3)	$89,68 \pm 3,17$ (14,53)	0,697
	Gesamt	$91,18 \pm 1,91$ (12,96)	$92,94 \pm 2,08$ (14,26)	0,600
Ulnarabd.	A	$88,4 \pm 2,13$ (11,46)	$84,59 \pm 3,97$ (20,25)	0,636
	C	$90,7 \pm 4,75$ (19,0)	$85,63 \pm 3,18$ (14,58)	0,068
	Gesamt	$88,08 \pm 2,39$ (16,24)	$85,06 \pm 2,59$ (17,76)	0,184
VAS/Ruhe	A	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	$0,38 \pm 0,27$ (1,39)	0,068
	C	$0,75 \pm 0,43$ (1,73)	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,037
	Gesamt	$0,27 \pm 0,16$ (1,07)	$0,21 \pm 0,15$ (1,04)	0,937
VAS/Bew	A	$1,23 \pm 0,35$ (1,86)	$2,27 \pm 0,41$ (2,09)	0,048
	C	$2,47 \pm 0,70$ (2,8)	$1,38 \pm 0,45$ (2,04)	0,299
	Gesamt	$1,67 \pm 0,34$ (2,27)	$1,87 \pm 0,31$ (2,1)	0,425
Handkraft	A	$72,41 \pm 5,16$ (26,8)	$79,52 \pm 4,38$ (22,34)	0,558
	C	$71,48 \pm 5,96$ (23,83)	$81,01 \pm 3,93$ (18,02)	0,253
	Gesamt	$72,16 \pm 3,79$ (25,16)	$80,18 \pm 2,96$ (20,32)	0,232

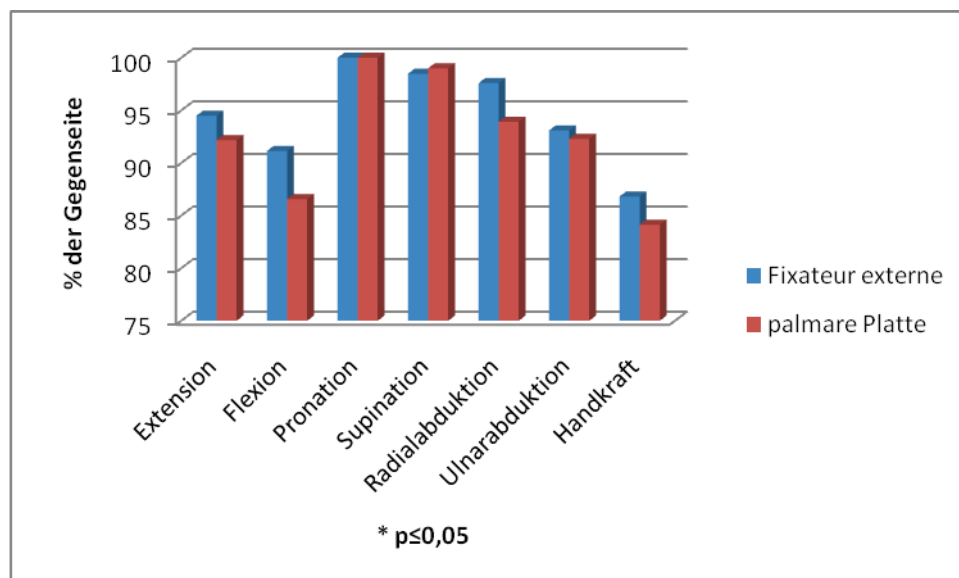
Castaing	A	2,0 ± 0,34 (1,75)	2,73 ± 0,48 (2,43)	0,143
	C	2,94 ± 0,76 (3,04)	2,29 ± 0,40 (1,85)	0,928
	Gesamt	2,36 ± 0,35 (2,30)	2,53 ± 0,32 (2,18)	0,294
Gartland /	A	1,75 ± 0,42 (2,22)	2,35 ± 0,56 (2,83)	0,367
Werley	C	2,06 ± 0,65 (2,59)	1,95 ± 0,50 (2,29)	0,698
	Gesamt	1,98 ± 0,36 (2,44)	2,17 ± 0,38 (2,58)	0,963

Mittelwert ± SEM (SD) in Prozent der Gegenseite

Signifikanz: $p \leq 0,05$ (t-Test für unabhängige Stichproben)

Ein Jahr postoperativ zeigten sich die meisten Patienten sehr zufrieden und gaben keinerlei Beeinträchtigungen oder Beschwerden des Handgelenkes im Alltag mehr an. Die Beweglichkeit des operierten Handgelenkes im Vergleich zur gesunden Seite lag in der Gruppe mit der externen Fixation über 90% (89,6% - 100%), bis auf die Flexion bei intraartikulären Frakturen von 89,6%. Die Werte bei den Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese bewegten sich zwischen 84,8% und 100%. Signifikante Unterschiede waren nicht zu verzeichnen. Bei allen Patienten hatte sich die Handkraft nochmals verbessert. Die Handkraft im Vergleich zur Gegenseite in Prozent ± SEM (SD) betrug bei externer Fixation $86,8 \pm 2,8$ (18,1) und bei ORIF $84,1 \pm 3,3$ (21,9). Somit war die Handkraft bei den Patienten mit dem Fixateur externe letztendlich sogar höher als bei palmarer Plattenosteosynthese, jedoch nicht signifikant [Abbildung 17].

Abbildung 17. Funktionelle Ergebnisse 1 Jahr postoperativ



Nach 1 Jahr gaben alle Patienten keine oder nur sehr geringe Schmerzen bei starker Belastung und oftmals auch bei Wetterumschwung an. In Ruhe betrug die VAS bei der Gruppe mit palmarer Platte 0 ± 0 (0), bei externer Fixation $0,09 \pm 0,09$ (0,6). Der

Unterschied war nicht signifikant ($p=0,42$). Bei den extraartikulären Frakturen ergab die VAS bei beiden Verfahren 0 ± 0 (0). Hingegen war bei den Frakturen mit Gelenkbeteiligung nach Fixateur externe die mittlere Schmerzangabe von $0,27 \pm 0,27$ (1,03), nach ORIF wiederum 0 ± 0 (0). Im Vergleich bestand keine Signifikanz ($p=0,24$). Bei Bewegung war die VAS nach externer Fixation mit $1,07 \pm 0,3$ (1,96) etwas geringer als nach ORIF mit $1,16 \pm 0,3$ (2,1), aber nicht signifikant ($p=0,4$). Nach Unterteilung ergab sich bei leichten Abweichungen von den Gesamtwerten ein höheres Schmerzniveau bei den extraartikulären Frakturen nach palmarer Platte, bei den intraartikulären Frakturen nach Fixateur externe. Auch hier waren die Unterschiede nicht signifikant.

Ebenfalls gute oder sehr gute Resultate zeigten sich im Score nach Castaing und im Gartland and Werley Score. Im Score nach Castaing betrug der Wert bei externer Fixation $1,65 \pm 0,3$ (1,8) und bei palmarer Plattenosteosynthese $1,71 \pm 0,3$ (2,0), $p=0,7$. Der Gartland and Werley Score ergab $1,2 \pm 0,3$ (2,0) beim Fixateur externe gegenüber $1,4 \pm 0,4$ (2,3) bei der ORIF ($p=0,3$). Aus der folgenden Tabelle 9 sind sämtliche Ergebnisse zu entnehmen.

Tabelle 9. Klinische Ergebnisse 1 Jahr postoperativ

	Frakturtyp	Fixateur externe	Palmare Platte	Sign.
Extension	A	$93,55 \pm 1,86$ (9,85)	$94,22 \pm 2,05$ (10,07)	0,962
	C	$96,87 \pm 1,68$ (6,498)	$89,84 \pm 3,24$ (14,83)	0,105
	Gesamt	$94,49 \pm 1,34$ (8,91)	$92,18 \pm 1,87$ (12,56)	0,229
Flexion	A	$92,58 \pm 2,17$ (11,49)	$88,16 \pm 2,598$ (12,73)	0,188
	C	$89,59 \pm 3,49$ (13,52)	$84,75 \pm 3,96$ (18,16)	0,487
	Gesamt	$91,14 \pm 1,86$ (12,31)	$86,57 \pm 2,3$ (15,41)	0,101
Pronation	A	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,291
	C	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	1,000
	Gesamt	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	$100,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,173
Supination	A	$98,81 \pm 0,66$ (3,499)	$99,07 \pm 0,93$ (4,54)	0,815
	C	$97,78 \pm 1,61$ (6,23)	$98,94 \pm 0,73$ (3,34)	0,680
	Gesamt	$98,49 \pm 0,68$ (4,54)	$99,01 \pm 0,59$ (3,98)	0,840
Radialabd	A	$97,15 \pm 1,74$ (9,21)	$95,39 \pm 2,19$ (10,73)	0,103
	C	$98,25 \pm 1,75$ (6,796)	$92,21 \pm 3,74$ (17,13)	0,274
	Gesamt	$97,59 \pm 1,25$ (8,29)	$93,91 \pm 2,09$ (14,00)	0,063
Ulnarabd.	A	$95,45 \pm 1,87$ (9,89)	$94,52 \pm 2,31$ (11,29)	0,721
	C	$90,96 \pm 4,17$ (16,17)	$89,77 \pm 4,37$ (20,03)	0,935
	Gesamt	$93,09 \pm 2,02$ (13,37)	$92,3 \pm 2,38$ (15,96)	0,586
VAS/Ruhe	A	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,291
	C	$0,27 \pm 0,27$ (1,03)	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,237
	Gesamt	$0,09 \pm 0,09$ (0,6)	$0,00 \pm 0,00$ (0,00)	0,611
VAS/Bew	A	$0,73 \pm 0,33$ (1,74)	$1,29 \pm 0,44$ (2,15)	0,080
	C	$1,70 \pm 0,597$ (2,31)	$1,00 \pm 0,43$ (1,97)	0,306
	Gesamt	$1,07 \pm 0,296$ (1,96)	$1,16 \pm 0,31$ (2,05)	0,420

Handkraft	A	89,30 ± 2,76 (14,32)	83,72 ± 4,89 (23,94)	0,424
	C	82,22 ± 6,15 (23,81)	84,61 ± 4,34 (19,91)	0,484
	Gesamt	86,81 ± 2,76 (18,098)	84,13 ± 3,27 (21,91)	0,684
Castaing	A	1,26 ± 0,24 (1,23)	1,75 ± 0,32 (1,57)	0,265
	C	2,27 ± 0,64 (2,49)	1,67 ± 0,53 (2,44)	0,433
	Gesamt	1,65 ± 0,28 (1,81)	1,71 ± 0,298 (1,996)	0,656
Gartland / Werley	A	1,07 ± 0,35 (1,82)	1,21 ± 0,395 (1,93)	0,543
	C	1,33 ± 0,62 (2,38)	1,62 ± 0,596 (2,73)	0,505
	Gesamt	1,18 ± 0,3 (1,99)	1,4 ± 0,35 (2,32)	0,297

Mittelwert ± SEM (SD) als Prozentwert der Gegenseite

4.3. Radiologische Auswertung

Alle Frakturen waren spätestens 6 Monate postoperativ konsolidiert. Zwischen beiden Therapieverfahren zeigten sich leichte Unterschiede. Eine radiale Verkürzung von 1 mm war bei 13 Patienten mit externer Fixation zu verzeichnen und bei 2 Patienten mit palmarer Platte. Ein Längenverlust von 2 mm zeigte sich in insgesamt 5 Fällen (Fixateur externe n=3; palmare Platte n=2) und von 3 mm in 4 Fällen (Fixateur externe n=2; palmare Platte n=2). Statistisch ergab sich bei einer mittleren radialen Verkürzung in mm ± SEM (SD) bei der externen Fixation von 0,5 ± 0,1 (0,8) gegenüber der ORIF mit 0,2 ± 0,1 (0,7) ein signifikanter Unterschied (p=0,01).

Mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe ließ sich die physiologische palmare Kippung der Gelenkfläche sehr gut wiederherstellen. Bei keinem Patienten bestand eine residuelle Dorsalkippung. Die mittlere palmare Kippung der Gelenkfläche in Grad ± SEM (SD) betrug 7,2 ± 0,7 (5,2). Bei den Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese zeigte sich im Mittel eine palmare Kippung von 0,0 ± 0,5 (3,8) Grad. In 6 Fällen war eine dorsale Kippung von 5° und in 2 Fällen von 10° zu verzeichnen. Auch hier war der Unterschied im Vergleich signifikant (p=0,001)

Ein Patient mit einer intraartikulären Fraktur und palmarer Plattenosteosynthese wies eine Gelenkstufe von 1 mm auf. Ansonsten bestanden keine Inkongruenzen der Gelenkflächen. Zeichen einer posttraumatischen Arthrose traten nicht auf. In Tabelle 10 sind die radiologischen Ergebnisse detailliert aufgeführt.

Tabelle 10. Radiologische Auswertung

	Externe Fixation	ORIF	Externe Fixation	ORIF	Externe Fixation	ORIF
Radiale * Verkürzung			A- Frakturen	A- Frakturen	C- Frakturen	C- Frakturen
0	32	46	21	26	11	20
1 mm	13	2	8	1	5	1
2 mm	3	2	2	1	1	1

3 mm	2	2	2	1	0	1
Palmare † Kippung						
15°	11	0	7	0	4	0
10°	9	3	4	1	5	2
5°	21	4	17	1	4	3
0°	9	37	5	21	4	16
Dorsale ‡ Kippung						
5°	0	6	0	5	0	1
10°	0	2	0	1	0	1

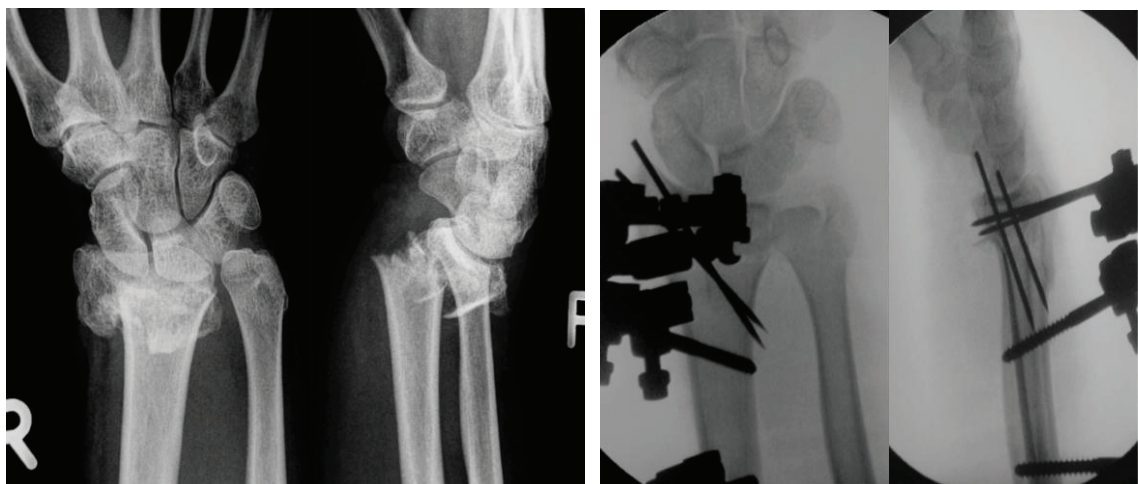
* radiale Verkürzung im Vergleich zur Gegenseite

† palmare Kippung der Gelenkfläche im seitlichen Röntgenbild bezogen auf die 0°-
Stellung

‡ dorsale Kippung der Gelenkfläche im seitlichen Röntgenbild

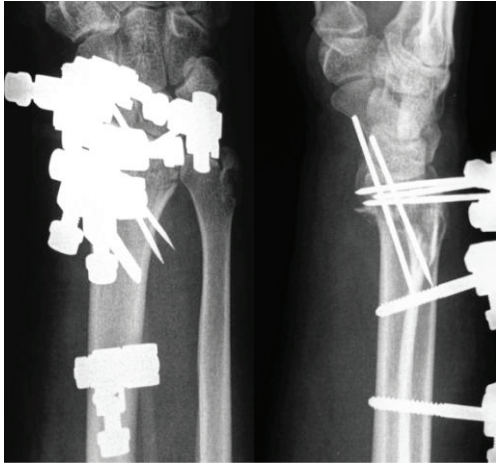
In Abbildung 18 sind die Röntgenbilder präoperativ, intraoperativ sowie einen Tag, 7 Wochen und 1 Jahr postoperativ eines 54jährigen Patienten zu sehen, der mit einem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe operativ versorgt wurde. Anhand der Bilder ist gut ersichtlich, wie das distale Frakturfragment nach Reposition mit dem Fixateur externe sowie 2 zusätzlichen Kirchnerdrähten sicher fixiert wurde. Nach 7 Wochen wurde der Fixateur externe bei knöcherner Durchbauung der Fraktur entfernt. In der Kontrolle 1 Jahr postoperativ stellt sich weiterhin eine achsen- und gelenkgerechte Stellung dar, mit exakter Wiederherstellung der radialen Länge im Vergleich zur Gegenseite.

Abbildung 18. Röntgenbilder der Behandlung mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe



Unfallbilder

intraoperative Durchleuchtung



1. Tag postoperativ



7 Wochen postoperativ



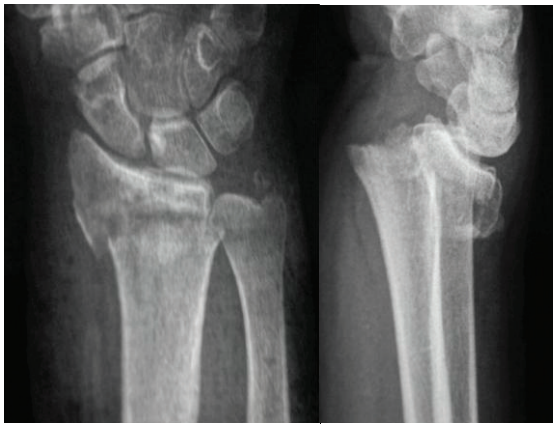
1 Jahr postoperativ



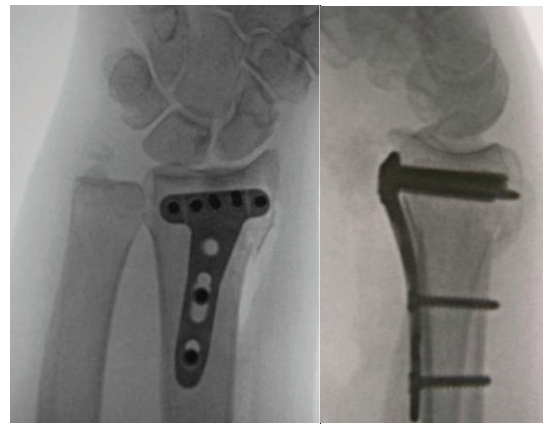
Gegenseite

Ein Beispiel für die offene Reposition und interne Fixation ist in Abbildung 19 dargestellt. Die 63jährige Patientin wurde mit einer palmaren Platte versorgt. Die radiale Länge konnte wiederhergestellt werden, jedoch fiel in den seitlichen intra- und postoperativen Bildern eine diskrete Dorsalkippung der Gelenkfläche auf. Die Fraktur war 8 Wochen postoperativ konsolidiert und das Repositionsergebnis gehalten. Nach 8 Monaten ist das Implantat auf Wunsch der Patientin entfernt worden.

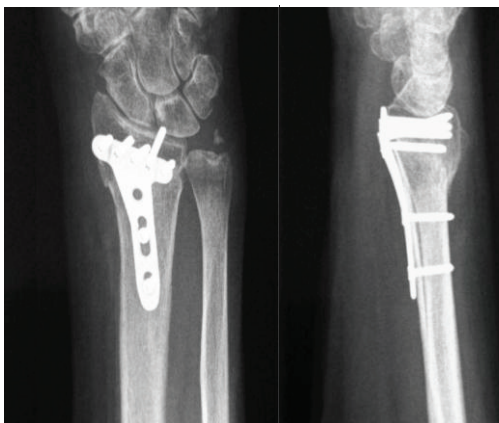
Abbildung 19. Röntgenbilder nach palmarer Plattenosteosynthese; Implantatentfernung 8 Monate postoperativ



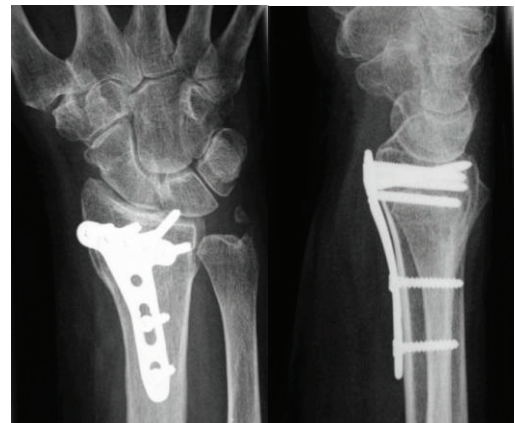
Unfallbilder



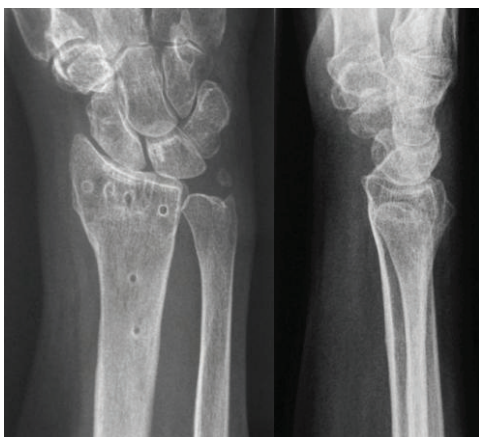
intraoperativ



8 Wochen postoperativ



6 Monate postoperativ



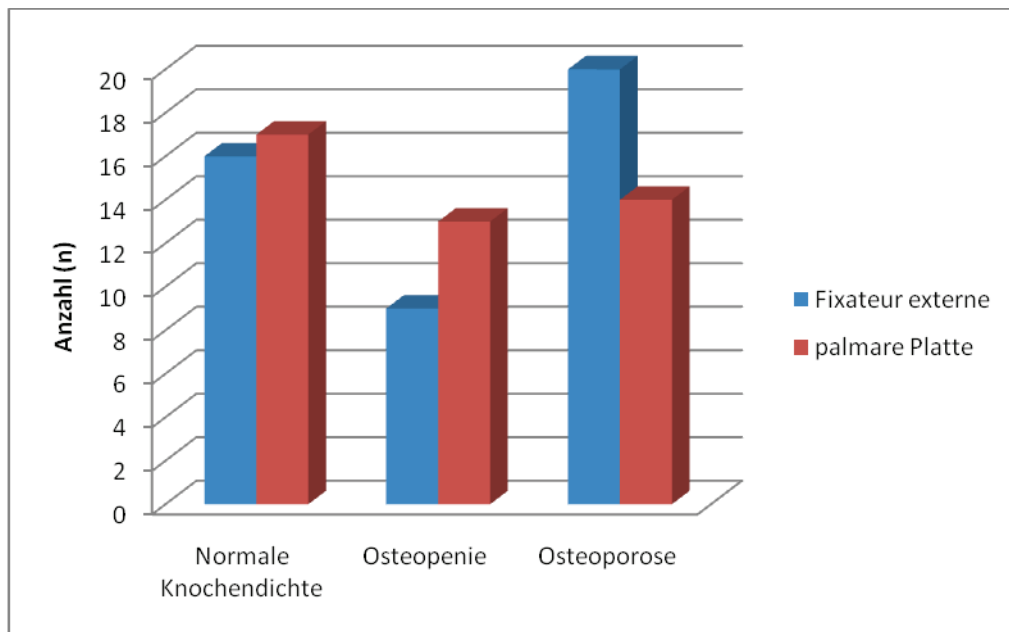
1 Jahr postoperativ

4.4 Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte

Die Knochendichtemessung am distalen Radius des gesunden Handgelenkes mit der peripheren quantitativen Computertomographie war bei 89 Patienten erfolgt. Es waren 13 Patienten zur Messung nicht erschienen.

In der Gruppe des Fixateur externe wurde bei 45 von 50 Patienten die Knochendichte gemessen. Dabei wiesen 16 Patienten (35,6%) eine normale Spongiosadichte, 9 Patienten (20%) eine osteopenische und 20 Patienten (44,4%) eine osteoporotische Spongiosadichte auf. Bei 44 von 52 Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese lagen die Ergebnisse der Messung vor. Eine normale Spongiosadichte lag bei 17 Patienten (38,6%), eine osteopenische Dichte bei 13 Patienten (29,5%) und eine osteoporotische Knochendichte bei 14 Patienten (31,8%) vor. In Abbildung 20 ist graphisch die Verteilung der Patienten in Abhängigkeit der Knochendichte und der operativen Versorgung dargestellt.

Abb. 20. Verteilung der Patienten nach Operationsverfahren und Knochendichte

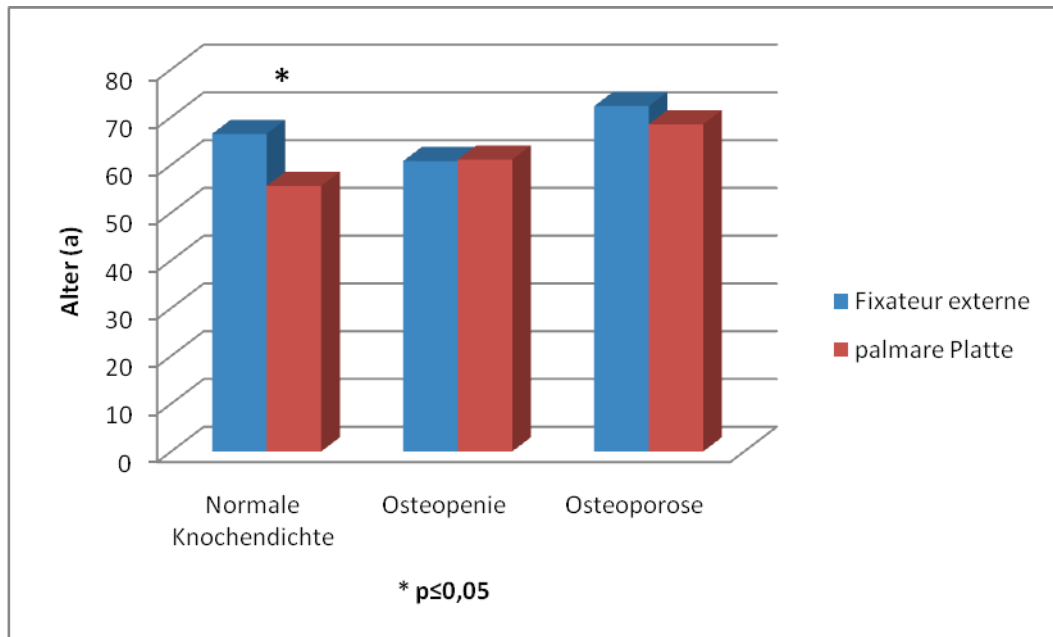


Entsprechend der Knochendichte wurden die Patienten in 3 Gruppen eingeteilt und die einzelnen Gruppen jedes operativen Verfahrens miteinander verglichen.

Die Patienten mit normaler Knochendichte, die mit einem Fixateur externe versorgt wurden, waren mit einem mittleren Alter \pm SEM (SD) von $66,5 \pm 2,7$ (10,7) Jahren deutlich älter als das Vergleichskollektiv mit palmarer Platte mit $55,7 \pm 3,9$ (16,1) Jahren ($p=0,03$). Bei osteopenischer Knochendichte zeigte sich kein wesentlicher Unterschied bei 60,8 Jahren (Fixateur externe) bzw. 61,1 Jahren (palmare Platte). Die

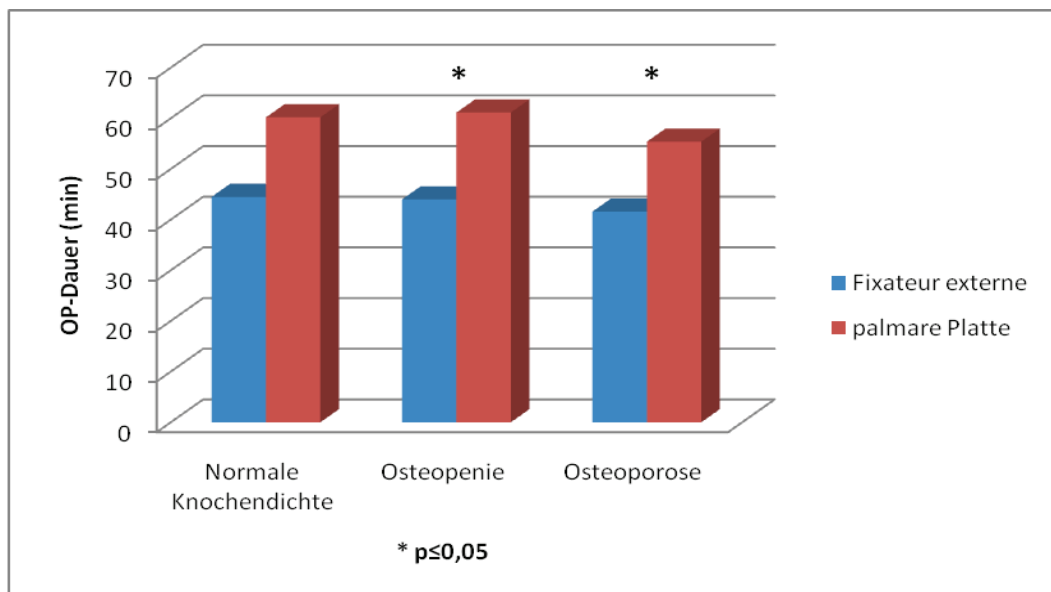
Patienten mit Osteoporose und externer Fixation waren mit $72,3 \pm 1,95$ (8,7) Jahren geringfügig älter als die Patienten mit osteoporotischer Knochendichte und ORIF mit $68,5 \pm 2,4$ (8,97) Jahren. Bei den Gruppen mit osteopenischer und osteoporotischer Knochendichte zeigte sich hinsichtlich des Alters kein signifikanter Unterschied. In Abbildung 21 sind die Ergebnisse aufgeführt.

Abb. 21. Altersverteilung in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens



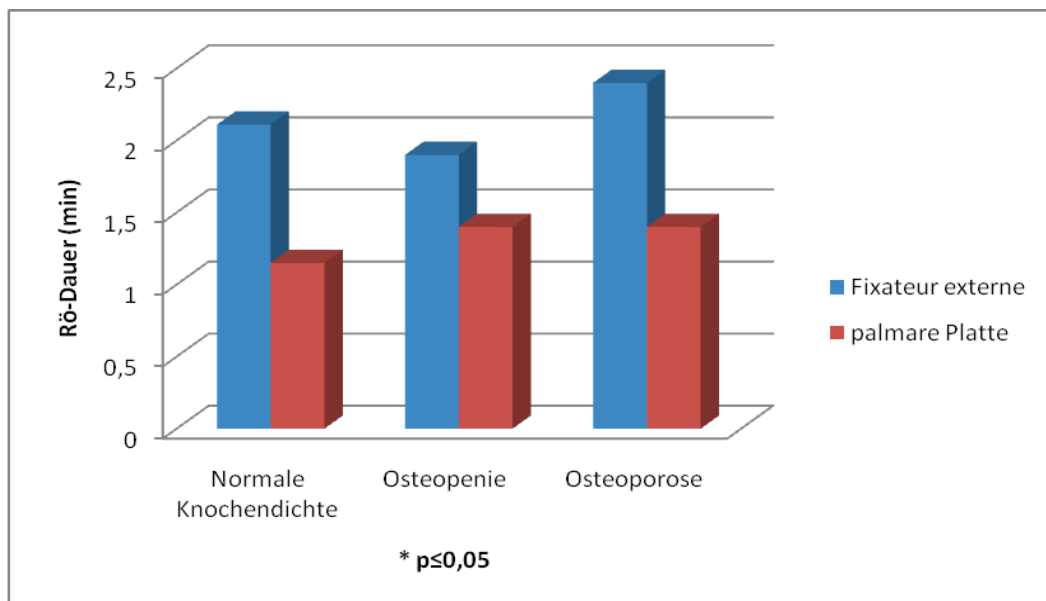
Die durchschnittliche Operationszeit war bei externer Fixation insgesamt sowie in den einzelnen Untergruppen deutlich kürzer als bei der palmaren Plattenosteosynthese. Bei normaler Knochendichte zeigte sich eine mittlere Operationsdauer von $44,5 \pm 2,5$ (10,1) min beim Fixateur externe und $60,2 \pm 7,5$ (31,0) min bei palmarer Platte. Trotz des Unterschiedes von ca. 15 Minuten ergab sich im Mann-Whitney-Test keine Signifikanz ($p=0,2$). Die Operationszeiten bei osteopenischer Knochendichte betragen $44,0 \pm 3,7$ (11,2) min bei externer Fixation gegenüber $61,2 \pm 3,9$ (14,2) min bei ORIF. Hier zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei $p=0,004$. Bei den Patienten mit Osteoporose war bei beiden Operationstechniken die Operationsdauer am kürzesten. Die Anlage des Fixateur externe dauerte im Durchschnitt $41,6 \pm 2,6$ (11,5) min und die palmare Plattenosteosynthese $55,4 \pm 3,9$ (14,5) min. Im Vergleich ergab sich mit $p=0,002$ ein wiederum signifikanter Unterschied. Die Ergebnisse sind in Abbildung 22 veranschaulicht.

Abb. 22. Operationszeit in Minuten in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens



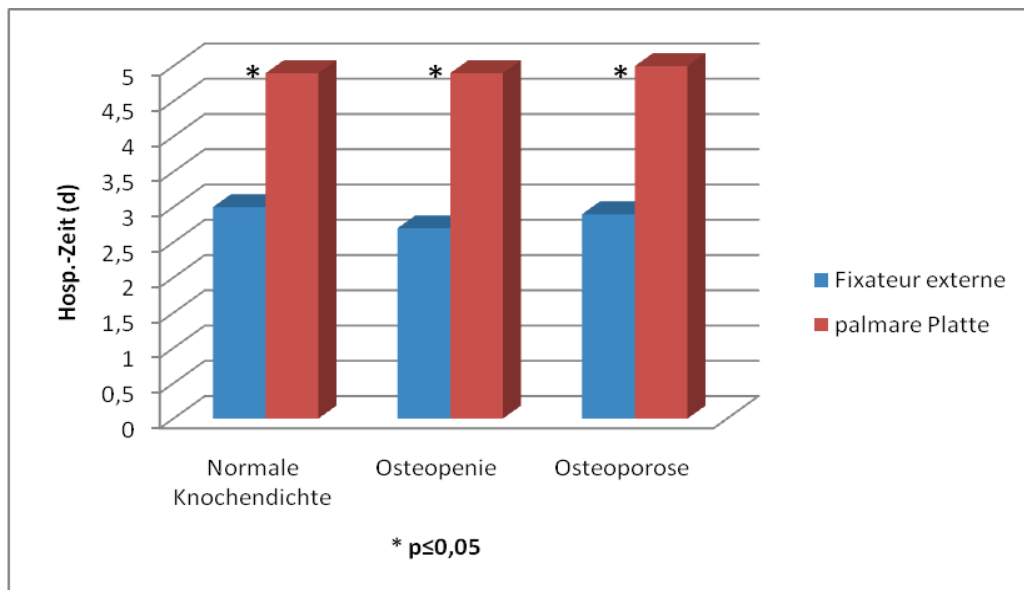
Bei Auswertung der intraoperativen Röntgendauer zeigte eine deutlich längere Dauer bei externer Fixation in allen 3 Untergruppen. Die mittlere Durchleuchtungszeit betrug bei Anlage des Fixateur externe bei normaler Knochendichte $2,1 \pm 0,4$ (1,4) min im Vergleich zu $1,2 \pm 0,4$ (1,3) min bei ORIF. Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,096$). Bei den Patienten mit Osteopenie näherten sich die Werte etwas an mit $1,9 \pm 0,2$ (0,5) min bei externer Fixation und $1,4 \pm 0,4$ (1,2) min bei palmarer Plattenosteosynthese, ebenfalls ohne Signifikanz ($p=0,3$). Bei Betrachtung der Gruppen mit osteoporotischer Knochendichte war bei beiden Verfahren eine Verlängerung der intraoperativen Röntgendauer auffällig mit $2,4 \pm 0,3$ (1,2) min beim Fixateur externe und $1,44 \pm 0,5$ (1,5) min bei ORIF. Im t-Test war der Unterschied wiederum nicht signifikant ($p=0,08$). In Abbildung 23 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Abb. 23. Intraoperative Durchleuchtungszeit in Minuten in Abhängigkeit der Knochendichte und des operativen Verfahren.



Die Hospitalisationszeit war bei allen Gruppen nach Versorgung mit dem Fixateur externe deutlich geringer. In der Gruppe mit normaler Knochendichte betrug die mittlere Hospitalisationszeit $3,0 \pm 0,2$ (0,7) d nach externer Fixation gegenüber $4,9 \pm 0,3$ (1,2) d nach ORIF mit signifikantem Unterschied ($p=0,001$). Dies zeigte sich bei Osteopenie und Osteoporose ebenfalls. Bei osteopenischer Knochendichte war die Aufenthaltsdauer mit 2,7 d beim Fixateur externe im Vergleich zu 4,9 d bei palmarer Platte am kürzesten ($p=0,001$). Die Patienten mit osteoporotischer Knochendichte wurden nach externer Fixation im Mittel nach $2,9 \pm 0,1$ (0,6) d entlassen und nach ORIF nach $5,0 \pm 0,3$ (1,1) d mit wiederum Signifikanz im t-Test ($p=0,001$). [Abb. 24]

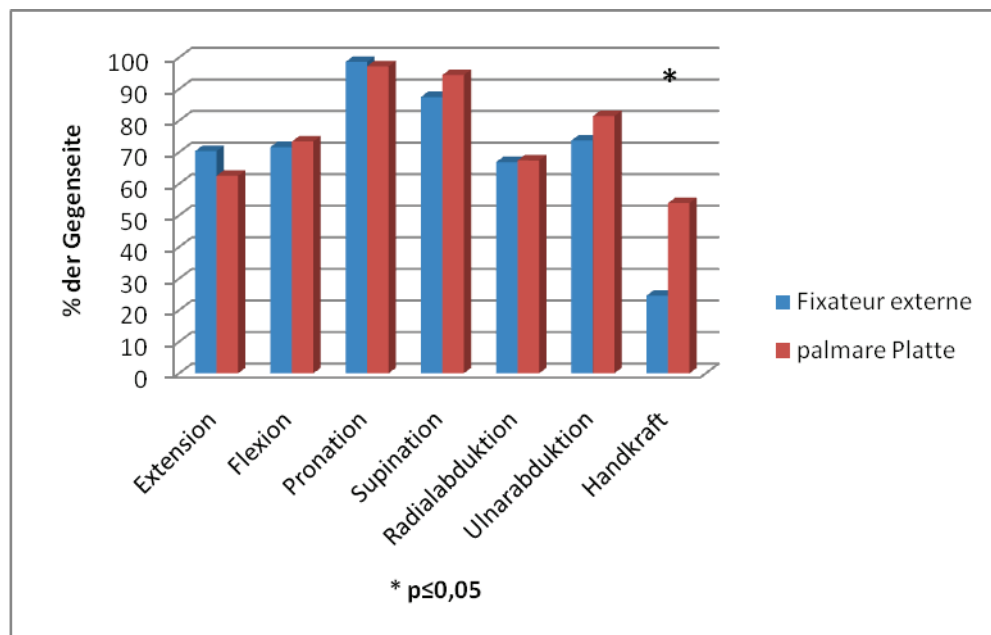
Abb. 24. Hospitalisationszeit in Tagen in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens



Die klinischen Ergebnisse 8 Wochen postoperativ wiesen zwischen den einzelnen Untergruppen teils gravierende Unterschiede auf. So war beispielsweise die Extension der betroffenen Hand in Prozent der Gegenseite \pm SEM (SD) bei den Patienten mit normaler Knochendichte und externer Fixation mit $51,7 \pm 5,1$ (19,0) signifikant geringer gegenüber $75,6 \pm 3,7$ (14,4). Bei den Patienten mit osteopenischer Knochendichte war die Extension nach Fixateur externe ebenfalls geringer mit 47,2 % im Vergleich zu 61,3 % nach ORIF, jedoch nicht signifikant ($p=0,12$). Hingegen zeigte sich bei den Patienten mit Osteoporose im Vergleich ein gegenteiliges Ergebnis. Hier betrug die Extension $70,4 \pm 5,6$ (22,3) % nach externer Fixation und $62,5 \pm 3,9$ (13,4) % nach palmarer Plattenosteosynthese. Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,5$). Die Supination war bei den Patienten mit osteopenischer Spongiosadichte nach Fixateur externe signifikant geringer mit $73,0 \pm 13,5$ (35,6) gegenüber $95,7 \pm 2,7$ (9,7) %. Ansonsten zeigten sich zwischen den Operationsverfahren und einzelnen Untergruppen keine signifikanten Unterschiede bei sämtlichen Bewegungsebenen.

Wie auch bei den Gesamtergebnissen war die Handkraft jeweils signifikant größer bei den Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese. Hier bestand bei den Patienten mit osteopenischer und osteoporotischer Knochendichte sogar eine mehr als doppelt so große Handkraft nach ORIF. Graphisch dargestellt sind die Ergebnisse der Patienten mit osteoporotischer Spongiosadichte in Abbildung 25.

Abb. 25. Funktionelle Ergebnisse 8 Wochen postoperativ bei Patienten mit Osteoporose



Hingegen waren die Schmerzen in Ruhe nach externer Fixation in allen Gruppen geringer, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Bei normaler Knochendichte und Bewegung war die VAS mit $2,8 \pm 0,5$ (1,9) vermindert gegenüber der palmarer Plattenosteosynthese mit $3,8 \pm 0,7$ (2,5), aber nicht signifikant ($p=0,2$). In den Gruppen der Osteopenie und Osteoporose war die VAS bei Bewegung nach externer Fixation etwas höher als nach ORIF, aber ebenfalls nicht signifikant.

In der Auswertung der Scores nach Castaing und Gartland and Werley zeigten die Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese in allen Gruppen bessere Ergebnisse. Bei normaler Knochendichte und Osteoporose waren die Unterschiede nicht signifikant. Hingegen war bei osteopenischer Knochendichte der Score nach Castaing nach ORIF mit $5,2 \pm 0,7$ (2,4) signifikant geringer gegenüber $6,8 \pm 1,1$ (2,6) nach externer Fixation ($p=0,02$). Der Gartland and Werley Score ergab bei Osteopenie ebenfalls ein signifikant besseres Ergebnis nach palmarer Plattenosteosynthese mit $6,5 \pm 0,99$ (3,6) im Vergleich zu $9,1 \pm 1,4$ (3,6) nach Fixateur externe.

Alle klinischen Ergebnisse 8 Wochen postoperativ sind ausführlich Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte 8 Wochen postoperativ

	Fixateur externe [1]	Palmare Platte [1]	Sign (p)
Extension	51,67 ± 5,08 (19,01)	75,64 ± 3,71 (14,36)	0,035
Flexion	70,65 ± 4,87 (18,22)	63,70 ± 5,93 (22,97)	0,445
Pronation	97,62 ± 1,26 (4,73)	97,78 ± 1,61 (6,23)	0,579
Supination	79,76 ± 5,99 (22,39)	94,63 ± 2,72 (10,52)	0,091
Radialabduktion	67,89 ± 7,28 (27,25)	84,44 ± 7,40 (28,67)	0,130
Ulnarabduktion	78,51 ± 5,71 (21,38)	74,21 ± 5,98 (23,16)	0,806
VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,30 ± 0,22 (0,84)	0,094
VAS Bew	2,83 ± 0,53 (1,85)	3,83 ± 0,65 (2,50)	0,201
Handkraft	29,33 ± 6,99 (25,21)	56,78 ± 7,64 (29,59)	0,012
Castaing	6,08 ± 0,84 (3,04)	5,07 ± 0,81 (3,15)	0,460
Gartland/Werley	7,23 ± 1,18 (4,25)	4,00 ± 0,81 (3,14)	0,065
	Fixateur externe [2]	Palmare Platte [2]	
Extension	47,19 ± 9,32 (24,65)	61,29 ± 6,22 (22,43)	0,118
Flexion	71,58 ± 8,34 (22,08)	60,76 ± 6,57 (23,70)	0,657
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	98,29 ± 1,16 (4,17)	0,228
Supination	73,02 ± 13,47 (35,64)	95,73 ± 2,68 (9,66)	0,031
Radialabduktion	60,90 ± 9,45 (25,01)	74,69 ± 7,64 (27,55)	0,075
Ulnarabduktion	70,28 ± 8,99 (23,79)	76,53 ± 3,53 (12,74)	0,680
VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,31 ± 0,24 (0,85)	0,228
VAS Bew	3,50 ± 1,04 (2,75)	2,92 ± 0,66 (2,39)	0,904
Handkraft	18,70 ± 4,72 (12,49)	46,43 ± 7,13 (25,71)	0,004
Castaing	6,83 ± 1,08 (2,64)	5,15 ± 0,66 (2,38)	0,017
Gartland/Werley	9,14 ± 1,37 (3,63)	6,54 ± 0,99 (3,55)	0,040
	Fixateur externe [3]	Palmare Platte [3]	
Extension	70,398 ± 5,58 (22,32)	62,54 ± 3,86 (13,36)	0,544
Flexion	71,67 ± 4,71 (18,83)	73,41 ± 5,77 (19,97)	0,583
Pronation	98,61 ± 0,95 (3,795)	97,22 ± 1,99 (6,91)	0,527
Supination	87,50 ± 4,85 (19,41)	94,45 ± 3,75 (12,97)	0,183
Radialabduktion	66,89 ± 6,49 (25,97)	67,41 ± 7,36 (25,48)	0,573
Ulnarabduktion	73,74 ± 4,795 (19,18)	81,43 ± 5,31 (18,40)	0,184
VAS Ruhe	0,06 ± 0,06 (0,25)	0,38 ± 0,27 (0,93)	0,126
VAS Bew	3,00 ± 0,47 (1,86)	2,75 ± 0,61 (2,11)	0,514
Handkraft	24,62 ± 5,25 (20,99)	53,94 ± 9,08 (31,17)	0,005
Castaing	5,94 ± 0,79 (3,17)	5,08 ± 0,95 (3,29)	0,480
Gartland/Werley	7,94 ± 0,89 (3,55)	7,17 ± 1,23 (4,26)	0,490

Mittelwert ± SEM (SD)

[1]: normale Spongiosadichte (> 120 mg HA/cm³)

[2]: osteopenische Spongiosadichte (80 – 120 mg HA/cm³)

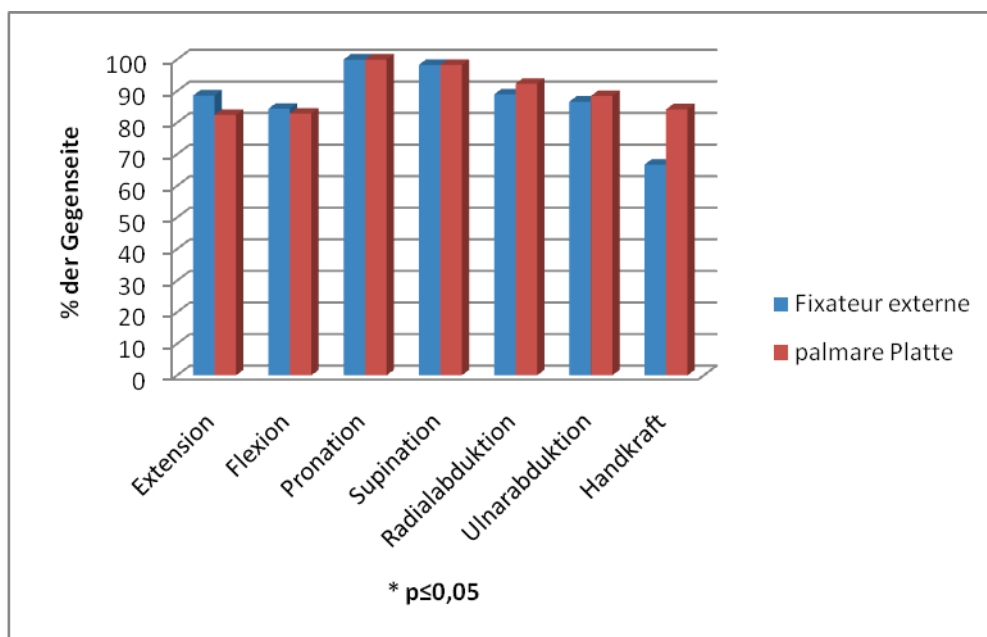
[3]: osteoporotische Spongiosadichte (< 80 mg HA/cm³) [Genant]

Signifikanz: p ≤ 0,05 (t-Test für unabhängige Stichproben)

Nach 6 Monaten hatten sich die Ergebnisse in allen Gruppen deutlich verbessert. Auffällig war bei den Patienten mit normaler Knochendichte eine signifikant höhere Ulnarabduktion nach externer Fixation mit $89,8 \pm 4,4$ (17,2) % gegenüber $78,2 \pm 5,4$ (20,9) % nach ORIF ($p=0,04$).

Die Flexion war bei den osteopenischen Patienten mit dem Fixateur externe mit $92,7 \pm 5,0$ (14,0) Prozent deutlich besser als bei den Patienten mit palmarer Platte mit $70,2 \pm 4,5$ (16,1) Prozent. Eine weitere Signifikanz zeigte sich bei den Patienten mit Osteoporose bei der Handkraft. Mit einer mittleren Kraft in Prozent der Gegenseite \pm SEM (SD) von $84,2 \pm 6,2$ (22,2) war die Kraft bei den Patienten mit palmarer Platte deutlich größer als bei den Patienten mit externer Fixation mit $66,8 \pm 6,0$ (26,6). [Abbildung 26]

Abb. 26. Funktionelle Ergebnisse 6 Monate postoperativ bei Patienten mit Osteoporose



Die Erhebung der Schmerzen ergab bei den Patienten mit Osteoporose ein fast identisches Ergebnis. In Ruhe lag die VAS bei beiden Gruppen bei 0. In Bewegung lag die VAS nach Fixateur externe bei $1,37 \pm 0,4$ (1,9) und nach palmarer Platte bei $1,35 \pm 0,6$ (2,3) ohne Signifikanz im t-Test ($p=0,95$). In der Gruppe mit osteopenischer Knochendichte betrug die VAS in Ruhe jeweils ebenfalls 0. Jedoch war die mittlere Schmerzangabe nach externer Fixation mit $0,75 \pm 0,6$ (1,8) deutlich geringer gegenüber $1,62 \pm 0,4$ (1,4) nach ORIF. Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,37$). Im Vergleich der Patienten mit normaler Knochendichte zeigte sich in Ruhe ein etwas höheres Schmerzniveau bei der Gruppe des Fixateur externe mit VAS 0,5 gegenüber

0,27 bei palmerer Platte. In Bewegung schnitten die Patienten mit ORIF geringfügig schlechter ab mit einer VAS von $2,6 \pm 0,7$ (2,6) im Gegensatz zu $1,8 \pm 0,7$ (2,5) bei externer Fixation. Die Unterschiede waren nicht signifikant.

Bei der Auswertung des Score nach Castaing und Gartland and Werley Score ergaben sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb der einzelnen Gruppen. Die Patienten mit normaler Spongiosadichte wiesen bei beide Scores ein etwas besseres Ergebnis nach Fixateur externe auf. In der Gruppe der Osteoporose lag ein geringfügig niedrigerer Punktwert bei den Patienten mit Fixateur externe vor, in der Gruppe der osteopenischen Knochendichte bei den Patienten mit palmarer Platte. Sämtliche Ergebnisse sind ausführlich in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte 6 Monate postoperativ

	Fixateur externe [1]	Palmare Platte [1]	Sign (p)
Extension	91,50 ± 2,88 (11,15)	86,598 ± 3,66 (14,16)	0,135
Flexion	85,21 ± 4,42 (17,11)	79,87 ± 4,90 (18,98)	0,352
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	99,26 ± 0,74 (2,87)	0,177
Supination	97,04 ± 1,70 (6,595)	99,26 ± 0,74 (2,87)	0,570
Radialabduktion	95,89 ± 2,24 (8,66)	94,34 ± 4,60 (17,82)	0,676
Ulnarabduktion	89,84 ± 4,44 (17,18)	78,15 ± 5,40 (20,93)	0,038
VAS Ruhe	0,50 ± 0,37 (1,40)	0,27 ± 0,27 (1,03)	0,439
VAS Bew	1,82 ± 0,66 (2,46)	2,63 ± 0,66 (2,55)	0,286
Handkraft	72,3 ± 7,53 (27,14)	81,99 ± 4,29 (16,60)	0,753
Castaing	2,86 ± 0,76 (2,85)	3,40 ± 0,69 (2,67)	0,166
Gartland/Werley	1,86 ± 0,56 (2,11)	3,00 ± 0,98 (3,78)	0,267
	Fixateur externe [2]	Palmare Platte [2]	
Extension	85,82 ± 4,83 (13,67)	90,62 ± 3,19 (11,50)	0,338
Flexion	92,695 ± 4,95 (13,995)	70,15 ± 4,45 (16,05)	0,006
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	100,00 ± 0,00 (0,00)	1,000
Supination	100,00 ± 0,00 (0,00)	98,29 ± 1,16 (4,17)	0,228
Radialabduktion	89,71 ± 6,23 (17,63)	89,43 ± 4,40 (15,87)	0,942
Ulnarabduktion	87,29 ± 5,65 (15,99)	90,69 ± 3,95 (14,25)	0,736
VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,00 ± 0,00 (0,00)	1,000
VAS Bew	0,75 ± 0,62 (1,75)	1,62 ± 0,397 (1,43)	0,371
Handkraft	88,43 ± 4,22 (11,92)	79,60 ± 4,89 (16,896)	0,500
Castaing	2,13 ± 0,81 (2,295)	2,08 ± 0,53 (1,89)	0,837
Gartland/Werley	2,75 ± 1,19 (3,37)	1,69 ± 0,398 (1,44)	0,531
	Fixateur externe [3]	Palmare Platte [3]	
Extension	88,61 ± 2,74 (12,26)	82,46 ± 4,07 (14,67)	0,155
Flexion	84,42 ± 3,54 (15,84)	82,91 ± 4,74 (17,09)	0,540
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	100,00 ± 0,00 (0,00)	0,232
Supination	98,33 ± 1,22 (5,44)	98,29 ± 1,16 (4,17)	0,630
Radialabduktion	88,94 ± 3,01 (13,45)	92,33 ± 3,03 (10,92)	0,690
Ulnarabduktion	86,68 ± 3,74 (16,72)	88,44 ± 3,98 (14,33)	0,796

VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,232
VAS Bew	1,37 ± 0,42 (1,86)	1,35 ± 0,64 (2,30)	0,953
Handkraft	66,76 ± 5,95 (26,63)	84,24 ± 6,15 (22,17)	0,096
Castaing	2,26 ± 0,48 (2,08)	2,38 ± 0,55 (1,98)	0,520
Gartland/Werley	1,75 ± 0,54 (2,40)	2,08 ± 0,62 (2,22)	0,325

Mittelwert ± SEM (SD)

[1]: normale Spongiosadichte (> 120 mg HA/cm³)

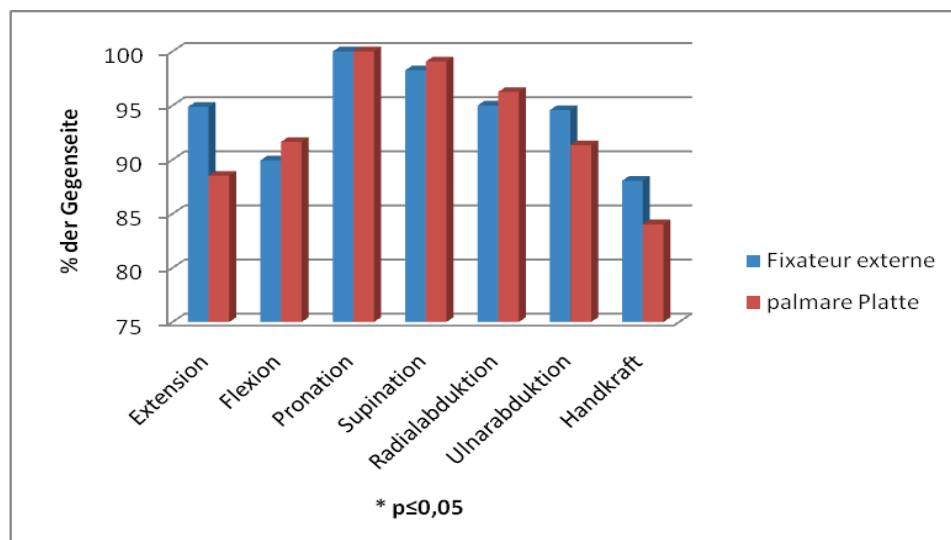
[2]: osteopenische Spongiosadichte (80 – 120 mg HA/cm³)

[3]: osteoporotische Spongiosadichte (< 80 mg HA/cm³)

Signifikanz: $p \leq 0,05$ (t-Test für unabhängige Stichproben)

Nach 1 Jahr war die Handgelenksfunktion bei den meisten Patienten gut bzw. sehr gut. Die Ergebnisse bei den Patienten mit normaler Knochendichte waren in etwa gleich und es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Handkraft war nach externer Fixation mit $80,8 \pm 6,5$ (24,99) % etwas geringer als nach ORIF mit $85,95 \pm 4,3$ (16,1) Prozent, aber nicht signifikant ($p=0,84$). In der Gruppe mit osteopenischer Spongiosadichte war die Flexion mit 97 % signifikant höher ($p=0,05$) beim Fixateur externe als nach palmarer Platte mit 79 %. Die Radialabduktion war ebenfalls mit 100 % deutlich höher nach externer Fixation als nach ORIF mit 88 % ($p=0,04$). In dieser Gruppe war die Handkraft jeweils am höchsten mit $97,6 \pm 1,7$ (4,9) % beim Fixateur externe und $91,0 \pm 3,2$ (11,6) % bei palmarer Plattenosteosynthese ($p=0,57$). Bei Osteoporose waren keine wesentlichen Unterschiede auffällig. Auch hier war aber die Handkraft nach Fixateur externe mit $88,1 \pm 2,9$ (12,8) % etwas größer als nach ORIF mit $84,0 \pm 6,9$ (23,9) %. [Abbildung 27].

Abb. 27. Funktionelle Ergebnisse 1 Jahr postoperativ bei Patienten mit Osteoporose



Die Schmerzskala ergab in der Gruppe der normalen Knochendichte geringfügig höhere Werte nach Fixateur externe, lag aber mit 0,27 in Ruhe und 1,73 bei Bewegung im niedrigen Bereich. Bei den Patienten mit Osteoporose hingegen waren die Schmerzen bei Bewegung nach palmarer Plattenosteosynthese etwas größer, jedoch ebenfalls gering. Signifikante Unterschiede zeigten sich nicht.

Bei Betrachtung der Scores waren wiederum keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen. Bei den Patienten mit normaler Spongiosadichte waren die Ergebnisse nach ORIF etwas besser, bei den Patienten mit Osteoporose nach externer Fixation. Insgesamt waren die Ergebnisse der Scores in allen Gruppen gut bzw. sehr gut. Im Einzelnen sind die Werte in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13. Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit von der Knochendichte 1 Jahr postoperativ

	Fixateur externe [1]	Palmare Platte [1]	Sign (p)
Extension	95,12 ± 2,07 (8,02)	94,997 ± 2,62 (9,79)	0,644
Flexion	90,61 ± 2,85 (11,05)	88,01 ± 4,16 (15,57)	0,644
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	100,00 ± 0,00 (0,00)	0,333
Supination	97,78 ± 1,89 (4,60)	98,41 ± 1,59 (5,94)	0,931
Radialabduktion	99,26 ± 0,74 (2,87)	95,83 ± 3,31 (12,37)	0,278
Ulnarabduktion	91,64 ± 3,58 (13,87)	93,14 ± 4,91 (18,36)	0,835
VAS Ruhe	0,27 ± 0,27 (1,03)	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,590
VAS Bew	1,73 ± 0,67 (2,61)	1,11 ± 0,51 (1,92)	0,963
Handkraft	80,80 ± 6,45 (24,99)	85,95 ± 4,30 (16,098)	0,837
Castaing	2,13 ± 0,59 (2,295)	1,57 ± 0,42 (1,56)	0,952
Gartland/Werley	2,00 ± 0,54 (2,10)	1,21 ± 0,45 (1,67)	0,770
	Fixateur externe [2]	Palmare Platte [2]	
Extension	91,99 ± 4,23 (12,68)	95,07 ± 2,21 (7,97)	0,846
Flexion	96,996 ± 2,12 (6,36)	79,24 ± 4,87 (17,57)	0,005
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	100,00 ± 0,00 (0,00)	1,000
Supination	100,00 ± 0,00 (0,00)	99,15 ± 0,86 (3,08)	0,405
Radialabduktion	100,00 ± 0,00 (0,00)	87,98 ± 5,03 (18,14)	0,041
Ulnarabduktion	91,57 ± 4,42 (13,24)	92,37 ± 3,42 (12,32)	0,904
VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,00 ± 0,00 (0,00)	1,000
VAS Bew	0,56 ± 0,56 (1,67)	1,04 ± 0,43 (1,56)	0,251
Handkraft	97,60 ± 1,72 (4,87)	91,03 ± 3,21 (11,57)	0,574
Castaing	1,38 ± 0,75 (2,13)	1,54 ± 0,45 (1,61)	0,756
Gartland/Werley	1,44 ± 0,96 (2,88)	0,69 ± 0,35 (1,25)	0,932
	Fixateur externe [3]	Palmare Platte [3]	
Extension	94,88 ± 1,82 (7,93)	88,51 ± 5,27 (18,25)	0,390
Flexion	89,93 ± 3,27 (14,25)	91,64 ± 4,02 (13,92)	0,947
Pronation	100,00 ± 0,00 (0,00)	100,00 ± 0,00 (0,00)	0,277
Supination	98,25 ± 1,28 (5,57)	99,07 ± 0,93 (3,21)	0,738
Radialabduktion	94,9995 ± 2,76 (12,04)	96,25 ± 3,75 (12,99)	0,879
Ulnarabduktion	94,58 ± 3,18 (13,85)	91,33 ± 5,44 (18,83)	0,382
VAS Ruhe	0,00 ± 0,00 (0,00)	0,00 ± 0,00 (0,00)	1,000

VAS Bew	0,63 ± 0,28 (1,21)	1,04 ± 0,598 (2,07)	0,545
Handkraft	88,06 ± 2,93 (12,79)	84,03 ± 6,9 (23,89)	0,984
Castaing	1,37 ± 0,28 (1,21)	2,08 ± 0,9 (3,12)	0,664
Gartland/Werley	0,47 ± 0,25 (1,07)	2,42 ± 1,06 (3,68)	0,062

Mittelwert ± SEM (SD)

[1]: normale Spongiosadichte (> 120 mg HA/cm³)

[2]: osteopenische Spongiosadichte (80 – 120 mg HA/cm³)

[3]: osteoporotische Spongiosadichte (< 80 mg HA/cm³)

Signifikanz: $p \leq 0,05$ (t-Test für unabhängige Stichproben)

Die radiologische Auswertung und der Vergleich der einzelnen Gruppen miteinander zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Therapieverfahren und den einzelnen Gruppen der Knochendichte (Tabelle 14). So war keine Häufung der radialen Verkürzung bei osteoporotischem Knochen ersichtlich, unabhängig vom operativen Verfahren. Ebenso verhielt es sich mit der Dorsalkippung. Auch hier zeigte sich keine Tendenz zur verminderten Knochendichte.

Bei einer Patientin mit Osteoporose wurde der Fixateur externe zu früh bei noch unzureichender Durchbauung ambulant entfernt. Daraufhin kam es zum Repositionsverlust und letztlich zur Ausheilung mit 3 mm radialer Verkürzung.

Tabelle 14. Radiologische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte

	Fixateur externe [1]	Palmare Platte [1]	Fixateur externe [2]	Palmare Platte [2]	Fixateur externe [3]	Palmare Platte [3]
Radiale Verkürzung						
0	9	16	7	9	13	12
1 mm	5	1	1	3	5	0
2 mm	1	0	1	0	1	1
3 mm	1	0	0	1	1	1
palmare Kippung						
15°	4	0	1	0	6	0
10°	1	1	2	1	4	1
5°	8	2	4	0	8	2
0°	3	13	2	8	2	9
Dorsale Kippung						
5°	0	1	0	3	0	1
10°	0	0	0	1	0	1

[1]: normale Spongiosadichte (> 120 mg HA/cm³)

[2]: osteopenische Spongiosadichte (80 – 120 mg HA/cm³)

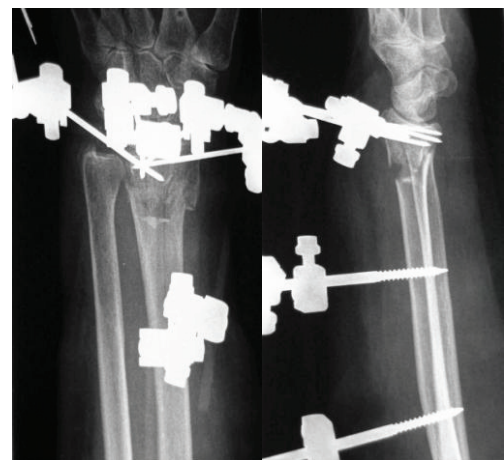
[3]: osteoporotische Spongiosadichte (< 80 mg HA/cm³)

In der folgenden Abbildung ist ein Fallbeispiel einer 82-jährigen Patientin mit Verminderung der Knochendichte aufgeführt. Es ist der Verlauf vom Unfall über die postoperativen Bilder mit Fixateur externe bis hin zu 1 Jahr postoperativ dargestellt. Die Wiederherstellung der palmaren Kippung der Gelenkfläche ist gut sichtbar. Im Vergleich zur gesunden Gegenseite sieht man die Erhaltung der physiologischen radialen Länge. [Abb 28].

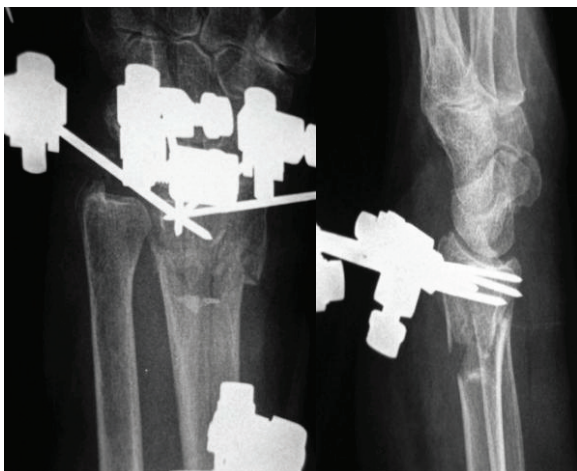
Abbildung 28. Röntgenbilder einer 82jährigen Patientin mit verminderter Knochendichte, die mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe behandelt wurde



Unfallbilder



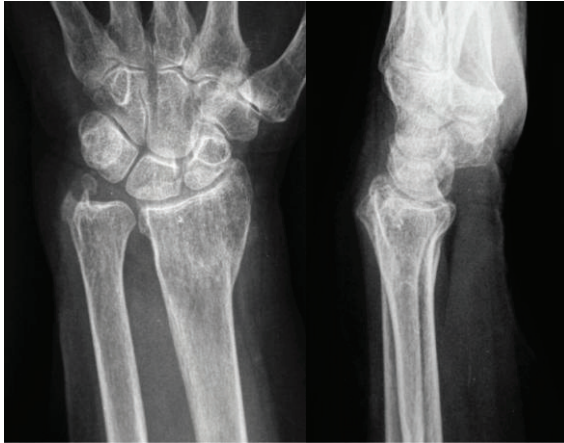
1. Tag postoperativ (1)



1. Tag postoperativ (2)



8 Wochen postoperativ



1 Jahr postoperativ



Gegenseite

4.5 Komplikationen

Bei 6 Patienten (12%) entwickelte sich eine Infektion an den Eintrittsstellen der Schanzschrauben (n=5) bzw. der Kirschnerdrähte (n=1). In 5 Fällen bildeten sich die oberflächlichen Infektionen unter sorgfältiger Reinigung und lokaler Pflege rasch zurück. Eine Patientin hingegen war mit dem Fixateur externe an der Tür hängengeblieben und zog sich dabei eine Lockerung des radialen Kirschnerdrahtes mit einer kleinen Wunde der Eintrittsstelle zu. Daraufhin wurde der K-Draht entfernt und die Infektion erfolgreich antibiotisch therapiert.

Die Diagnose Complex Regional Pain Syndrome Typ I wurde anhand der Diagnosekriterien nach Bruehl gestellt [14]. Bei 2 Patientinnen mit palmarer Plattenosteosynthese (3,9%) und 1 Patientin mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe (2%) zeigte sich 8 Wochen postoperativ ein CRPS I. Daraufhin wurde die entsprechende medikamentöse und krankengymnastische Behandlung eingeleitet. Unter der Therapie besserten sich die Symptome der Patientinnen mit palmarer Platte, bestanden jedoch 1 Jahr nach der OP noch. Die Patientin mit externer Fixation war 1 Jahr postoperativ im Bereich des Handgelenkes und der Finger beschwerdefrei, klagte jedoch über eine „Verlagerung der Schmerzen“ in den Oberarm und die Schulter. Drei Patientinnen mit dem Fixateur externe wiesen verstärkte Schmerzen, Überwärmung sowie eine deutliche Schwellung des Handgelenkes und der Finger auf. Unter analgetischer und physiotherapeutischer Behandlung waren die Beschwerden innerhalb kurzer Zeit abgeklungen und die Diagnose des CRPS I wurde nicht gestellt.

Ein Carpaltunnelsyndrom (CTS) der operierten Hand wurde bei 5 Patienten registriert (4,9%). Dabei handelte es sich um eine Patientin mit einem Fixateur externe (2%) und 4 Patienten mit einer palmaren Platte (7,7%).

Bei einer Patientin wurde aufgrund des CTS das Implantat entfernt und das Ligamentum carpi transversum gespalten. Die anderen 3 Patienten mit ORIF konnten erfolgreich konservativ therapiert werden.

Eine operative Behandlung war bei der Patientin mit externer Fixation indiziert. Aufgrund multipler Begleiterkrankungen mit einem erhöhten Narkoserisiko lehnte die Patientin den Eingriff jedoch ab.

Zu den Sehnenverletzungen mit insgesamt 4,9% zählten die Ruptur der Sehne des Musculus Extensor-Pollicis-Longus (EPL-Ruptur; n=3; 2,9%), Strecksehnenverklebung (n=1; 1,0%) sowie die Beugesehnenläsion nach Einklemmen unter dem Implantat (n=1; 1,0%).

Nach der externen Fixation zeigte sich bei 2 Patienten eine EPL-Ruptur (4%), die mittels Extensor-Indicis-Plastik operativ therapiert wurde. Bei einer Patientin trat die Ruptur bei noch liegendem Fixateur auf. Die andere Patientin litt unter einer Nierengefäßerkrankung und wurde seit Jahren mit Glukokortikoiden behandelt, sodass ein eventueller Zusammenhang in Betracht gezogen werden muß. Hier erfolgte die Ruptur 11 Monate postoperativ.

Vermutlich aufgrund einer überstehenden Schraube erfolgte die EPL-Ruptur bei einer Patientin mit palmarer Plattenosteosynthese (1,92%). Drei Monate postoperativ seien eine Rötung und Schwellung im Bereich des 3. Strecksehnenfaches aufgetreten und in dem Zusammenhang die Ruptur. Das Implantat wurde entfernt, die Extensor-Indicis-Plastik jedoch von der Patientin abgelehnt. Weiterhin zeigte sich bei einer Patientin eine Strecksehnenverklebung radial in Höhe des Gelenkspaltes, die klinisch wie ein Ganglion imponierte. Nach Implantatentfernung und Lösung der Verklebung war die Patientin beschwerdefrei. Sechs Wochen postoperativ stellte sich eine Patientin mit Beugedefizit im Endglied des Zeigefingers sowie des Daumens vor. Aufgrund anhaltender Beschwerden erfolgte 3 Monate postoperativ die Implantatentfernung. Dabei zeigte sich eine unter der Platte verklemmte Beugesehne. Die Beugesehnen wurden mobilisiert. Klinisch ergab sich jedoch keine Besserung der Beeinträchtigung.

Bei 14 Patienten (26,9%) dieser Studie wurde 3 Monate bis 1 Jahr postoperativ die palmare Platte operativ entfernt. Der häufigste Grund waren anhaltende Beschwerden und das Gefühl, dass die Platte störe (n=8). Bei einer Patientin wurde in einer auswärtigen Klinik im Zuge einer Umstellungsosteotomie das Implantat entfernt. Die

Umstellungsosteotomie nach Kapandji wurde aufgrund einer Instabilität im distalen Radioulnargelenk durchgeführt. Weitere Indikationen waren eine erneuter Sturz mit einem Plattenbruch (n=1), Karpaltunnelsyndrom (n=1), Strecksehnenruptur aufgrund einer überstehenden Schraube (n=1), Strecksehnenverklebung (n=1) sowie die Verklemmung einer Beugesehne unter der Platte (n=1).

Insgesamt wurden 16 Patienten (15,7%) innerhalb des 1. Jahres nach Frakturversorgung erneut operiert. Hier war der Anteil der Folgeeingriffe nach palmarer Plattenosteosynthese mit 26,9% (n=14) deutlich höher gegenüber 4% (n=2) nach Fixateur externe.

5. Diskussion

Zur operativen Behandlung distaler Radiusfrakturen stehen verschiedene Verfahren mit einer Vielzahl von Implantaten zur Verfügung. Es wurden bereits zahlreiche Studien durchgeführt, um die einzelnen Verfahren zu prüfen und zu vergleichen. In dieser Studie erfolgte erstmalig die Gegenüberstellung des Standardverfahrens der offenen Reposition und internen Fixation mit einer palmaren winkelstabilen Platte und dem neu entwickelten nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe.

Die operative Behandlung distaler dislozierter Radiusfrakturen mit einem gelenkübergreifenden Fixateur externe ist ein anerkanntes Verfahren. Bei der Anlage eines gelenküberbrückenden Fixateur externe am Handgelenk werden in der Regel zwei Schanzschrauben im Radiuschaft proximal der Fraktur platziert und zwei Schanzschrauben im Metacarpale 2. Nach Reposition und gegebenenfalls zusätzlicher Fixation der Frakturfragmente mit Kirschnerdrähten erfolgt über Schrauben und Carbonstangen die Montage des Fixateur externe. Mit diesem minimal-invasiven Verfahren wird eine sichere Stabilisierung der Fraktur ermöglicht. Der Nachteil besteht jedoch in der Immobilisierung des Handgelenkes.

In den letzten Jahrzehnten erfolgten daher vielfach Entwicklungen von Fixateuren, die entweder einen begrenzten Bewegungsumfang des Handgelenkes erlaubten bzw. das Handgelenk nicht überbrückten [37; 39; 67; 69; 112].

Zu den gelenkübergreifenden Fixateuren zählen unter anderem der „Clyburn dynamic fixator“, der 1987 entwickelt wurde [20]. Jedoch war die Komplikationsrate deutlich höher als nach statischer Fixation und insbesondere traten häufig Repositionsverluste auf [100].

McQueen et al. behandelten ab 1996 erstmalig 20 Patienten mit dem nicht gelenküberbrückenden „Hoffmann 2 Compact External Fixator“ und erzielten vielversprechende Ergebnisse [67]. Bei Anlage dieses Fixateur externe werden 2 Pins im distalen Frakturfragment parallel zur Gelenkfläche bikortikal platziert und 2 Schanzschrauben im Radiuschaft proximal der Fraktur. Nach anatomiegerechter Reposition erfolgt die Montage und stabile Fixierung [67]. Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung dieses Fixateurs ist eine ausreichende Größe des distalen Frakturfragmentes zur sicheren Platzierung der Pins [67].

Der kleine AO-Fixateur externe wurde Anfang der 80er Jahre entwickelt und eingesetzt [111]. Auch bei dieser Konfiguration werden in das distale Frakturfragment 2 Gewinde-Kirschnerdrähte (2,5mm) konvergierend eingebracht. Die Pins werden von dorsoulnar bzw. dorsoradial nach jeweils ulnopalmar platziert. Die Pins werden durch einen Verbindungsstab miteinander verbunden und nach Reposition über zwei weitere

Verbindungsstäbe V-förmig mit 2 Schanzschrauben im Radiusschaft fixiert [112]. Zur stabilen Fixierung muß auch bei diesem Fixateur das distale Fragment groß genug sein und es sollten nicht mehr als 2 distale Frakturfragmente vorliegen, um jeweils ein Fragment je Pin fassen zu können [112].

In der Uniklinik Rostock wurde im Jahr 2001 ein neues Operationsverfahren mit einer Modifikation der Ilizarov-Technik entwickelt. Als wesentlicher Unterschied zu den anderen Operationstechniken von nicht gelenkübergreifenden Fixateuren erfolgt hier primär die Anlage gelenküberbrückend zur Wiederherstellung der Länge. Anschließend werden 3 bis 4 Kirschnerdrähte (1,8 oder 2,0mm) in semicirculärer Anordnung, ähnlich des Ilizarov-Prinzips, im distalen Frakturfragment platziert. Nach Einbringen der Drähte kann das distale Fragment mit den Drähten im Sinne eines Joy-Sticks kontrolliert und exakt reponiert werden. Nach Verbindung der K-Drähte mit dem Fixateursystem kann die gelenkübergreifende Komponente entfernt werden und es ist die freie Bewegung im Handgelenk möglich. Durch das Einsetzen von mindestens 3 K-Drähten ist hier das Fassen und somit die Kontrolle der einzelnen Fragmente bei Mehrfragmentfrakturen möglich. Daher ist im Gegensatz zum Hoffmann 2 Fixateur und kleinen Fixateur externe der AO die Anlage und geschlossene anatomiegerechte Reposition auch bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung und multiplen Fragmenten durchführbar.

Das Prinzip des nicht gelenkübergreifenden Cross-Pin-Fixator (CPX-System) beruht auf Positionierung mehrerer K-Drähte (1,6mm) in verschiedenen Winkeln und Höhen im distalen Fragment und Fixierung über Verbindungsstangen mit Schanzschrauben, die proximal der Fraktur eingebracht sind. Jedoch wird auch hier die Indikation bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung stark eingeschränkt auf undislozierte Frakturen [68; 69].

Eine weitere Modifikation der Ilizarovtechnik stellt der externe Hybrid-Fixateur dar, wo zwei sich kreuzende Kirschnerdrähte in das distale Frakturfragment eingebracht und mit einem 3/5-Ilizarovring verbunden werden. Über 2 Verbindungsstangen erfolgt radial und ulnar die Verbindung mit einer Schanzschraube im Radiusschaft [39]. Da die K-Drähte ventral sowie dorsal die Ulna tangieren ist bei liegendem Fixateur keine Pro- und Supination im distalen Radiolulnargelenk möglich. Zudem ist keine direkte Kontrolle des distalen Frakturfragmentes und somit exakte Reposition über die Drähte gewährleistet und das Verfahren für C-Frakturen ungeeignet [39].

Im Vergleich dieser Operationstechniken schließt der radio-radiale Fixateur externe der Uniklinik Rostock als einziges System auch dislozierte Gelenkfrakturen mit mehreren Frakturfragmenten als Indikation ein. Der Hoffmann 2 Fixateur sowie der kleine Fixateur externe der AO sind nach Untersuchung in klinischen Studien als geeignete Methoden bei A3- Frakturen sowie C1- und C2-Frakturen mit maximal 2 Fragmenten

beschrieben worden [4, 67; 112]. Eine stabile Retention bei freier Beweglichkeit des Handgelenkes in sämtlichen Bewegungsebenen wird ermöglicht. Hingegen erscheint der Hybrid-Fixateur externe, der die Pro- und Supination bei liegendem Fixateur verhindert und zudem keine anatomische Reposition und sichere Fixierung bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung erlaubt, als eher ungeeignetes Verfahren [39].

Es sind bereits durch z.B. Grewal, Hove und Wei prospektiv randomisierte Studien sowohl über die konservative Therapie als auch die verschiedenen operativen Verfahren zur Behandlung distaler Radiusfrakturen durchgeführt worden [41; 44; 108]. Es wurden beispielsweise die geschlossene Reposition und gelenküberbrückende externe Fixation und offene Reposition und palmare Plattenosteosynthese verglichen oder die gelenküberbrückende mit der nicht gelenküberbrückenden externen Fixation [32; 64; 111]. Jedoch erfolgte bisher in keiner Studie eine direkte Gegenüberstellung der ORIF mit geschlossener Reposition und Anlage eines nicht gelenkübergreifenden Fixateur externe.

Über einen Zeitraum von Januar 2004 bis April 2005 wurden in der Uniklinik Rostock 102 Patienten mit distaler Radiusextensionsfraktur prospektiv erfaßt und entsprechend der Randomisierung mit einem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe (n=50) oder einer palmaren winkelstabilen Platte (n=52) operativ versorgt. Im Vergleich zu anderen prospektiv randomisierten Studien, wurden hier deutlich mehr Patienten erfaßt. Hove et al. veröffentlichten 2010 eine multizentrische Studie mit insgesamt 70 Patienten, die mit einem dynamischen bzw. statischen gelenküberbrückenden Fixateur externe behandelt wurden [44]. Eine weitere Untersuchung dynamischer versus statischer gelenküberbrückender externer Fixation von Sommerkamp 1986 bis 1989 erfaßte insgesamt 73 Patienten mit 75 Frakturen (38 versus 37 Versorgungen) [100]. Wei verglich 3 operative Verfahren (gelenküberbrückende externe Fixation, palmare und radiale Plattenosteosynthese) an nur 46 Patienten, mit einer Verteilung in die einzelnen Therapiegruppen von 22 Patienten in Gruppe 1 und jeweils 12 Patienten in Gruppe 2 und 3 [108]. Je mehr Patienten pro Operationstechnik eingeschlossen und gegenübergestellt werden, desto höher ist die Aussagefähigkeit der Untersuchung. In den meisten prospektiv randomisierten Studien bei distalen Radiusfrakturen wurden mindestens 30 Patienten pro Therapieverfahren eingeschlossen, sodass die hier vorgestellte Studie mit 50 bzw. 52 Patienten pro Gruppe vergleichbar und aussagekräftig ist.

Die Randomisierung erfolgte in unserer Untersuchung anhand des Aufnahmedatums. An einem geraden Tag wurden die Patienten der Fixateur-Gruppe zugeordnet, an einem ungeraden Tag der Platten-Gruppe. In anderen Studien, wie z.B. bei Wei oder

Hove, wurde die Randomisierung durch ein Computerprogramm durchgeführt [44; 108]. Sommerkamp ordnete die Patienten aufgrund Listennummern den einzelnen Therapiegruppen zu [100].

Ziel der operativen Versorgung distaler Radiusfrakturen ist eine übungsstabile Osteosynthese oder Fixierung um die sofortige krankengymnastische Beübung der Finger und des Handgelenkes zu ermöglichen. Nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese kann dies ab dem ersten postoperativen Tag erfolgen. Im Gegensatz zur gelenkübergreifenden externen Fixation ist mit dem nicht gelenkübergreifenden Fixateur externe ebenfalls ab dem ersten postoperativen Tag die Beübung in sämtlichen Bewegungsebenen des Handgelenkes möglich.

In der beschriebenen Studie wurden die Patienten mit externer Fixation ab dem ersten postoperativen Tag angehalten, das Handgelenk und die Finger der betroffenen Hand zu bewegen. Die Patienten mit ORIF erhielten bis Abschluß der Wundheilung noch eine Gipsschiene und beübten dann ebenfalls frei. Beide Gruppen sollten das Handgelenk 6 Wochen postoperativ nicht belasten und ab der 7. Woche erfolgte der schmerzadaptierte Belastungsaufbau. Der Fixateur externe wurde nach 7 Wochen entfernt. In den verschiedenen Studien mit nicht gelenküberbrückender externer Fixation wird das Belassen des Fixateurs mit 4 bis 8 Wochen beschrieben [6; 32; 39; 64; 112], zumeist 6 bis 7 Wochen. Entscheidender Vorteil hierbei ist, dass trotz liegendem Fixateur die Bewegung frei möglich ist, und daher bei verzögerter Frakturheilung oder Osteoporose ein längeres Belassen des Fixateurs keine funktionellen Nachteile ergibt [112].

Die geschlossene Reposition und Anlage des nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe wurde im Durchschnitt in 43 Minuten sicher durchgeführt. Das stimmte mit anderen Studien überein, die die einfache Operationstechnik und ambulante Durchführbarkeit des Eingriffes beschrieben [30; 31; 112]. Die längere Operationsdauer und längere Krankenaufenthaltsdauer verbunden mit einem höheren materiellen und personellen Aufwand bestätigte den von Schupp bemängelten Nachteil der offenen Reposition und winkelstabilen Plattenosteosynthese [95].

Klinisch zeigten beide Patientengruppen 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ ein annähernd gleiches Bewegungsausmaß des Handgelenkes. Nach 6 Monaten war die Flexion bei den Patienten mit dem Fixateur externe sogar signifikant besser. Mehrere Autoren berichteten ebenfalls über gute bis sehr gute funktionelle Ergebnisse mit einem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe [4; 30; 31; 32; 64]. Die Handkraft war 8 Wochen postoperativ bei den Patienten mit externer Fixation deutlich

vermindert im Vergleich zur ORIF. In einer Studie von McQueen wurde eine deutlich höhere Handkraft bei nicht gelenküberbrückendem Fixateur gegenüber gelenküberbrückendem Fixateur beschrieben [64]. Einen Vergleich nicht gelenküberbrückender Fixateur externe mit palmarer Plattenosteosynthese hatte es bisher noch nicht gegeben, sodass keine Vergleichsmöglichkeit besteht. Jedoch war die Handkraft 6 Monate postoperativ bei beiden Patientengruppen gleich und nach 1 Jahr zeigte sich beim Fixateur externe sogar eine etwas größere Handkraft. Das Schmerzniveau war 8 Wochen postoperativ bei den Patienten mit Fixateur externe deutlich geringer. Kapoor hielt hier das deutlich größere Trauma bei der offenen Reposition und Plattenosteosynthese für eine mögliche Ursache [52]. Nach 6 Monaten und 1 Jahr war das Schmerzniveau in beiden Gruppen sehr gering und annähernd gleich.

Die knöcherne Durchbauung und Konsolidierung war bei allen Frakturen, unabhängig vom Verfahren, erfolgt. Es trat bei beiden Verfahren kein Repositionsverlust auf. Die Palmarkippung der Gelenkfläche wurde deutlich besser mit dem Fixateur externe erreicht. Dies beruhte auf der Möglichkeit der direkten Reposition des distalen Fragmentes mit den Pins als „Joysticks“ und wurde schon mehrfach als positiv und erfolgreich beschrieben [30; 31; 64]. Die Wiederherstellung der radialen Länge gelang geringfügig besser mit der palmarer Plattenosteosynthese. Da die radiale Verkürzung jedoch meist nur 1 mm betrug, war ein Zusammenhang mit der besseren Palmarkippung und somit täuschender Projektion des palmarer Randes der radialen Gelenkfläche im Röntgenbild nicht auszuschließen. Mehrere Autoren berichteten über eine gute Wiederherstellung und auch Erhaltung der radialen Länge, die diese Studie bestätigen konnte [4; 28; 30; 64]. Sommerkamp hingegen beobachtete einen vermehrten Längenverlust bei nicht gelenküberbrückender externer Fixation [100]. Inkongruenzen der Gelenkfläche traten in dieser Studie bei den Patienten mit dem Fixateur externe nicht auf. Bei einem Patienten mit palmarer Platte resultierte eine Gelenkstufe von 1 mm. Das zeigte, dass die bekannte gute Rekonstruktion der Gelenkfläche mit der winkelstabilen Platte [95] ebenso mit dem Fixateur externe erreicht wurde.

Die Rate an Pin-Infektionen betrug in dieser Studie 12%. Hauptsächlich waren die Schanzschrauben betroffen. In einem Fall war die Infektion durch Hängenbleiben mit dem Fixateur verursacht. Bei den anderen Patienten war die Infektion auf unzureichende Pflege der Pins zurückzuführen. Die beobachtete Rate von 12% lag jedoch noch deutlich unter der Infektionsrate anderer Studien mit 19, 21 und 31% [4; 2;

31]. Ein Carpal-tunnelsyndrom trat bei einer Patientin mit Fixateur externe (2%) und 4 Patienten mit palmarer Platte auf (7,7%). Hier schwankten die Angaben in der Literatur zwischen 1 und 3% [5; 81]. Somit schienen die Ergebnisse dieser Studie nach ORIF über dem Durchschnitt zu liegen. Bei insgesamt 3 Patienten (2,9%) entwickelte sich ein CRPS I (Fixateur externe: n=1; palmare Platte: n=2). Unter medikamentöser und physiotherapeutischer Behandlung waren die Symptome deutlich rückläufig und nur bei einer Patientin 1 Jahr postoperativ noch gering nachweisbar. Weiterhin zeigten sich 8 Wochen postoperativ bei 3 Patienten mit Fixateur externe vermehrte Schwellung, Rötung und Schmerzen im Sinne eines CRPS I. Unter Analgesie waren die Symptome jedoch rasch rückläufig, sodass die Diagnose des CRPS I nicht gestellt wurde. Generell wird das Auftreten eines CRPS I nach distalen Radiusfrakturen zwischen 6 und 25% beschrieben [5; 7; 106]. Im Hinblick auf diese Studie schien kein Unterschied für die Entwicklung des CRPS I durch die geschlossene bzw. offene Reposition zu bestehen. Nach Anlage eines nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe berichteten McQueen und Krishnan über 5 bzw. 3,3% an EPL-Rupturen [59; 64]. Dies stimmt mit dem Ergebnis der aktuellen Studie von 3,8% bei externer Fixation überein. Bei der palmaren Plattenosteosynthese kam es bei einer Patientin aufgrund einer überstehenden Schraube zur EPL-Ruptur. In der Literatur wird ausdrücklich darauf verwiesen, die distalen Schrauben dorsal keinesfalls zu lang einzubringen, da hierdurch Sehnenreizungen und -rupturen verursacht werden [49]. In Studien wird nach palmarer Plattenosteosynthese eine Rate von EPL-Rupturen 2,2% angegeben [81], nach dorsaler Plattenosteosynthese von 7% [85]. Die Ruptur der M. flexor pollicis longus-Sehne wurde als Komplikation der palmaren Plattenosteosynthese beschrieben [25; 81]. Als Ursache wird ein Vorstehen des distalen Plattenendes angesehen [81]. Dies konnte in dieser Studie nicht beobachtet werden. Jedoch kam es bei einer Patientin zu einer Beugesehnenverklebung unter der Platte.

Eine Implantatentfernung der Platte erfolgte bei insgesamt 14 Patienten (26,9%). Die Komplikationen wie Sehnenverletzungen, CTS und Plattenbruch nach erneutem Sturz (n=5). In anderen klinischen Studien war die Re-Operationsrate deutlich geringer, zum Beispiel mit 7,3% bei Rozental und 8% bei Rampoldi [81; 89]. Bei der Studie von Wright war keine Implantatentfernung notwendig, jedoch wurden lediglich 11 Patienten eingeschlossen [111].

Rampoldi empfiehlt ausdrücklich die frühzeitige Entfernung der palmaren Platte, wenn im Röntgenbild ein prominentes distales Plattenende oder im distalen Fragment dorsal überstehende Schrauben auffällig sind, um Sehnenirritationen und -rupturen vorzubeugen [81].

Während für die winkelstabile Platte von mehreren Autoren sicherer Halt in osteoporotischem Knochen bescheinigt wurde [61; 63; 95], wurde von Gausepohl ein verminderter Halt der Implantate mit erhöhtem sekundären Repositionsverlust beschrieben [35]. In der aktuellen Studie zeigte sich bei beiden Verfahren jeweils keine Implantatlockerung oder gar ein Repositionsverlust. Sowohl die winkelstabile Platte als auch der Fixateur externe wiesen sicheren Halt und stabile Retention bei Patienten mit normaler Knochendichte, verminderter Knochendichte und Osteoporose auf. Hier stellte sich noch ein zusätzlicher Vorteil des Fixateur externe dar. Da die freie Beweglichkeit des Handgelenkes bei liegendem Fixateur ermöglicht war, konnte das Implantat ohne Nachteile bis zur knöchernen Konsolidierung belassen werden.

In der Studie wurden die guten klinischen und radiologischen Resultate bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen mit der winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese bestätigt. Der Vergleich mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe sollte überprüfen, inwieweit der Fixateur externe an die Ergebnisse des ORIF anknüpft und wie zuverlässig dieses Verfahren hinsichtlich sämtlicher untersuchter Gesichtspunkte ist. Dabei zeigte sich ein erstaunlich gutes, wenn nicht sogar besseres Abschneiden des nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe.

Das Fazit dieser Studie ist, dass der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe ein sicheres und stabiles operatives Therapieverfahren zur Behandlung distaler Radiusfrakturen der AO-Klassifikation A3 und C1 – C3 ist. Sowohl die radiale Länge als auch die palmare Kippung der Gelenkfläche und die Anatomie der Gelenkfläche können sicher wiederhergestellt und auch gehalten werden, auch bei osteoporotischer Knochensubstanz. Spätestens nach 1 Jahr haben die meisten Patienten die volle Handgelenksfunktion und Kraft wiedererlangt und haben keinerlei Beeinträchtigungen. Durch die freie Beweglichkeit im Handgelenk kann der Fixateur externe ohne Funktionseinbußen vor allem bei osteoporotischer Knochensubstanz bis zur ausreichenden knöchernen Durchbauung der Fraktur belassen werden. Die Komplikationsrate ist gering und die Patienten tolerieren den nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe gut. Die frühe Gebrauchsfähigkeit kommt den Patienten im Alltag deutlich zugute.

6. Zusammenfassung

Diese prospektiv randomisierte Studie vom Januar 2004 bis Mai 2006 untersuchte zwei operative Verfahren zur Behandlung der distalen Radiusfraktur. Die geschlossene Reposition mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe stand hinsichtlich klinischer und radiologischer Resultate der offenen Reposition und internen Fixation (ORIF) mittels palmarer, winkelstabiler Platte gegenüber.

In die Studie wurden 102 Patienten eingeschlossen. Mit dem nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe sind 50 Patienten, mit der palmaren Plattenosteosynthese 52 Patienten operativ versorgt worden. Erfasst wurden neben Alter, Geschlecht, Frakturklassifikation und operativen Daten, die klinischen und radiologischen Ergebnisse 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr postoperativ. Zur Beurteilung der Lebensqualität wurde der Fragebogen SF-36 1 Woche und 8 Wochen nach der Operation erhoben. Die Knochendichte am distalen Radius der Gegenseite wurde mittels peripherer quantitativer Computertomographie (pQCT) gemessen.

Vorteile des nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe zeigten sich hinsichtlich der Operationsdauer und der Krankenhausaufenthaltsdauer. Die Beweglichkeit des operierten Handgelenkes wies 8 Wochen und 6 Monate postoperativ nur geringe Unterschiede zwischen beiden Versorgungen auf. Lediglich die Handkraft war 8 Wochen postoperativ beim Fixateur externe deutlich vermindert, jedoch 1 Jahr postoperativ sogar höher als bei der Plattenosteosynthese. Die Lebensqualität wurde durch den Fixateur externe nicht wesentlich beeinträchtigt im Vergleich zur ORIF. Die körperlichen und emotionalen Parameter wiesen nur geringfügige Unterschiede zwischen beiden Gruppen auf. Die soziale Funktionsfähigkeit war 1 Woche postoperativ bei der externen Fixation deutlich vermindert gegenüber der ORIF. Nach 8 Wochen bestanden jedoch in keinem beurteilten Bereich signifikante Unterschiede. Das Schmerzniveau war beim Fixateur externe 8 Wochen postoperativ geringer als bei der Plattenosteosynthese, in Ruhe sogar signifikant. Nach 6 Monaten und 1 Jahr waren die Schmerzen bei beiden Verfahren gering.

Bei über 90% der Patienten, gemessen am Score nach Castaing und Gartland and Werley Score, lag 1 Jahr postoperativ ein gutes oder sehr gutes klinisches und radiologisches Resultat vor. Die meisten Patienten gaben an, ihre Hand wie vor dem Unfall gebrauchen zu können und keine oder nur minimale Beeinträchtigungen zu haben.

An Komplikationen traten Carpaltunnelsyndrome (n=5), Pin-Infektionen (n=6), Sehnenverletzungen (n=5) und bei 3 Patienten ein CRPS I auf. Das CTS war mit 4 Patienten deutlich häufiger bei der palmaren Plattenosteosynthese zu verzeichnen gegenüber 1 Patientin mit externer Fixation. Ein CRPS I entwickelten 2 Patientinnen

mit palmarer Platte und 1 Patientin mit Fixateur externe. Strecksehnenrupturen traten bei 2 Patienten mit Fixateur externe auf. Bei der ORIF kam es bei 1 Patientin zu einer Strecksehnenruptur, in einem Fall zu einer Strecksehnenverklebung und bei 1 Patientin zu einer Beugesehnenverklebung unter der Platte.

Bei 14 Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese wurde das Implantat aufgrund von Komplikationen oder auf Wunsch der Patienten entfernt.

Die Studie zeigt, dass der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe und die palmare Plattenosteosynthese zuverlässige operative Therapieverfahren der distalen Radiusfraktur sind. Dabei stellt die minimal invasive geschlossene Reposition mittels externer Fixation im Vergleich zur ORIF eine schonende Alternative mit ebenso guten bzw. teilweise sogar besseren klinischen und radiologischen Ergebnissen dar. Der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe erlaubt ab dem ersten postoperativen Tag die Beweglichkeit im Handgelenk und wird von den Patienten gut toleriert. Das Repositionsergebnis wird sicher gehalten, auch im osteoporotischen Knochen. Ohne höhere Komplikationsrate kann der Fixateur externe bis zur knöchernen Durchbauung der Fraktur belassen werden.

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Bestimmung der radialen Länge	7
Abb. 2:	Bestimmung des Radiusbasiswinkels	7
Abb. 3:	Bestimmung der Palmarwinkels	7
Abb. 4:	Operationsschritte Fixateur externe	15
Abb. 5:	Operativer Zugang bei offener Reposition und palmarer Plattenosteosynthese	16
Abb. 6:	Verteilung der Patienten nach Operationstechnik und Geschlecht	21
Abb. 7:	Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation. Fixateur externe	22
Abb. 8:	Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation. Palmare Plattenosteosynthese	22
Abb. 9:	Mittlere Operationsdauer Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp	24
Abb. 10:	Mittlere intraoperative Röntgendauer Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp	24
Abb. 11:	Mittlere Hospitalisationszeit Fixateur externe und palmare Platte. Gesamtkollektiv und Unterteilung nach Frakturtyp	25
Abb. 12:	SF-36 1 Woche postoperativ	26
Abb. 13:	SF-36 8 Wochen postoperativ	27
Abb. 14:	Handgelenksbeweglichkeit 7 Wochen postoperativ mit Fixateur externe	28
Abb. 15:	Funktionelle Ergebnisse 8 Wochen postoperativ	29
Abb. 16:	Funktionelle Ergebnisse 6 Monate postoperativ	31
Abb. 17:	Funktionelle Ergebnisse 1 Jahr postoperativ	33

Abb. 18:	Röntgenbilder Fixateur externe präoperativ, intraoperativ, postoperativ 1. Tag, 7 Wochen und 1 Jahr, Gegenseite	36
Abb. 19:	Röntgenbilder volare Platte präoperativ, intraoperativ, postoperativ 1. Tag, 8 Wochen und 1 Jahr, Gegenseite	38
Abb. 20:	Verteilung der Patienten nach Operationsverfahren und Knochendichte	39
Abb. 21:	Altersverteilung in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens	40
Abb. 22:	Operationsdauer in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens	41
Abb. 23:	Intraoperative Durchleuchtungszeit in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens	42
Abb. 24:	Hospitalisationszeit in Abhängigkeit der Knochendichte und des Operationsverfahrens	43
Abb. 25:	Funktionelle Ergebnisse 8 Wochen postoperativ bei Patienten mit Osteoporose	44
Abb. 26:	Funktionelle Ergebnisse 6 Monate postoperativ bei Patienten mit Osteoporose	46
Abb. 27:	Funktionelle Ergebnisse 1 Jahr postoperativ bei Patienten mit Osteoporose	48
Abb. 28:	Röntgenbilder einer 82jährigen Patientin mit Osteoporose nach Versorgung mit Fixateur externe präoperativ, postoperativ 1. Tag, 8 Wochen und 1 Jahr, Gegenseite	51

8. Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	AO-Klassifikation distale Radiusfrakturen	2
Tab. 2:	AO-Klassifikation distale Radiusfrakturen (Subgruppen)	3
Tab. 3:	SF-36	17
Tab. 4:	Gartland and Werley Score	18
Tab. 5:	Score nach Castaing	19
Tab. 6:	Ergebnisse Operationsdauer, intraoperativer Röntgenzeit und Hospitalisationszeit	25
Tab. 7:	Klinische Ergebnisse 8 Wochen postoperativ	30
Tab. 8:	Klinische Ergebnisse 6 Monate postoperativ	32
Tab. 9:	Klinische Ergebnisse 1 Jahr postoperativ	34
Tab. 10:	Radiologische Ergebnisse	35
Tab. 11:	Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte 8 Wochen postoperativ	45
Tab. 12:	Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte 6 Monate postoperativ	47
Tab. 13:	Klinische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte 1 Jahr postoperativ	49
Tab. 14:	Radiologische Ergebnisse in Abhängigkeit der Knochendichte	50

9. Literaturverzeichnis

1. **Abbaszadegan H, Jonsson U, von Sivers K:** Prediction of instability of Colles` fractures. Acta Orthop Scand 1989; 60: 646-650
2. **Ahlborg HG, Josefsson PO:** Pin-tract complications in external fixation of fractures of the distal radius. Acta Orthop Scand 1999; 70: 116-118
3. **Alffram PA.** Epidemiology of fractures of the forearm. A biomechanical investigation of bone strength. J Bone Joint Surg [Am] 1962; 44: 105-114
4. **Andersen JK, Hogh A, Gantov J, Vaesel MT, Hansen Tb:** Colles`fracture treated with non-bridging external fixation: a 1-year follow-up. J Hand Surg [Eur] 2009 Aug; 34 (4): 475-478
5. **Arora R, Lutz M, Zimmermann R, Krappinger D, Gabl M, Pechlaner S:** Grenzen der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. Handchir Mikrochir Plast Chir 2007; 39: 34-41
6. **Asche G:** Die dynamisierte Behandlung der handgelenksnahen und gelenkbeteiligten Speichenbrüche mit einem neuartigen Bewegungsfixateur. Aktuelle Traumatol 1990; 20: 6-10
7. **Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA:** Algodystrophy following Colles` fracture. J Hand Surg [Br] 1989; 14: 161-164
8. **Bengner U, Johnell O:** Increasing incidence of forearm fractures. A comparison of epidemiologic patterns 25 years apart. Acta Orthop Scand 1985; 56: 158-160
9. **Beumer A, McQueen MM:** Fractures of the distal radius in low-demand elderly patients: closed reduction of no value in 53 of 60 wrists. Acta Orthop Scand 2003; 74: 98-100
10. **Blumberg H:** A new clinical approach for diagnosing reflex sympathetic dystrophy. In: Bond MR, Charlton CJ, Woolf CJ: Proceedings of the 6th World Congress on Pain. Elsevier Science Publishers, Amsterdam 1991; 395-403
11. **Blumberg H, Hoffmann U, Mohadjer M, Scheremet R:** Clinical phenomenology and mechanisms of reflex sympathetic dystrophy: emphasis on edema. In: Gehart GF, Hammond DL, Jensen TS: Proceedings of the 7th World Congress on Pain, Progress in Pain Research and Management. IASP Press, Seattle 1994; 455-481
12. **Boszotta H, Helperstorfer E, Sauer G:** Zur Operationsindikation bei der distalen Radiusfraktur. Unfallchirurg 1991; 94: 417-427
13. **Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF:** The Effects of Distal Radius Fracture Malalignment on Forearm Rotation: A Cadaveric Study. J Hand Surg 1997; 22A: 258-262
14. **Bruehl S, Harden RN, Galer BS, Saltz S, Bertram M, Backonja M, Gayles R, Rudin N, Bhugra MK, Stanton-Hicks M:** External validation of IASP diagnostic criteria for Complex Regional Pain Syndrome and proposed research diagnostic criteria. International Association for the Study of Pain. Pain 1999; 81: 147-154
15. **Bullinger M:** Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey. Rehabilitation (Stuttg.) 1996 Aug; 35 (3) 17-27

16. **Campbell DA:** Open reduction and internal fixation of intra articular and unstable fractures of the distal radius using the AO distal radius plate. J Hand Surg [Br] 2000; 25 B: 6: 528-534
17. **Castaing J:** Les fractures recentes de l`extremite inferieure du radius chez l`adulte. Rev Chir Orthop 1964 ; 50: 581-696
18. **Chung KC, Shauver MJ, Birkmeyer JD:** Trends in the United States in the Treatment of Distal Radial Fractures in the Elderly. J Bone Joint Surg [Am] 2009; 91: 1868-1873
19. **Clancey GJ:** Percutaneous Kirschner-wire fixation of Colles fractures: a prospective study of thirty cases. J Bone Joint Surg [Am] 1984; 66-A: 1008-1014
20. **Clyburn TA:** Dynamic external fixation for comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius. J Bone and Joint Surg 1987; 69-A: 248-254
21. **Cooney WP:** Management of Colles` Fractures. J Hand Surg 1989;14-B: 137-139
22. **Cooney WP, Dobnys JH, Linscheid RL:** Complications of Colles` fractures. J Bone Joint Surg [Am] 1980; 62: 613-619
23. **Cooney WP III, Linscheid RL, Dobnys JH:** External pin fixation for unstable Colles` fractures. J Bone Joint Surg [Am] 1979; 61-A: 840-845
24. **Doczi J, Fröhlich P:** Die Einteilung der distalen Radiusfrakturen und ihr diagnostischer Wert. Unfallchirurg 1996; 99: 323-326
25. **Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Sturmer KM:** Results of palmar T-plate osteosynthesis in unstable fractures of the distal radius. Chirurg 2003; 74(9): 827-833
26. **Fangkvist O, Lundborg G:** Rupture of the extensor pollicis longus tendon after fracture of the lower end of the radius. A clinical and microangiographic study. Hand 1979; 11: 76-86
27. **Fernandez DL:** Correction of post-traumatic wrist deformity in adults by wrist osteotomy, bone grafting and internal fixation. J Bone Joint Surg 1982; 64A: 1164-1178
28. **Fernandez DL:** Should anatomic reduction be pursued in distal radial fractures? J Hand Surg [Br] 2000; 25: 523-527
29. **Ferris BD, Stanton J, Zamora J:** Kinematics of the wrist. Evidence for two types of movement. J Bone Joint Surg [Br] 2000; 82: 242-245
30. **Fischer T, Koch P, Saager C, Kohut GN :** The radio.radial external fixator in the treatment of fractures of the distal radius. J Hand Surg [Br] 1999; 24: 604-609
31. **Flinkilla T, Ristiniemi J, Hyvonen P, Hamalainen M:** Nonbridging external fixation in the treatment of unstable fractures of the distal forearm. Arch Orthop Trauma Surg 2003; 123(7): 349-352
32. **Franck WM, Dahlen C, Amlang M, Friese F, Zwipp H:** Distale Radiusfraktur – ist der gelenküberbrückende Fixateur externe eine therapeutische Alternative? Eine prospektiv randomisierte Studie. Unfallchirurg 2000; 103: 826-833

33. **Frykman GK:** Fracture of the distal radius including sequelae – Shoulder hand finger syndrome. Disturbance in the distal radioulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. *Acta Orthop Scand* 1967 [Suppl] 108: 1-155
34. **Gartland JJ, Werley CW:** Evaluation of healed Colles` fractures. *J Bone Joint Surg* 1951; 33A: 895-907
35. **Gausepohl T, Worner S, Pennig D, Koebke J:** Extraarticular external fixation in distal radius fractures pinplacement in osteoporotic bone. *Injury* 2001; 32 Suppl 4: 79-85
36. **Genant H, Block JE, Steiger P, Glueer CC, Smith R:** Quantitative Computed Tomography in Assessment of Osteoporosis. *Sem Nucl Med* 17 (1987) 316-333
37. **Gratl G, Jupiter JB, Gierer P, Mittlmeier T:** Fractures of the distal radius treated with a nonbridging external fixation technique using multiplanar k-wires. *J Hand Surg [Am]* 2005; 30A: 960-968
38. **Gratl G, Steinborn M, Wizgall I, Mittlmeier T, Schürmann M:** Das akute CRPS I (Morbus Sudeck) nach distaler Radiusfraktur – Methoden der Frühdiagnostik. *Zentralbl Chir* 2003; 128: 1020-1026
39. **Grala P, Zielinski W:** Hybrid external fixation for neglected fractures of the distal radius: results after one year. *J Orthopaed Traumatol* 2008; 9: 195-200
40. **Grana WA, Kopta JA:** The Roger Anderson device in the treatment of fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg [Am]* 1979; 61: 1234-1238
41. **Grewal R, Perey B, Wilmink M, Stothers K:** A Randomized Prospective Study on the Treatment of Intra-Articular Distal Radius Fractures: Open Reduction and Internal Fixation With Dorsal Plating versus Mini Open Reduction, Percutaneous Fixation and External Fixation. *J Hand Surg* 2005; 30A: 764-772
42. **Helal B, Chen SC, Iwegbu G:** Rupture of the extensor pollicis longus tendon in undisplaced Colles` type of fracture. *Hand* 1982; 14: 41-47
43. **Hollovoet N, Verdonk R:** Outcome of distal radius fractures in relation to bone mineral density. *Acta Orthop Belg* 2003; 69(6): 510-514
44. **Hove LM, Krukhaug Y, Revheim K, Helland P, Finsen V:** Dynamic Compared with Static External Fixation of Unstable Fractures of the Distal Part of the Radius: A Prospective, Randomized Multicenter Study. *J Bone Joint Surg [Am]* 2010; 92: 1687-1696
45. **Howard PW, Stewart HD, Hind RE, Burke FD:** External fixation or plaster for severely displaced comminuted Colles` Fractures? *J Bone Surg [Br]* 1989; 71: 68-73
46. **Itoh S, Ohta T, Samejima H, Shinomiya K:** Bone mineral density in the distal radius in a healthy Japanese population and in relation to fractures of the distal radius. *J Hand Surg* 1999; 24-B: 334-337
47. **Jupiter JB:** Current concepts review. Fractures of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg [Am]* 1991; 73-A: 461-469

48. **Jupiter JB, Lipton H:** The operative treatment of intraarticular fractures of the distal radius. Clin Orthop 1993; 48-61
49. **Jupiter JB, Marent-Huber M:** Operative Management of Distal Radial Fractures with 2,4 Millimeter Locking Plates. J Bone Joint Surg [Am] 2009; 91: 55-65
50. **Kaempffe FA, Walker KM:** External fixation for distal radius fractures: effect of distraction on outcome. Clin Orthop 2000; 220-225
51. **Kambouroglou GK, Axelrod TS:** Complications of the AO/ASIF Titanium distal radius plate system (π Plate) in internal fixation of the distal radius: A brief report. J Hand Surg 1998 23A: 737-741
52. **Kapoor H, Agarwal A, Dhaon BK:** Displaced intra-articular fractures of distal radius: a comparative evaluation of results following closed reduction, external fixation and open reduction with internal fixation. Injury 2000; 31: 75-79
53. **Kawaguchi S, Sawada K, Nabeta Y, Hayakawa M, Aoki M:** Recurrent dorsal angulation of the distal radius fracture during dynamic external fixation. J Hand Surg [Am] 1998; 23: 920-925
54. **Kazar G, Czeyda Pommersheim F:** Fraktur des distalen Endes des Unterarmes und Operationsindikation. Magy Traum 1983; 26: 3
55. **Kissing W:** Calcitonin in der Therapie des Sudeck-Syndrom. Therapiewoche 1979; 29: 4771-4774
56. **Klein W, Dee W, Rieger H, Neumann H, Joosten U:** Results of transarticular fixator application in distal radius fractures. Injury 2000; 31 Suppl 1: 71-77
57. **Knirk JL, Jupiter JB:** Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. J Bone Joint Surg [Am] 1986; 68: 647-659
58. **Kongsholm J, Olerud C:** Carpal tunnel pressure in the acute phase after Colles' fracture. Arch Orthop Trauma Surg 1986; 105: 183-186
59. **Krishnan J, Chipchase LS, Slavotinek J:** Intraarticular fractures of the distal radius treated with metaphyseal external fixation. Early clinical results. J Hand Surg [Br] 1998; 23: 369-399
60. **Lane JM, Russell L, Khan SN:** Osteoporosis. Clin Orthop 2000; 372: 139-150
61. **Lindemann-Sperfeld L, Pilz F, Marintschev I, Otto W:** Fractures of the distal radius. Minimally invasive pin fixation: indications and results. Chirurg 2003; 74(11): 1000-1008
62. **Mackenney PJ, McQueen MM, Elton R:** Prediction of instability in distal radial fractures. J Bone Joint Surg [Am] 2006; 88: 1944-1951
63. **Markmiller M:** Die distale Radiusfraktur des alten Menschen. Akt Traumatol 2003; 33; 129-131
64. **McQueen MM:** Redisplaced unstable fractures of the distal radius. A randomised prospective study of bridging versus non-bridging external fixation. J Bone Joint Surg [Br] 1998; 80: 665-669

65. **McQueen M, Caspers J:** Colles fracture: does the anatomical result affect the final function? *J Bone Surg [Br]* 1988; 70: 649-651
66. **McQueen M, Hajducka C, Court-Brown CM:** Redisplaced unstable fractures of the distal radius: a prospective randomized comparison of four methods of treatment. *J Bone Joint Surg [Br]* 1996; 78: 404-409
67. **McQueen MM, Simpson D, Court-Brown CM:** Use of the Hoffmann 2 Compact External Fixator in the Treatment of Redisplaced Unstable Distal Radial Fractures. *J Orthop Trauma* 1999 Vol. 13; No.7: 501-505
68. **Mirza A, Jupiter JB, Reinhart MK, Meyer P:** Fractures of the distal radius treated with cross-pin-fixation and a nonbridging external fixator, the CPX-System: a preliminary report. *J Hand Surg [Am]* 2009;34 (4): 603-616
69. **Mirza A, Reinhart MK, Bove JJ:** Treatment of distal radius fractures with a non-bridging cross-pin-fixator (the CPX-System). *Tech Hand Up Extrem Surg* 2009; 13 (2): 104-109
70. **Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schutzler J:** The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer Berlin Heidelberg New York 1990 S 43
71. **Musgrave DS, Idler RS:** Volar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using the 2,4-mm locking compression plates. *J Hand Surg [Am]* 2005; 30 (4): 743-749
72. **Naidu SH, Capo JT, Moulton M, Ciccone II W, Radin A:** Percutaneous pinning of distal radius fractures: a biomechanical study. *J Hand Surg* 1997; 2: 252-257
73. **Ochman S, Frerichmann U, Armsen N, Raschke MJ, Meffert RH:** Ist die Behandlung der instabilen distalen Radiusfraktur beim älteren Menschen mittels Fixateur externe nicht mehr indiziert? *Unfallchirurg* 2006; 109: 1050-1057
74. **Oestern HJ:** Distale Radiusfrakturen Teil I: Grundlagen und konservative Therapie. *Chirurg* 1999; 70: 1180-1192
75. **Oestern HJ, Huls E:** Die differenzierte Behandlung distaler Radiusfrakturen. *Zentralbl Chir* 1994; 119: 521-532
76. **Olerud C, Lönquist L:** Acute carpal tunnel syndrome caused by fracture of the scaphoid and the 5th metacarpal bones. *Injury* 1984; 16: 198-199
77. **Pechlaner S, Gabl M, Lutz M, Krappinger D, Leixnering M, Krulis B, Ulmer H, Rudisch A:** Distale Radiusfrakturen – Ätiologie, Behandlungsmethoden und Ergebnisse. Basisarbeit der Multizenterstudie der Österreichischen Gesellschaft für Handchirurgie und des Arbeitskreises Hand- und Mikrochirurgie der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007; 39: 19-28
78. **Pennig D, Gausepohl T:** External fixation of the wrist. *Injury* 1996; 27: 1-15
79. **Petracic B, Balk R, Fraensen M, Hagemann M, et al.:** Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfrakturen bei Erwachsenen und Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses. *Trauma Berufskrankh* 1998; 1: 33-39

80. **Poigenfürst J, Tuchmann A:** Bedeutung der ulnaren Bandverletzung beim Speichenbruch an typischer Stelle. *Handchirurgie* 1978; 220: 121-124
81. **Rampoldi M, Marisco S:** Complications of volar plating of distal radius fractures. *Acta Orthop Belg* 2007; 73: 714-719
82. **Raunest J, Rhöse A, Derra E:** Möglichkeiten und Grenzen der externen Transfixation distaler Radiusfrakturen. *Akt Traumatol* 27 (1997): 26-30
83. **Reill P, Krufft S:** Diagnostik und Behandlung der Begleitverletzungen und Folgeschäden bei distalen Radiusfrakturen. *Chirurg* 1993; 64: 899-906
84. **Rieger H, Winckler St, Klein W, Brug E:** Die Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus als Komplikation der distalen Radiusfraktur. *Akt Traumatol* 1997; 27: 16-18
85. **Rikli DA, Regazzoni P:** Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases. *J Bone Joint Surg [Br]* 1996; 78: 588-592
86. **Ring D, Jupiter JB:** Treatment of osteoporotic distal radius fractures. *Osteoporos Int.* 2005; 16 Suppl 2: 80-84
87. **Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, Buchler U, Hastings H:** Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg [Am]* 1997; 22: 777-784
88. **Rogachefsky RA, Lipson SR, Applegate B, Ouellette EA, Savenor AM, McAuliffe JA:** Treatment of severely comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius by open reduction and combined internal and external fixation. *J Bone Joint Surg [Am]* 2001; 83-A: 509-519
89. **Rozental TD, Blazer PE:** Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg [Am]* 2006. 31 (3): 359-365
90. **RuegerJM, Linhart W, Sommerfeldt DW:** Differentialindikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur. *Trauma Berufskrankh* 1998; 1: 6-14
91. **Schmidt J, Petereit U, Winkler KH:** Die volare Plattenosteosynthese als Zuggurtungsprinzip bei der Extensionsfraktur des distalen Radius. *Akt. Traumatol* 1997; 27: 23-25
92. **Schneider P, Börner W, Rendl J, Eilles C, Schlißke K, Scheubeck M:** Stellenwert zweier unterschiedlicher Knochendichtemeßmethoden zur Bestimmung des Mineralgehalts am peripheren und axialen Skelett. *Z Orthop* 1992; 130: 16-21
93. **Schürmann M, Gradi G, Wizgal I, Tutic M, Moser C, Azad S, Beyer A:** Clinical and physiological evaluation of stellate ganglion blockade for complex regional pain syndrome type I. *Clin J Pain* 2001; 17: 94-100
94. **Schürmann M, Vogel T, Gärtner A, Andress HJ, Gradi G:** Erfahrungen mit der Calcitonin-Behandlung bei Patienten mit Complex Regional Pain Syndrome Type I (CRPS I – M. Sudeck). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2001; 139: 452-457

95. **Schupp A, Tuttlies C, Möhlig T, Siebert HR:** Der distale Speichenbruch: Winkelstabile Osteosynthese mit 2,4mm Formplatten. Ist der Aufwand gerechtfertigt? *Chirurg* 2003; 74: 1009-1017
96. **Simic P, Weiland A:** Fractures of the distal aspect of the radius: Changes in treatment over the past two decades. *Instr Course Lect* 2003; 52: 185-195
97. **Smith DW, Brou KE, Henry MH:** Early active rehabilitation for operatively stabilized distal radius fractures. *J Hand Ther.* 2004; 17(1): 43-49
98. **Solgaard S:** Early displacement of distal radius fracture. *Acta Orthop Scand* 1986; 57: 229-231
99. **Solgaard S:** Function after distal radius fracture. *Acta Orthop Scand* 1988; 59: 39-42
100. **Sommerkamp TG, Seemann M, Siliman J, Jones A, Patterson S, Walker J, Semmler M, Browne R, Ezaki M:** Dynamic external fixation of unstable fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg [Am]* 1994; 76: 1149-1161
101. **Stanton-Hicks M, Baron R, Boas R, Gordh T, Harden N, Hendler N, Koltzenburg M, Raj P, Wilder R:** Complex Regional Pain Syndromes: guidelines for therapy. *Clin J Pain* 1998; 14: 155-166
102. **Stanton-Hicks M:** Nerve blocks in chronic pain therapy – are there any indications left? *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45: 1100-1107
103. **Steffen T, Eugster T, Jakob RP:** Twelve years follow-up fractures of the distal radius treated with the AO external fixator. *Injury* 1994; 25 Suppl 4: 54
104. **Stewart HD, Innes AR, Burke FD:** Factors affecting the outcome of Colles' fracture: an anatomical and functional study. *Injury* 1985; 16: 289-295
105. **Trease C, McIlff T, Toby EB:** Locking versus nonlocking T-plates for dorsal and volar fixation of dorsally comminuted distal radius fractures: a biomechanical study. *J Hand Surg [Am]* 2005; 30(4) 756-763
106. **Veldman PH, Reynen HM, Arntz IE, Goris RJ:** Signs and symptoms of reflex sympathetic dystrophy: prospective study of 829 patients. *Lancet* 1993; 342: 1012-1016
107. **Vidal H, Buscayret C, Melka J:** Der Hoffmann'sche Fixateur externe in der Orthopädie und Traumatologie. *Orthop./Traumatologie* (1980) 227: 667-679
108. **Wei DH, Raizman NM, Bottino CJ, Jobin CM, Strauch RJ, Rosenwasser MP:** Unstable Distal Radial Fractures Treated with External Fixation, a Radial Column Plate, or a Volar Plate. A Prospective Randomized Trial. *J Bone Joint Surg [Am]* 2009; 91: 1568-1577
109. **Wittner B, Holz U:** Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und Behandlung der extraartikulären distalen Radiusfrakturen (Typ A2 und A3). *Chirurg* 1993; 64: 880-888
110. **World Health Organization:** Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a World Health Organization Study Group. *WHO Technical Report Series* 1994; 834: 1-129

111. **Wright TW, Horodyski M, Smith DW:** ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation. J Hand Surg [Am] 2005. 30(2): 289-299
112. **Ziegler IP, Remiger A:** Die Behandlung instabiler distaler Radiusfrakturen mit dem nicht gelenküberbrückenden kleinen AO-Fixateur externe. Unfallchirurg 1996; 99: 836-840

Patienteninformation

Dr. med. Georg Gradl

Chirurgische Klinik und Poliklinik der Universität Rostock

Abteilung Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Schillingallee 35

18055 Rostock

Tel.: 00 49 381 4946051

Fax: 00 49 381 4946052

E-mail: georg.gradl@med.uni-rostock.de

Vergleich zweier Standardverfahren zur Behandlung der distalen Radiusfraktur Hat der nicht gelenküberbrückende Fixateur einen Vorteil gegenüber der winkelstabilen Plattenosteosynthese

Sehr geehrte/r Patient/in,

Sie haben sich eine knöcherner Verletzung am körperfernen Unterarm zugezogen, welche zu den häufigsten Frakturen des Erwachsenen gehört.

Bei Frakturen mit geringen Fehlstellungen ohne Gelenkbeteiligung und ohne knöcherner Trümmerzone erfolgt die Behandlung konservativ, d.h. Ruhigstellung mit Gipsverband. Gelenk- und Trümmerfrakturen jedoch müssen operativ versorgt werden, wobei verschiedene Operationstechniken und Implantate zur Wahl stehen.

Wichtig ist eine stabile Versorgung der Fraktur. Hierfür stehen zwei Standardverfahren zur Verfügung, die beide gute Ergebnisse bei der Frakturbehandlung erzielt haben.

Zum einen kann durch einen kleinen Schnitt die Fraktur offen reponiert werden und mit Platten und Schrauben fixiert werden. Hierbei können Defekte mit Knochen bzw. Knochenersatzstoffen gefüllt werden.

Dieses Verfahren erfordert einen kurzzeitigen Krankenhausaufenthalt. Das Implantat muß nicht wieder entfernt werden. Bei Beschwerden oder Wunsch des Patienten ist eine Entfernung 1 Jahr nach der Operation möglich.

Der nicht gelenküberbrückende Fixateur besteht aus einem stabilen Metallgerüst und ist über Schrauben mit dem Knochen verbunden. Die Schrauben werden minimal invasiv durch die Haut eingebracht und nach regelrechter Positionierung der Knochenfragmente in möglichst anatomischer Stellung mit dem Fixateur fest verbunden. Einzelne Knochenfragmente werden zusätzlich mit Drähten untereinander verbunden.

Bei diesem Verfahren ist meist der stationäre Aufenthalt etwas kürzer. Nach 8 Wochen wird der Fixateur ambulant entfernt. Hierfür ist kein weiterer stationärer Aufenthalt notwendig.

Beide Verfahren werden von den Patienten gut toleriert und es liegen bereits langjährige Erkenntnisse über ihre Wirksamkeit vor.

Anliegen der Studie

Bisher wurden distale Radiusfrakturen hauptsächlich mit einem gelenküberbrückenden Fixateur externe oder einer Plattenosteosynthese therapiert. Seit einiger Zeit gibt es die Möglichkeit den Fixateur externe auch nicht gelenküberbrückend einzusetzen.

Der nicht gelenküberbrückende Fixateur ermöglicht ab dem 1. postoperativen Tag Bewegungen des Handgelenks. In einer ersten durchgeführten Untersuchung verbesserte sich in den 6 Wochen postoperativ die Funktion des betroffenen Handgelenks auf über 80 % der gesunden Seite. Die Patienten profitierten im täglichen Leben (z.B. Körperpflege) von der Mobilität des Gelenks.

Ziel dieser Studie ist es festzustellen, ob bzw. in welchem Ausmaß der nicht gelenküberbrückende Fixateur in Bezug auf:

- die Wiederherstellung der Gelenkfunktion
- die Nachbehandlungsdauer
- das postoperative Schmerzniveau

Vorteile gegenüber der Plattenosteosynthese bietet.

Konzeption der Studie

Studiendesign: prospektiv randomisiert

Patientenzahl: mind. 50 Patienten pro Arm

Alle Patienten mit einer Fraktur des körperfernen Unterarmes werden vom Zeitpunkt der Verletzung an in die Studie aufgenommen. Im medizinischen Sprachgebrauch heißt das, sie werden prospektiv erfasst. Die Zuordnung zu einer der Therapiegruppen (operative Versorgung mit Platte oder Fixateur externe) erfolgt nach dem Zufallsprinzip, also randomisiert. Das bedeutet, dass zufällig entschieden wird, welches Implantat sie erhalten. (Die Zuordnung ist abhängig vom Aufnahmedatum – werden Sie an einem geraden Tag aufgenommen, erhalten Sie den Fixateur externe, an einem ungeraden Tag eine Platte.)

Studiendurchführung/Untersuchungen

Dauer: 2 Jahre

Untersuchungsintervall: 8 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr

Untersuchungsdauer: jeweils ca. 30 min

Für Sie bedeutet das, dass Sie den normalen Nachuntersuchungstermin 8 Wochen nach der Operation wahrnehmen müssen sowie nach 6 Monaten und 1 Jahr. Die Untersuchung nach 1 Jahr ist besonders wichtig, da durch die Fraktur bedingte Verschleißerscheinungen frühzeitig erkannt und ggf. auch für eine Begutachtung z.B. durch Ihre Unfallversicherung (sofern Sie eine haben) beurteilt werden können.

Klinische Untersuchung nach Fragebogen:

- SF36
- Gartland and Werley Score
- Score nach Castaing

Der genannte Fragebogen SF 36 enthält Fragen zu Ihrem körperlichen Wohlbefinden und zur Funktionalität des verletzten Armes. Er wird von Ihnen selbständig ausgefüllt.

Natürlich helfen wir Ihnen gerne dabei. Der Gartland and Werley Score und der Score nach Castaing sind Bewertungshilfen der Handgelenksfunktion und der Röntgenbilder und werden vom Arzt ausgefüllt. Weiterhin wird jeweils das Handgelenk in zwei Ebenen geröntgt. Die Röntgenuntersuchungen sind notwendig, also nicht studienbedingt.

Ebenso führen wir eine Knochendichtemessung mittels pQCT am gesunden Handgelenk durch. Dadurch können wir feststellen, ob Sie eine Osteoporose (Verminderung der Knochenfestigkeit und damit erhöhte Anfälligkeit für Brüche) haben und in dem Fall die Behandlung einleiten.

Risiken und Nebenwirkungen

Vor jedem operativen Eingriff werden Sie von dem ärztlichen Personal auf Ihrer Station über die Risiken während der Operation aufgeklärt. Diese sind unabhängig von dieser Studie und unterscheiden sich nicht wesentlich zwischen beiden Operationsverfahren

Die Nachuntersuchung und das Röntgen der betroffenen Extremität 8 Wochen postoperativ sind klinisch notwendig, und nicht studienbedingt. Lediglich die Untersuchungen nach 1 Jahr würden auch aus Kostengründen von Ihrem Hausarzt/Chirurgen nicht zwangsweise durchgeführt werden. Die Strahlenbelastung der hier durchgeführten Röntgenuntersuchung beträgt 0,01-0,1mSv und ist als sehr gering einzustufen. Vorteil ist, dass beginnende degenerative Veränderungen und Veränderungen des Knochenstoffwechsels erkannt werden können sowie die Beurteilung der Anatomie möglich ist, und ggf. schnell mit therapeutischen Schritten reagiert werden kann.

Therapeutische Alternativen

Es werden immer noch viele Frakturen des distalen Unterarms mit Drähten und Gips versorgt. Dieses Verfahren war jedoch nur bei Frakturen ohne Trümmerzone und ohne Gelenkbeteiligung erfolgreich. Handelt es sich bei Ihnen um so eine Fraktur, werden wir Ihnen dieses Verfahren therapeutisch anbieten.

Notfalladresse

Chirurgische Klinik und Poliklinik der Universität Rostock
Abteilung Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Schillingallee 35
18055 Rostock
Tel.: 0381 494 0

Prüfarzt: Dr. med. Georg Gradl

Freiwilligkeit der Teilnahme; Widerrufsrecht

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen Ihre Zustimmung widerrufen, ohne dass daraus Nachteile für Ihre weitere Behandlung entstehen.

Vertraulichkeit

Ihre persönlichen Daten werden in verschlüsselter (anonymisierter) Form gespeichert. Die Grundsätze des Datenschutzes werden beachtet und Ihre personenbezogenen Daten werden vertraulich behandelt.

Ich versichere hiermit, dass ich den Patienten über o.g. Studie informiert und aufgeklärt habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Prüfarztes

Patienteneinwilligung

Vergleich zweier Standardverfahren zur Behandlung der distalen Radiusfraktur Hat der nicht gelenküberbrückende Fixateur einen Vorteil gegenüber der winkelstabilen Plattenosteosynthese

Ich, _____, wurde von meinem Arzt vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Prüfung mit dem o. g. Titel aufgeklärt. Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie. Mein Arzt hat mich über die mit der Teilnahme an der Studie verbundenen Risiken und den möglichen Nutzen informiert.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden und weiß, daß die Teilnahme an dieser klinischen Prüfung freiwillig ist. Ich weiß, daß ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne daß sich dieser Entschluß nachteilig auf meine spätere Behandlung auswirken wird.

Datenschutzrechtliche Patienteneinwilligung (§ 40 Abs.1, Satz 2 und Abs. 2, AMG)

Mir ist bekannt, daß meine persönlichen Daten in verschlüsselter (anonymisierter) Form gespeichert werden. Mir wurde versichert, daß dabei die Grundsätze des Datenschutzes beachtet werden, d.h. meine personenbezogenen Daten vertraulich behandelt und nicht an andere als die nachfolgend genannten Personen und Stellen weitergegeben werden.

Mit meinem Einverständnis zur Teilnahme erkläre ich gleichzeitig, daß ich mit der Weitergabe der im Rahmen dieser klinischen Prüfung/dieses biomedizinischen Forschungsprojektes erfolgenden Aufzeichnung meiner Krankheitsdaten zur Überprüfung an den Auftraggeber, an die zuständigen Überwachungsbehörden oder die zuständige Bundesoberbehörde einverstanden bin.

Ich gestatte hiermit, daß offizielle Vertreter des Auftraggebers dieser Prüfung unter Wahrung der ihnen auferlegten Schweigepflicht Einblick in meine personenbezogenen Krankenakten am Ort der klinischen Prüfung nehmen können. Dies geschieht, um zu gewährleisten, daß alle studienbezogenen Daten korrekt und vollständig erfaßt worden sind.

Schließlich erkläre ich auch mein Einverständnis für die wissenschaftliche Veröffentlichung der Forschungsergebnisse unter Beachtung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen.

Ich habe eine Kopie der Patienteninformation und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser klinischen Studie.

Ort und Datum

Unterschrift des Patienten

Thesen

1. Der an der Universität Rostock entwickelte radio-radiale Fixateur externe ist ein ambulant durchführbares minimal-invasives Operationsverfahren zur Behandlung distaler Radiusfrakturen.
2. Der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe ermöglicht eine gute Reposition der Fraktur bei sicherer Stabilisierung.
3. Durch die modifizierte Operationstechnik wird eine gute Wiederherstellung der Gelenkfläche und Gelenkachsen auch bei schmalen distalen Frakturfragment erreicht.
4. Ab dem 1. postoperativen Tag ist die frühfunktionelle Bewegung des Handgelenkes bei stabiler Retention möglich.
5. Die Patienten profitieren von der sofortigen Beweglichkeit des Handgelenkes im Alltag und die Lebensqualität ist bei liegendem Fixateur externe nicht beeinträchtigt.
6. Aufgrund der Bewegungsfreiheit des Handgelenkes kann der Fixateur externe ohne Nachteile bis zur knöchernen Konsolidierung 6 bis 8 Wochen postoperativ belassen werden.
7. Der radio-radiale Fixateur externe bietet auch im osteoporotischen Knochen sicheren Halt ohne sekundäre Dislokation.
8. Gegenüber der offenen Reposition und palmaren Plattenosteosynthese, dem operativen Standardverfahren zur Behandlung distaler Radiusfrakturen, ist die Operationszeit und Krankenhausaufenthaltsdauer bei Anlage des Fixateur externe verringert.
9. Die Wiederherstellung der anatomischen Gelenkverhältnisse ist durch die direkte Kontrolle des distalen Frakturfragmentes bei externer Fixation ebenso erreichbar wie bei offener Reposition und Plattenosteosynthese.
10. Die Handgelenksfunktion und Handkraft wird nach geschlossener Reposition und Anlage des nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe in gleichem Umfang wiedererlangt wie nach offener Reposition und palmarer Plattenosteosynthese.
11. Die Komplikationsrate ist nach Anlage des Fixateur externe aufgrund der minimal-invasiven Technik geringer als nach offener Reposition.
12. Der Fixateur externe wird nach knöcherner Konsolidierung ambulant und ohne Betäubung entfernt, sodass keine Implantate dauerhaft verbleiben. Dadurch wird die Notwendigkeit von Folgeoperationen deutlich vermindert.

13. Die Anlage des nicht gelenküberbrückenden Fixateur externe stellt eine risikoarme Alternative zum Standardverfahren der offenen Reposition und palmaren Plattenosteosynthese zur operativen Behandlung distaler Radiusfrakturen dar.

Erklärung

Ich, Martina Wendt, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Vergleich zweier Standardverfahren zur Behandlung der distalen Radiusfraktur. Hat der nicht gelenküberbrückende Fixateur externe Vorteile gegenüber der winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese? Eine prospektiv randomisierte Studie“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Rostock, den 28.03.2011