

Aus dem Institut II für Anatomie der Universität zu Köln
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. J. Vogt

Die Rolle des humero-ulnaren Bewegungsfixateur externe bei der
Behandlung von Verletzungen des Ellenbogengelenks

Eine klinische Studie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Alexey Dombrovskiy
aus Moskau

promoviert am 04. Mai 2021

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. med. Th. Gausepohl

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. med. K. Wegmann

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herr Privatdozent Dr. med. Th. Gausepohl.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 09.11.2020

Unterschrift:

Die, dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchungen wurden, nach gemeinsamer Planung mit Herrn Privatdozent Dr. med. T. Gausepohl (Zentrum für Unfallchirurgie/Orthopädie, Lahn-Dill-Kliniken GmbH, Klinikum Wetzlar), von mir selbst durchgeführt. Die Ergebnisse sind von mir ermittelt worden. Die verwendeten Fallberichte wurden von mir selbst ausgewertet. Die klinischen Nachuntersuchungen der Patientinnen und Patienten wurden von mir selbst durchgeführt. Die eingeschlossenen Patientinnen und Patienten wurden in Paracelsus Klinikum Marl in der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie behandelt. Das gewonnene Datenmaterial wurde von mir selbst in eine eigens von mir entwickelte EXCEL-Datenbank (EXCEL 2018) übertragen. Die statistische Untersuchung wurde unter Mithilfe der Technische Hochschule Mittelhessen (THM) durchgeführt und mittels Excel (EXCEL 2018) ausgewertet.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich in der Zeit meiner Arbeit durch Aufmunterungen, Kritik und diverse Hilfen unterstützt haben.

Insbesondere gilt mein Dank Herrn Privatdozent Dr. med. Th. Gausepohl für die Überlassung des Themas, seine hilfsbereite und tolerante Art, sowie die fürsorgliche Betreuung dieser Arbeit. Herrn Privatdozent Dr. med. Th. Gausepohl hat mich stets hervorragend begleitet und unterstützt. Trotz der zahlreichen wissenschaftlichen Projekte, denen er sich neben seiner täglichen klinischen Tätigkeit, widmete, war er für mich stets ansprechbar und konnte mir mit viel Engagement und seiner zielgerichteten Sichtweise wertvolle Hinweise und Hilfen geben.

Desweiteren möchte ich mich bei der Technischen Hochschule Mittelhessen für die statistische Untersuchung bedanken.

Gewidmet

Meinem Vater
Mikhail Dombrovskiy
Meiner Familie
Marina und Elisabeth Dombrovskiy

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Epidemiologie	7
1.2	Anatomie des Ellenbogengelenks	8
1.3	Verletzungsmechanismen	10
1.4	Verletzungsmuster	11
1.4.1	Ligamentäre Verletzungen	11
1.4.2	Osteoligamentäre Verletzungen	12
1.5	Behandlungsoptionen	12
1.5.1	Fraktur des Proc. coronoideus ulnae	14
1.5.2	Radiuskopffraktur	14
1.6	Konzept des humero-ulnaren Bewegungsfixateur	15
1.7	Fragestellung	15
2	Material und Methoden	16
2.1	Material	16
2.1.1	Basisdaten der Patienten	16
2.2	Methoden	19
2.2.1	Patientenaquise	19
2.2.2	Aufteilung der Patienten in Gruppen	19
2.2.3	Datenerhebung	21
2.2.3.1	Auswertung der Röntgenbilder	21
2.2.3.2	DASH-Score	21
2.2.3.3	Mayo-Score	24
2.2.4	Datenauswertung	25
2.2.4.1	Statistische Analyse	25
3	Ergebnisse	26
3.1	Ligamentäre Verletzungen	26
3.2	Osteoligamentäre Verletzungen	35
3.3	Operative Versorgung	45
3.3.1	Ligamentäre und osteoligamentäre Verletzungen	45
3.4	Komplikationen	45
3.5	Stabilität	46
3.6	Röntgenergebnisse	46

4	Diskussion	48
4.1	Kritische Betrachtung des Patientenkollektivs	48
4.2	Eigenes Patientenkollektiv	50
4.2.1	Ligamentäre Verletzungen.	51
4.2.2	Osteoligamentäre Verletzungen	52
4.2.2.1	Frakturen des Proc. coronoideus ulnae	52
4.2.2.2	Radiuskopffraktur	53
4.2.3	Postoperative Beweglichkeit	55
4.2.4	Auswertung der DASH- und Mayo-Scores	57
4.2.5	Komplikationen	59
4.3	Kritische Diskussion der Vergleichbarkeit der Kollektive und Behandlungsansätze	61
4.4	Schlussfolgerungen und Ausblick	63
5	Zusammenfassung	64
6	Abkürzungen	65
7	Literaturverzeichnis und Abbildungsverzeichnis	66
9	Lebenslauf	71

1 Einleitung

Das Zusammenspiel von Ellenbogen- und Schultergelenk erlaubt die freie Positionierung der Hand im Raum. Eine freie Beweglichkeit beider Gelenke ist dementsprechend für die Funktion der Hand von größter Bedeutung. Der konstruktionsbedingt große Bewegungsumfang beider Gelenke und die nicht unerheblichen Hebelkräfte, die bei Verletzungen auf die Gelenke einwirken, spiegeln sich in der Luxationshäufigkeit dieser Gelenke wider.

1.1 Epidemiologie

Das Ellenbogengelenk ist statistisch, nach dem Schultergelenk, das am häufigsten von Luxationen betroffene Gelenk (Josefsson et al., 1986, Stoneback et al., 2012). In einer Langzeitstudie (1998-2007) verzeichnete die Arbeitsgruppe um Anakwe et al. (2011) in der Metropole Edinburgh eine Inzidenz von 2,9 einfachen Ellenbogenluxationen pro 100.000 Einwohnern im Jahr (Anakwe et al., 2011). Für die Bevölkerung der USA wurde die Häufigkeit des Auftretens einer Ellenbogenluxationen in einer 2012 veröffentlichten Studie auf 5,21 pro 100.000 Einwohner im Jahr geschätzt (Stoneback et al., 2012). Es handelte sich dabei allerdings um Schätzwerte. Außerdem basieren diese Werte auf Daten, die viele junge Patienten einschlossen.

Noch häufiger als in den USA war das Auftreten von Ellenbogenluxationen in einer, im Jahr 2011 veröffentlichten Studie (2000-2005), über die Bevölkerung auf der Insel Taiwan (Yang et al., 2011). Hier wurde eine Inzidenz von 7,7 pro 100.000 Einwohner im Jahr verzeichnet. Allerdings wurden Patienten aller Altersgruppen und alle Ellenbogenverletzungen in die Arbeit von Yang et al. (2011) eingeschlossen. Anakwe et al. (2011) und Stoneback et al. (2012) untersuchten hingegen nur einfache Luxationen.

In einer viel zitierten Studie von Josefsson et al. (1986) wurden Luxationsfälle (Luxationen und Luxationsfrakturen des Ellenbogengelenks) der Einwohner der schwedischen Metropole Malmö zwischen 1971 und 1982 untersucht. Unter Einschluss aller Altersgruppen konnte eine Inzidenz von ca. sieben Luxationen pro 100.000 Einwohnern im Jahr festgestellt werden (Josefsson et al., 1986).

Die genannten Studien weisen ähnliche Häufigkeiten für das Auftreten von Ellenbogenluxationen nach. Abweichende Werte verzeichnete lediglich die Arbeitsgruppe von Anakwe et al. (2011) und Stoneback et al. (2012). Allerdings beziehen sich die, von Anakwe et al. (2011) ermittelten Zahlenangaben,

ausschließlich auf einfache Luxationen bei erwachsenen Personen, wodurch das abweichende Resultat ausreichend erklärbar ist.

1.2 Anatomie

Das Ellenbogengelenk setzt sich aus drei Knochen und drei Gelenken zusammen. Der distale Bereich des Humerus bildet den proximalen Anteil des Gelenks, während die proximalen Bereiche der Ulna und des Radius den distalen Anteil des Gelenks darstellen (Abb. 1). Bei den drei Gelenken handelt es sich um das humeroulnare, humeroradiale und proximale radioulnare Gelenk (PRUG) (Abb. 1).

Das humeroulnare Gelenk wird aus der spulenförmigen Trochlea (am distalen Humerus) und aus dem Olecranon bzw. Incisura trochlearis der Ulna gebildet (Abb. 1). Der mediale Durchmesser der Trochlea ist größer als der laterale, was zur Valgisierung der Ulna während Extensionsbewegungen führt. Das Gelenk gehört zu den primären Stabilisatoren und sorgt für die anteriore und posteriore Stabilität sowie für die Varusstabilität während der Extension und Flexion. Ein wichtiger Teil des Gelenkes ist der Processus (Proc.) Coronoideus ulnae. Er ist der Hauptstabilisator gegen eine dorsale Luxation (Ring et al., 1998, Schneeberger et al., 2004).

Das humeroradiale Gelenk liegt lateral des humeroulnaren Gelenks und ist ein Kugelgelenk. Das Gelenk besteht aus dem konvexen Capitulum und dem konkaven Radiuskopf. In diesem Gelenk wird 60% der Kraft des Unterarms auf den Oberarm übertragen (Hotchkiss et al., 1987). Außerdem finden in dem Gelenk Umwendbewegungen, sowie Extension und Flexion statt (Abb. 1).

Das dritte Gelenk ist das PRUG. Es besteht aus dem Radiuskopf sowie der Incisura radialis ulnae. Hier finden Extension und Flexion, sowie Supination und Pronation statt. Der -Bewegungsumfang erreicht dabei 180 Grad (°).

Das Ellenbogengelenk ist mit einer Gelenkkapsel ummantelt. Dabei liegen die beide Epikondylen (lateraler und medialer) außerhalb der Kapsel (Abb. 1).

Die Stabilität des Gelenkes wird durch Bänder, Knochen und Muskeln hervorgerufen. Dabei stellen Kapsel-Band- und knöcherne Strukturen die statischen Stabilisatoren dar, während die Muskeln als dynamische Stabilisatoren wirken.

Der Ellenbogen wird durch das mediale und laterale Kollateralband geführt.

Der laterale Kollateralbandkomplex (LCL) zieht vom Epicondylus lateralis humeri nach distal und ist teilweise mit dem Ligamentum (Lig.) anulare radii verwoben. Das LCL besteht aus dem radialen Seitenband (RCL) und dem lateral ulnaren Seitenband (LUCL) (Abb. 1).

Das Lig. anulare radii umfasst den Radiuskopf und zentriert ihn im humeroradialen Gelenk (Abb. 1).

Der mediale Kollateralbandkomplex (MCL) hat vier Anteile: Pars anterior, Pars posterior, Pars medialis und Pars transversa. Das MCL ist der Hauptstabilisator gegen Valgusstress. (Safran et al., 2005). Das anteromediale Band (AMCL) ist der stärkste Anteil des Kapsel- Band Apparats des Ellenbogens (O'Driscoll et al., 2003). Die Stabilisatoren des Ellenbogengelenks können in primäre und sekundäre Stabilisatoren unterschieden werden (O'Driscoll et al., 2001).

Zu den primären Stabilisatoren werden das LUCL des LCLs, das anteriore mediale Seitendband (AML) des MCLs und das Humeroulnargelenk (unter anderem der Proc. coronoideus ulnae) gezählt. Die sekundären Stabilisatoren werden weiter in statische und dynamische Stabilisatoren unterteilt. Zu den statischen Stabilisatoren gehören der Radiuskopf und die anteriore Kapsel, zu den dynamischen zählen die Flexoren- und Extensorenmuskulatur des Unterarms. Zu den Letztgenannten zählen der M. triceps, der M. biceps, der M. brachialis und der M. anconeus (O'Driscoll et al., 2001).

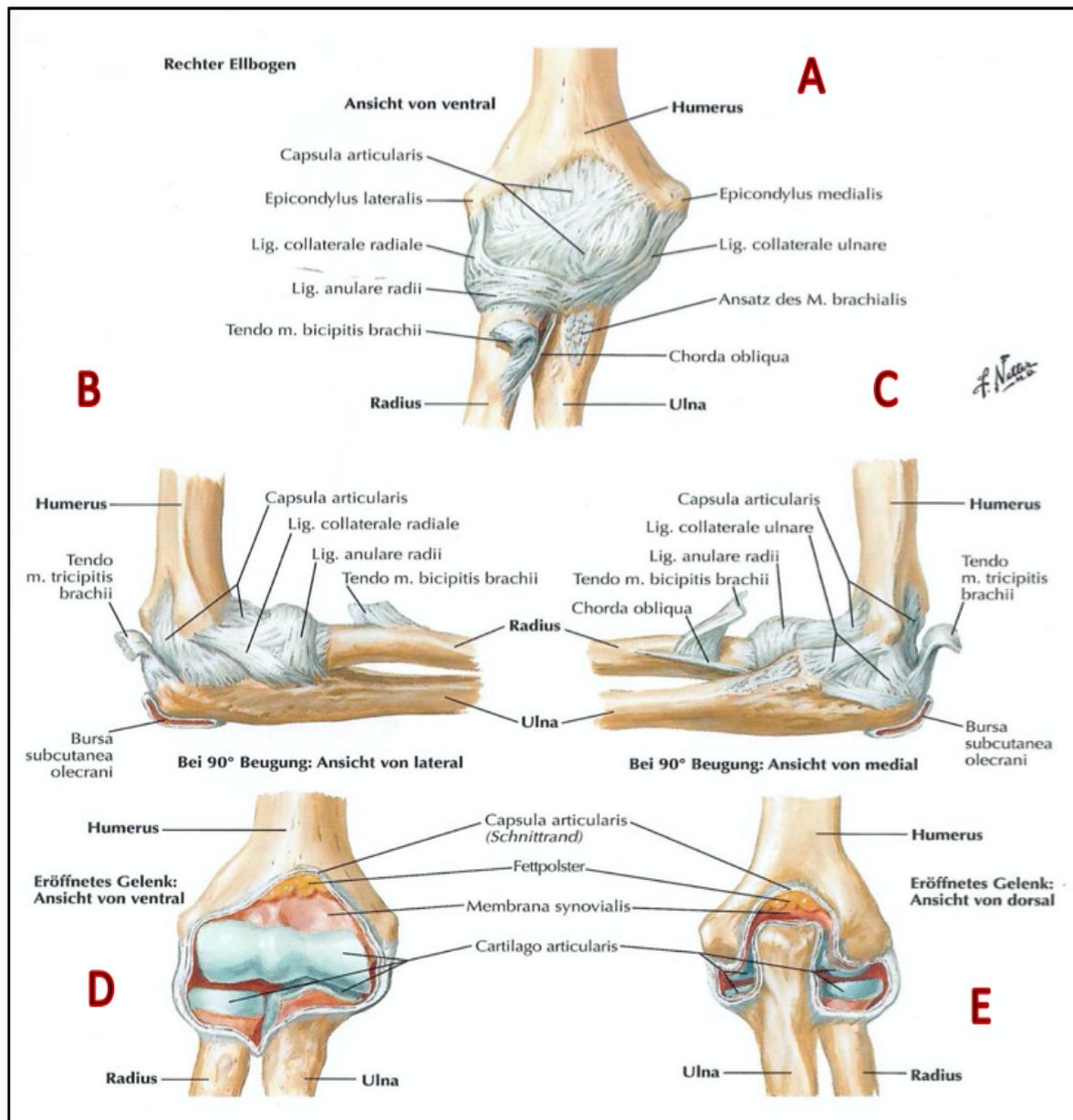


Abb. 1. Anatomie des Ellenbogengelenkes. **A:** dargestellt ist die ventrale Ansicht auf das Ellenbogengelenk, wobei knöcherne und Band-Kapsel Strukturen abgebildet sind **B:** Darstellung des Gelenkes von lateral und **C:** medial, **D:** gezeigt werden das Ellenbogengelenk und knöcherene Gelenkpartner von ventral und **E:** dorsal. (Atlas der Anatomie, F. Netter. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 5. Auflage (15. Juni 2011)).

1.3 Verletzungsmechanismen

Der häufigste Unfallmechanismus stellt ein Sturz auf den ausgestreckten Arm dar (O'Driscoll et al., 2001). Eine Theorie zum Luxationsvorgang, der dabei abläuft, wurde von O'Driscoll beschrieben (O'Driscoll et al., 1992). Wesentlich für die Reihenfolge, in der die Bänder des Bandapparats reißen, ist die Drehung des Körpers über dem am Boden fixierten Arm. Hierbei führt der Sturz auf den ausgestreckten Arm zur axialen Stauchung, Supination und zum Valgusstress.

Dadurch wird ein kreisförmiges Zerreißen der Bänder vom LUCL nach ventral und dorsal zum MCL hin verursacht (O`Driscoll et al., 1992).

Als eine Gegenteiltheorie wurde die posteromediale Varusrotationsinstabilität beschrieben. Hierbei reißt das anteriore Bündel des MCL an der anteromedialen Facette des Proc. coronoideus ab (Duckworth et al., 2008).

Als eine weitere Theorie kann der Sturz auf die ausgestreckte, pronierte Hand mit einer Hyperextension des Ellenbogens genannt werden (Hobgood et al., 2008). Hierbei drückt die, als Hypomochlion dienende, Olecranonspitze die proximale Ulna nach dorsal. Dabei reißt die ventrale Kapsel und es kommt durch den Varus- und Valgusstress zur Zerreißen des MCLs und/oder LCLs (Hobgood et al., 2008).

1.4 Verletzungsmuster

Luxationen des Ellenbogengelenks können in sogenannte „ligamentäre“ und „osteoligamentären“ Luxationen unterschieden werden. Als ligamentäre Luxation wird eine alleinige Verletzung des Bandapparats bezeichnet. Bei einer „osteoligamentären“ Luxation liegt neben einer Bandverletzung auch eine knöcherne Verletzung im Bereich des Ellenbogengelenks vor, die einen Einfluss auf die Stabilität des Gelenks hat. Besonders häufig sind der Radiuskopf, das Olecranon und der Proc. coronoideus betroffen.

1.4.1 Ligamentäre Verletzungen

Neben der Einteilung in ligamentäre und osteoligamentäre Luxationen können auch verschiedene Luxationsrichtung unterschieden werden. Unter der Luxationsrichtung versteht man die Dislokation des distalen Anteils (Unterarm) in Bezug auf den zentralen Anteil.

Eine ventrale Luxation setzt grundsätzlich eine Fraktur der proximalen Ulna voraus (Heck et al., 2011).

Die folgenden fünf Luxationsrichtungen sind möglich:

1. Dorsal
2. Dorso – radial
3. Dorso – ulnar
4. Divergierende Luxation (Sonderform)
5. Ventral



Abb. 2. Beispiel für eine dorsale Luxation. Abgebildet ist eine seitliche Aufnahme des Ellenbogens in der Luxationsstellung mit einer dorsalen Dislokation des Unterarms.



Abb. 3. Beispiel für eine radiale Luxation. Dargestellt ist eine a.-p. Aufnahme des Ellenbogens mit einer dorso-radialen Luxation.

1.4.2 Osteoligamentäre Verletzungen

Bei einer osteoligamentären Verletzungen handelt es sich immer um eine komplizierte Luxation, da ein kombiniertes Verletzungsmusters (Fraktur und Bandschaden) vorliegt.

Im Einzelnen finden sich die folgenden Verletzungen:

- Luxation mit Fraktur des Radiuskopfes;
- Luxation mit dem Abriss des Epikondylus ulnaris/radialis;
- Luxation Fraktur des Proc. coronoideus;
- ‚Terrible triad‘ (Luxation mit Abriss des Proc. coronoideus und Radiuskopffraktur);
- Monteggia- Fraktur (Proximale Ulnafraktur mit Radiuskopfluxation);
- Osborne Cotteril Läsion (eine knöcherne Impression an der dorsalen Seite des Capitulum humeri bei einer Ellenbogenluxation).

1.5 Behandlungsoptionen

Die Ellenbogenluxation- oder Luxationsfraktur kann sowohl klinisch als auch radiologisch diagnostiziert werden. Die typischen Anzeichen einer Ellenbogenluxation- oder Luxationsfraktur sind Weichteilschwellung, Bewegungseinschränkung, Schonhaltung und in manchen Fällen eine Fehlstellung, wobei die Beurteilung der Fehlstellung häufig durch die ausgeprägte Schwellung

erschwert wird. (Cohen et al., 1998). Zur radiologischen Beurteilung sollten Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen vor und nach der Reposition angefertigt werden. Nach der Reposition der Luxation kann unter Durchleuchtung die Luxationstendenz und die Instabilität des Gelenks untersucht werden (Cohen et al., 1998, Heck et al., 2011). Des Weiteren ist es bei klinischen und/oder nativradiologischen Befunden sinnvoll computertomographische (CT) Aufnahmen anzufertigen, um die knöchernen Strukturen genauer darzustellen. Bei ligamentären Verletzungen sollten magnetresonanztomographische (MRT) Aufnahmen gemacht werden.

In Lehrbüchern wird, nach einer geschlossenen Reposition ohne Reluxationstendenz und ohne operationspflichtige knöchernen Begleitverletzungen, eine konservative Therapie in einer Oberarmgipsschiene für zwei Wochen empfohlen (Bühren et al., 2005, Bernard et al., 2008, Stöckle, 2010, Ruchholtz et al., 2011, Stanley et al. 2012).

In den vergangenen Jahrzehnten bestand das gängige Verfahren darin das verletzte Gelenk wochenlang mit Hilfe eines Gipses ruhigzustellen. In den letzten Jahren veränderte sich dieses Vorgehen, da festgestellt wurde, dass die Wiederherstellung der Gelenkfunktion mit einer möglichst frühen funktionellen Behandlung verbunden ist. Die Aufmerksamkeit der behandelnden Ärzte richtete sich auf eine möglichst suffiziente, operative Stabilisierung, die eine frühfunktionelle Behandlung erlaubt. Eine sichere Fixierung von knöchernen ausgerissenen, bandtragenden Fragmenten lässt sich mit Schrauben erreichen. Uneinigkeit hingegen herrscht über die Behandlung von rein ligamentären Verletzungen des Kapselbandapparats. Einige Arbeitsgruppen propagieren eine offene Rekonstruktion des medialen, respektiven lateralen Bandkomplexes in der Unfallsituation.

Das Ellbogengelenk tendiert bei längerer Ruhigstellung zur Versteifung (Maripuri et al., 2007). Nach der operativen Versorgung einer Band- und/oder Knochenverletzung kann, als Alternative zur Ruhigstellung des Gelenks in einer Oberarmgipsschiene, ein Bewegungsfixateur externe angelegt werden und dient der Ausübung frühfunktioneller Übungen. Dieses Vorgehen wird von Heck et al. (2011) empfohlen. Giannicola et al. (2010) rät ebenfalls bei persistierender Instabilität und/oder nach der Rekonstruktion des Kollateralbandes einen Bewegungsfixateur anzulegen (Giannicola et al., 2010). Jupiter et al. (2002) vertritt die Meinung, dass die Anlage eines Bewegungsfixateurs externe eine Heilung bzw. Vernarbung der Kollateralbänder erlaube (Jupiter et al., 2002).

1.5.1 Frakturen des Proc. coronoideus ulnae

Eine isolierte Fraktur des Proc. coronoideus ulnae deutet auf eine vorangegangene Ellenbogenluxation hin (Castelli et al., 2016). Bei den Frakturen der Spitze des Proc. coronoideus ulnae handelt es sich nicht um Avulsionsfrakturen, sondern um Abscherfragmente, die bei Subluxation oder Luxation auftreten, da an der Spitze keine Muskeln ansetzen (Mittlmeier et al., 2009). Die Fraktur des Proc. coronoideus kann je nach Unfallhergang mit der traumatischen Bankart-Läsion der Schulter verglichen werden (Mittlmeier et al., 2009).

Die Frakturen des Proc. Coronoideus wurden in der vorliegenden Arbeit nach Regan und Morrey klassifiziert:

- Typ I: Fraktur der Coronoidspitze;
- Typ II: Fraktur bei der weniger als 50% des Processus betroffen sind
- Typ III: Fraktur bei der mehr als 50% des Processus betroffen sind (Regan und Morrey, 1989).

Bei einem Verlust von mehr als 50% sollte der Proc. Coronoideus wiederhergestellt werden (van Riet et al., 2005). Die Behandlung einer Fraktur des Proc. Coronoideus umfasst konservative, sowie operative Therapieansätze. Dabei reichen die Vorgehensweisen von einer Osteosynthese bis zum Ersatz des betroffenen Knochens durch einen Knochenspan.

1.5.2 Radiuskopffraktur

Die Radiuskopffraktur ist die häufigste knöcherner Begleitverletzung der Ellenbogenluxation (Iordens et al., 2015). Die Fraktur wird durch eine axiale Belastung des Unterarms bei Extension und Pronation hervorgerufen. Ein Drittel der Radiuskopffrakturen tritt mit einer ligamentären Verletzung auf (van Riet et al., 2005).

Die Einteilung der Frakturen des Radiuskopfes wird typischerweise nach Mason vorgenommen (Mason 1954):

- Typ I: undislozierte oder weniger als 2mm dislozierte Fraktur
- Typ II: dislozierte Fraktur, die 50% des Radiuskopfes inkludiert
- Typ III: mehrfragmentäre Radiuskopffraktur, die den ganzen Radiuskopf betrifft

Die Radiuskopffrakturen Typ I nach Mason können erfolgreich konservativ behandelt werden (van Riet et al., 2005).

Eine operative Therapie kann durch eine Osteosynthese mittels Schrauben und Platten erfolgen. Ist eine Osteosynthese unmöglich, so gibt es vielfältige weitere Behandlungsoptionen, die bis zur Implantation einer Radiuskopfprothese reichen.

1.6 Konzept des humero-ulnaren Bewegungsfixateurs

Der Idee des humero-ulnaren Bewegungsfixateurs liegt die Vorstellung zugrunde, dass durch die Vernarbung des verletzten Kapselbandapparats eine kontinuierliche, stabile Führung des Gelenks erreicht werden könne. Dies führe zur Wiedererlangung eines funktionell wertigen Bewegungsumfangs.

Ziel jeder Therapie ist die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Gelenks. Voraussetzung für eine gute Funktion des Ellenbogengelenks ist ein ausreichender Bewegungsumfang, sowie Gelenkstabilität und Schmerzfreiheit (Iordens et al., 2017).

Diese Dissertation soll die Behandlung einer Ellenbogenluxationsverletzung mittels humero-ulnaren Bewegungsfixateurs, sowie postoperative Ergebnisse darstellen.

1.7 Fragestellung

Der humero-ulnare Bewegungsfixateur stellt ein, im klinischen Alltag, noch wenig etabliertes Behandlungskonzept dar. Die vorliegende Studie analysiert die klinischen und bildgebenden Resultate der Versorgung von Ellenbogenluxationen und Ellenbogenluxationsfrakturen mit Bewegungsfixateuren.

Eine Studie, die mit dieser Untersuchung im Bezug auf die Anzahl der Patienten vergleichbar ist, wurde in der Literatur bislang nicht gefunden.

2 Material und Methoden

2.1 Material

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Patienten, die eine frische Verletzung des Ellenbogengelenks erlitten haben und bei denen als Behandlungsmaßnahme ausschließlich oder adjuvant ein humero-ulnarer Ellenbogenbewegungsfixateur angewandt wurde.

2.1.1 Basisdaten der Patienten

Zwischen April 2005 und August 2013 wurden in der Paracelsusklinik Marl 85 humero-ulnare Bewegungsfixateure bei 84 Patienten mit akuten Verletzungen des Ellenbogens eingesetzt. Die Indikation zur Anwendung des Bewegungsfixateurs wurde vom Operateur entsprechend des Verletzungsmusters individuell gestellt. Als Hauptkriterium galt die Vermeidung einer Ruhigstellung des Ellenbogens, wegen einer vorliegenden Instabilität des Gelenks.

49 Patienten (Tabelle 2) (50 Fixateurapplikationen), deren Wohnort bekannt war und die in einer erreichbaren Entfernung wohnten, konnten erfolgreich zur Nachuntersuchung einbestellt werden (entspricht 58% des Kollektivs). Darunter befanden sich 33 Frauen (Tabelle 2) und 16 Männer (Tabelle 1). Bei einer Patientin war jeweils der rechte und linke Ellenbogen zu unterschiedlichen Zeitpunkten betroffen. Die Verletzungen lagen bei dieser Patientin mehr als ein Jahr auseinander. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum (vom Tag der Operation bis zur Nachuntersuchung) betrug 38 Monate (von sechs bis 94 Monaten). Eine unterjährige Nachuntersuchung wurde bei neun Patienten (18%) durchgeführt (Tabelle 2). Die Altersverteilung der Patienten reichte von 18 bis 80 Jahre (Abb. 4). Der Median, ein für Ausreißer weniger anfälliger Wert, betrug für die weiblichen Patienten 56 Jahre, für die männlichen 46 Jahre (Tabelle 1).

Mit Ausnahme von drei Patienten (6%) waren alle Patienten Rechtshänder. Die Seitenverteilung der Verletzungen unterscheidet sich zwischen den weiblichen und männlichen Patienten. Die weiblichen Rechtshänder (32 von 49 Patienten, 65%) erlitten häufiger Verletzungen der nicht dominanten Seite (23 linke Arme (70%), und 10 rechte Arme (30%)). Bei den männlichen, rechtshändigen Patienten (14 von 49 Patienten, 29%) war die dominante und nicht dominante Seite gleichermaßen betroffen (acht rechte Arme (50%), und acht linke Arme (50%)). Zu den linkshändigen Patienten zählten zwei Männer und eine Frau, bei denen der dominante, linke Arm betroffen war (drei von 49 Patienten, 6%).

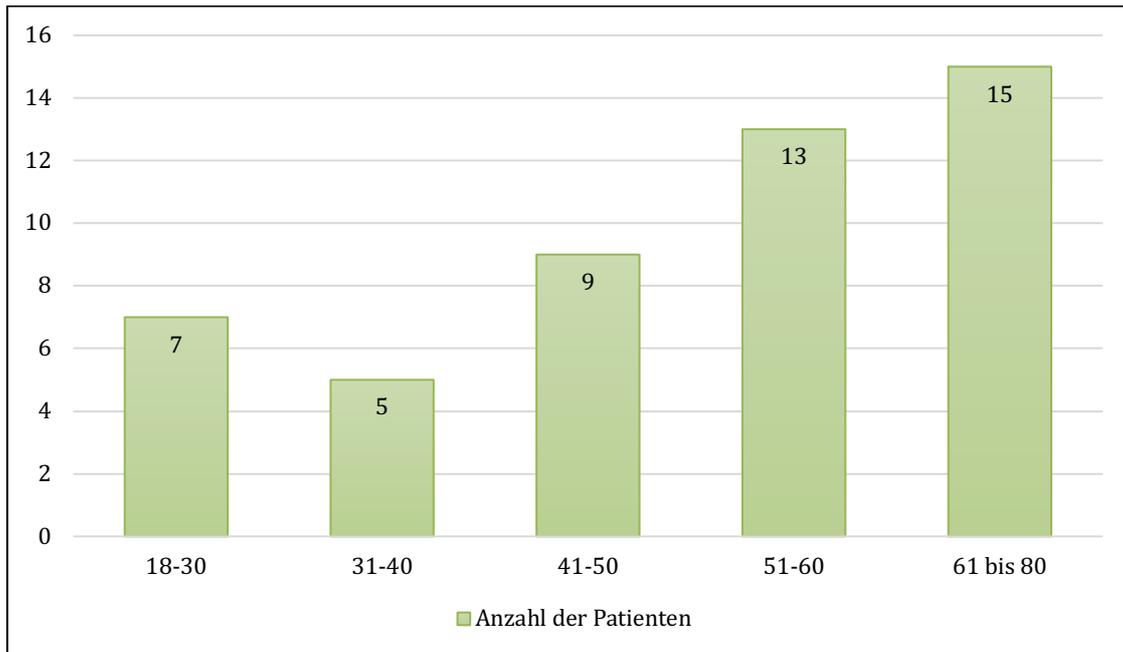


Abb. 4. Altersverteilung der Patienten. Dargestellt ist das Alter der Patienten, wobei diese in fünf Altersgruppen eingeteilt wurden. Ersichtlich wird, dass sich der Gruppe der 51- bis 60-Jährigen und der Gruppe der 61- bis 80-Jährigen die meisten Individuen des Kollektivs zuordnen lassen.

Tabelle 1. Altersverteilung der Patienten. Dargestellt sind die statistischen Basisdaten der Patienten bezüglich des Alters. Dabei wurde das Patientenkollektiv nach dem Geschlecht (weiblich/männlich) aufgeteilt. Sowohl das niedrigste, als auch das höchste Patientenalter wurde dargestellt. Desweiteren sind die Mittelwerte und deren Standardabweichungen aufgeführt.

	Frauen (F)	Männer (M)
Anzahl der Patienten	33	16
Durchschnittliches Alter	54	43
Geringstes Alter	27	18
Höchstes Alter	80	78
Median	56	46
Standardabweichung	13,26	17,82

Tabelle 2. Darstellung der Basisdaten der Patienten

ID-Nr.	G	Alter am UT	Unfall-OP (Tage)	Alter am NUT	OP-NU (Monate)	Händigkeit	Verletzte Seite
2	F	27	3	33	75	R	L
3	F	28	0	35	83	R	R
5	F	29	2	36	85	R	L
1	F	32	1	32	7	R	L
4	F	34	3	35	15	R	R
7	F	39	21	43	46	R	L
9	F	43	0	47	47	R	L
15	F	47	20	52	59	R	R
13	F	48	1	50	29	R	L
16	F	49	0	54	61	R	L
23	F	52	13	57	60	R	L
18	F	53	4	55	24	R	R
31	F	53	0	59	71	R	L
19	F	54	5	55	14	R	R
25	F	55	21	57	26	R	R
27	F	56	14	57	14	R	L
29	F	56	10	57	6	R	R
26	F	57	1	65	92	R	L
20	F	58	2	62	49	R	L
37	F	59	6	60	7	L	L
40	F	61	1	69	94	R	L
22	F	62	13	64	30	R	L
24	F	63	22	64	6	R	L
30	F	63	3	67	46	R	L
41	F	63	14	70	77	R	L
28	F	64	6	66	26	R	L
32	F	64	4	67	37	R	R
34	F	64	2	67	31	R	L
36	F	66	2	67	7	R	R
38	F	67	8	68	12	R	L
42	F	69	13	70	7	R	L
43	F	72	0	77	58	R	R
45	F	80	31	82	21	R	L
44	M	18	0	22	48	R	R
46	M	20	1	22	27	L	L
48	M	20	20	24	46	R	R
49	M	20	1	28	91	R	R
6	M	35	2	36	8	R	L
8	M	36	24	43	79	L	L
10	M	44	0	48	47	R	R
14	M	45	11	50	56	R	L
11	M	47	21	49	22	R	L
12	M	48	0	49	11	R	R
17	M	48	5	54	69	R	R
21	M	53	3	55	21	R	R
33	M	57	3	59	27	R	L
35	M	58	11	59	13	R	L
39	M	68	17	68	6	R	R
47	M	78	1	82	52	R	L

ID-Nr. – Identifikationsnummer des Patienten, G – Geschlecht des Patienten, Alter am UT – Alter des Patienten am Unfalltag, Unfall-OP (Tage) – Zeitabstand zwischen dem Unfall und der Operation in Tagen, Alter am NUT – Alter des Patienten am Unfalltag, OP-NU (Monate) – Zeitabstand zwischen der Operation und der Nachuntersuchung in Monaten.

2.2 Methoden

2.2.1 Patientenaquise

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine reine Nachuntersuchung, also um eine retrospektive Betrachtung des Erfolges einer in der Vergangenheit durchgeführten Behandlung. Die Kriterien zur Zusammenstellung des Patientenkollektivs waren eine frische, operationspflichtige Ellenbogenverletzung und die Verwendung eines Bewegungsfixateurs externe. Die meisten Operationen wurden von einem Chirurgen durchgeführt, der besondere Kenntnisse in der Applikation des Bewegungsfixateurs besitzt. In den Fällen, in denen ein solcher Chirurg nicht selbst operiert hat, wurde die Operation von ihm beaufsichtigt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass keine unterschiedlichen Applikationstechniken zur Anwendung kamen. Dabei fanden zwei Fixateurmodelle der Firma Orthofix (Abb. 5 und 6), die in der Paracelsusklinik in Marl standardmäßig vorhanden waren, Anwendung. Bei den Fällen, die bereits längere Zeit zurückliegen, handelt es sich um ein Vorgängermodell (Abb. 5) des aktuellen Fixateurs, das bis 2011 ausschließlich angebracht wurde. Ab diesem Zeitpunkt stand das Nachfolgermodell (Abb. 6) zur Verfügung und wurde für alle weiteren Fälle verwendet.

2.2.2 Aufteilung der Patienten in Gruppen

Das Patientenkollektiv (49 Patienten) wird aus Patienten gebildet, die eine Luxation des Ellenbogengelenks erlitten haben. Die Patienten wurden nach den jeweiligen Verletzungsmustern in Gruppe eingeteilt. Ein grundsätzlicher Unterschied wurde zwischen Verletzungen mit Luxationskomponente (entspricht einem ligamentären Schaden) und Luxationsfraktur (entspricht einem osteoligamentären Schaden) gemacht. Ungeachtet des jeweils benutzten Fixateurtyps fand die Nachuntersuchung aller Patienten entsprechend der Vorgaben der verwendeten Untersuchungsscores statt. Erst nach Abschluss der Nachuntersuchung erfolgte die Sichtung des Patientenkollektivs. Dabei wurden, je nach vorliegendem Verletzungsmuster, vergleichbare Gruppen gebildet (Tabelle 3). Die Ergebnisse der jeweiligen Gruppe wurden im Einzelnen analysiert und im Nachfolgenden dargestellt.

Tabelle 3. Darstellung der Verteilung des Verletzungsmusters (ligamentäre und osteoligamentäre Verletzung) in Bezug auf das Alter der Patienten.

Alter am Unfallsdatum	18-30	31-40	41-50	51-60	61-80	Summe
Ligamentäre Verletzungen	3	0	6	5	4	18
Osteoligamentäre Verletzungen	4	5	3	8	11	31

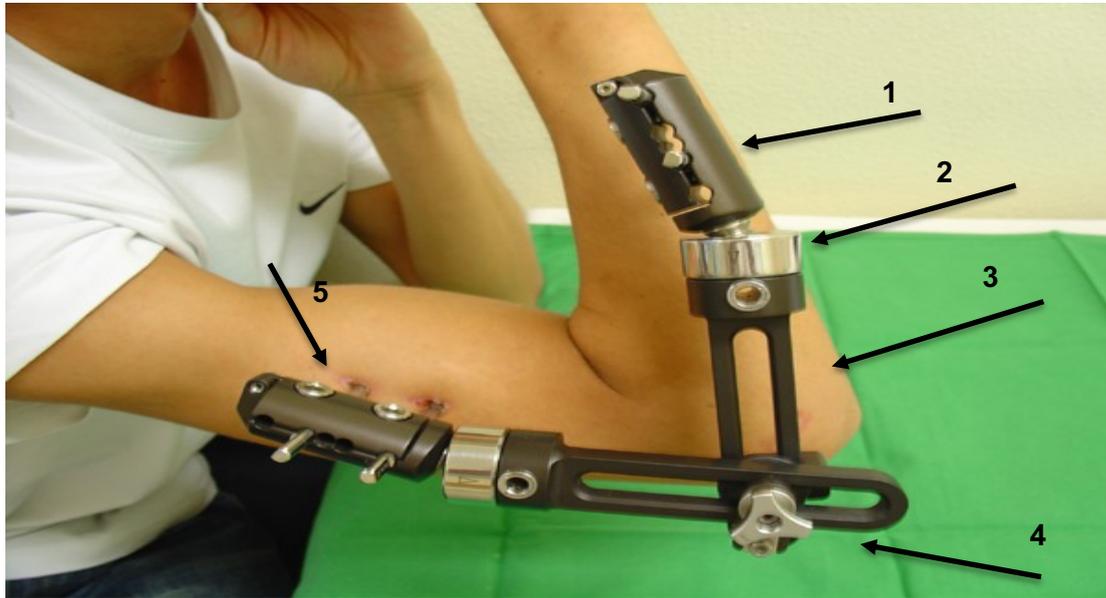


Abb. 5 Abbildung des alten Modells des humero-ulnaren Bewegungsfixateurs externe (Fa. Orthofix), der bis 2011 verwendet wurde. 1. die ulnare Fixateurbacke mit zwei dort fixierten Pins; 2. das Kugelgelenk; 3. die Fixateurschiene; 4. das Drehzentrum mit der Flügelmutter; 5. die humerale Fixateurbacke mit zwei dort fixierten Pins.

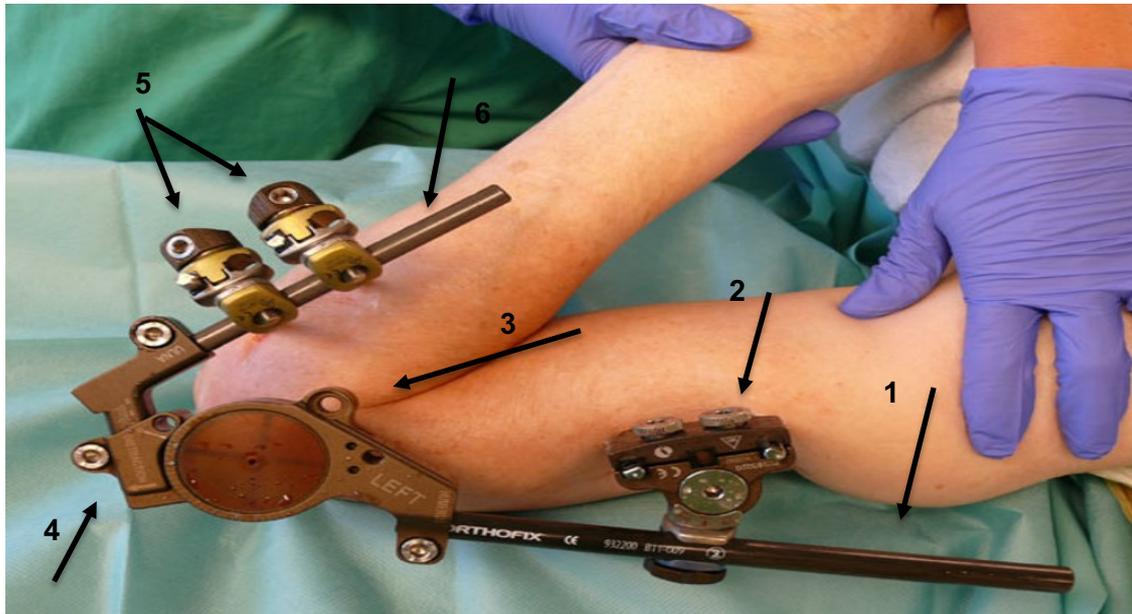


Abb. 6 Abbildung des neuen Modells des humero-ulnaren Bewegungsfixateurs externe (Fa. Orthofix), der seit 2011 Verwendung findet. 1. der humerale Carbonstab; 2. die Multibacke (am Humerus) mit zwei dort fixierten Pins; 3. die Ellenbogengelenk-Zentraleinheit mit dem Drehzentrum; 4. der Distraktor; 5. zwei ulnare Fixateurbacken mit dort fixierten Pins; 6. der ulnare Carbonstab.

2.2.3 Datenerhebung

Patienten, die sich aufgrund eines weiter entfernten Wohnortes nicht in der Lage sahen, persönlich zur Nachuntersuchung zu erscheinen, wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Alle Patienten wurden mit einem standardisierten Anschreiben zur Nachuntersuchung eingeladenen. Zum Vorstellungszeitpunkt erfolgte die eingehende Untersuchung und Befragung der Patienten anhand der verwendeten Bewertungsscores. Außerdem wurden Röntgenbilder der ehemals verletzten Extremität in zwei Standardebenen angefertigt. Die klinische Untersuchung, insbesondere des Bewegungsausmaßes, erfolgte im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Die Ergebnisse wurden entsprechend der Vorgaben der verwendeten Scores in einem selbstentwickelten Befundbogen erfasst. Zur Beurteilung des radiologischen Ergebnisses wurden auch die Röntgenaufnahmen des verletzten Ellenbogens, die am Ende der klinischen Akutbehandlung angefertigt wurden, herangezogen.

2.2.3.1 Auswertung der Röntgenbilder

Unfallröntgenbilder, die die Luxationssituation zeigen, standen nicht in allen Fällen zur Verfügung. Dies kann durch eine vor dem Röntgen durchgeführte Reposition bedingt sein oder der Tatsache geschuldet sein, dass auswärts angefertigte Unfallaufnahmen nicht in das Picture Archiving and Communication System (PACS) des Krankenhauses übernommen wurden. In einigen Fällen fand sich präoperativ nur die Aufnahme in einer Ebene, da die Schmerzen der Patienten weitere Aufnahmen ausschlossen. Die durchgeführten Aufnahmen zeigen in den meisten Fällen keine Standardebene. Daher bleibt die Frage nach der genauen Luxationsrichtung in diesen Fällen offen (siehe unten).

2.2.3.2 DASH-Score

Der Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand-Score (DASH-Score) bewertet die Funktion des Arms. Verbrugge und Jette (1994) definierten „*Disability*“ dabei wie folgt: „Schwierigkeit, die Tätigkeiten auf jedem Gebiet des Lebens aufgrund gesundheitlicher oder körperlicher Probleme auszuüben“ (Verbrugge und Jette, 1994). Der Fokus dieses Tests liegt darauf, dass eine Erkrankung oder Verletzung des Ellenbogengelenks den Patienten nicht nur beruflich, sondern auch in seiner gesamten Lebenssituation einschränkt und beeinträchtigt. Der DASH-Score enthält 30 Fragen, die dabei helfen die Lebensqualität des Patienten zu beurteilen und zu

erfassen. Außerdem fördert der Test die subjektive Wahrnehmung des Patienten bezüglich seines aktuellen Zustands.

Der DASH-Score basiert auf den folgenden drei Kriterien (Hudak et al., 1996):

- Beruf
- Aktivitäten
- Sport und Kunst

Um den DASH-Test durchzuführen, wurden den Patienten 30 Fragen (Tabelle 4) mit jeweils fünf Einstufungsmöglichkeiten (keine Schwierigkeit, leichte Schwierigkeit, mäßige Schwierigkeiten, erhebliche Schwierigkeiten, nicht möglich) gestellt. Die Patienten konnten dementsprechend bei jeder Frage einen (keine Schwierigkeit) bis fünf Punkte (nicht möglich) vergeben.

Im Ergebnis entsprach ein Wert von 0 einer optimalen Funktion, während ein Wert von 100 als maximale Beeinträchtigung interpretiert wurde. Nachfolgend sind die Fragen (Tabelle 4) und Bewertungsschemata des, in dieser Studie angewendeten, DASH-Scores tabellarisch dargestellt.

Der DASH-Score kann nur dann berechnet werden, wenn mindestens 27 der 30 Fragen beantwortet wurden. Die folgende Bewertungsformel wurde für die Beurteilung der Ergebnisse angewendet:

$DASH = \left[\left\{ \frac{\text{Summe der } n \text{ Fragen}}{\text{Anzahl der } n \text{ Fragen}} - 1 \right\} * 25 \right]$, wobei $n =$
beantwortete Fragen

Tabelle 4. Dargestellung des DASH-Score Fragenbogens

1	Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen
2	Schreiben
3	Einen Schlüssel umdrehen
4	Eine Mahlzeit zubereiten
5	Eine schwere Tür aufstoßen
6	Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen
7	Schwere Hausarbeit bewältigen (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)
8	Garten- oder Hofarbeit verrichten
9	Betten machen
10	Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen
11	Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)
12	Eine Glühbirne über dem Kopf auswechseln
13	Haare waschen oder föhnen
14	Sich den Rücken waschen
15	Einen Pullover anziehen
16	Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden
17	Freizeitaktivitäten ausüben, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)
18	Freizeitaktivitäten durchführen, bei denen auf den Arm, die Schulter oder die Hand Druck- oder Stoßkräfte ausgeübt werden (z. B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)
19	Freizeitaktivitäten nachgehen, bei denen der Arm frei bewegt wird (z. B. Badminton, Frisbee)
20	Mit Fortbewegungsmitteln zurechtkommen (um von einem Ort zum anderen zu gelangen)
21	Sexuelle Aktivitäten
22	In welchem Ausmaß wurden, innerhalb der vergangenen Woche, Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit der Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen, aufgrund Ihrer Schulter-, Arm- oder Handprobleme, beeinträchtigt?
23	Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?
24	Schmerzen in der Schulter, dem Arm oder der Hand
25	Schmerzen in der Schulter, dem Arm oder der Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit
26	Kribbeln (Nadelstiche) in der Schulter, dem Arm oder der Hand
27	Schwächegefühl in der Schulter, dem Arm oder der Hand
28	Steifheit in der Schulter, dem Arm oder der Hand
29	Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich?
30	„Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich habe das Gefühl mich weniger nützlich machen zu können“

2.2.3.3 Mayo-Score

Im Vergleich zum DASH-Score zielt der Mayo- oder Mayo Elbow Performance Index-Score (MEPI-Score) verstärkt auf objektive (messbare) Daten. Die folgenden vier Einzelkriterien der Gelenkfunktion werden mit unterschiedlicher Gewichtung bewertet (Regan und Morrey, 1989):

- Schmerz (maximal 45 Pkte.): Wobei „kein Schmerz“ mit 45 Punkten, „geringer Schmerz“ mit 30 Punkten, „moderater Schmerz“ mit 15 Punkten und „starker Schmerz“ ohne (0) Punkte bewertet wird.
- Beweglichkeit (maximal 20 Pkte.): Wenn die Gesamtbeweglichkeit des Ellenbogens (ROM) mehr als 100° beträgt, bekommt der Patient 20 Punkte, wenn der ROM zwischen 50° und 100° liegt, erhält er 15 Punkte und wenn sich der ROM unter 50° befindet, bekommt der Patient 5 Punkte.
- Stabilität (maximal 10 Pkte.): Die Stabilität wird in drei Kategorien gegliedert: „stabil“ entspricht 10 Punkten, „etwas instabil“ 5 Punkten und für „völlig instabil“ werden keine (0) Punkte vergeben.
- Funktion (maximal 25 Pkte.): Dabei werden fünf Alltagsaktivitäten dargestellt, bei denen der Arm aktiv maximal gestreckt und gebeugt werden muss.

Es werden jeweils fünf Punkte vergeben, wenn eine der Aktivitäten „Haare kämmen“, „Essen“, „Körperpflege“, „Ankleiden“ oder „Schuhe anziehen“ selbstständig ausgeführt werden kann.

Ein Patient kann maximal 100 Punkte erreichen. Dabei entsprechen 90-100 Punkte einem exzellenten, 75-89 Punkte einem guten, 60-74 Punkte einem befriedigenden und weniger als 60 Punkte einem unbefriedigenden Ergebnis. (Tabelle 5).

Tabelle 5. Dargestellung des Mayo–Scores. Angegeben sind die vier Bewertungsparameter Schmerz, Beweglichkeit, Stabilität und Funktion, außerdem der Befund und die daraus resultierende Punktzahl.

Parameter	Befund	Punkte
Schmerzintensität	Kein Schmerz	45
	Geringer Schmerz	30
	Moderater Schmerz	15
	Starker Schmerz	0
Beweglichkeit (sagittal)	ROM > 100°	20
	ROM > 50–100°	15
	ROM < 50°	5
Stabilität	Stabil	10
	etwas instabil	5
	völlig instabil	0
Funktion	Haarkämmen möglich	5
	selbstständiges Essen möglich	5
	selbstständige Körperpflege möglich	5
	Ankleiden möglich	5
	Schuhe anziehen möglich	5
Punktezahl		100

2.2.4 Datenauswertung

Die Datenauswertung erfolgte zunächst entsprechend der erreichten Punktwerte innerhalb der verwendeten Scores. Anschließend wurde die Gruppe weiter in ligamentäre und osteoligamentäre Verletzungen gegliedert. Hierbei wurde zuerst die Patientengruppe, bei der Verletzungen mit ligamentärer Beteiligung vorlagen, beurteilt. Anschließend wurden die Daten der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen untersucht.

Zur genaueren Analyse werden anschließend einzelne Funktionen angesprochen. Diese beziehen sich sowohl auf objektive Untersuchungsergebnisse (z. B. Bewegungsausmaß, radiologisches Ergebnis etc.), als auch auf subjektive Bewertungen von Schmerz, Bewältigung von Alltagsaufgaben, usw. durch den Patienten.

2.2.4.1 Statistische Analyse

Die statistische Untersuchung wurde unter Mithilfe der THM durchgeführt. Dabei war das Ziel, eine Vergleichbarkeit der Gruppen mit ähnlichen Verletzungsmustern, herzustellen. Die Normalverteilung der Daten wurde mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests überprüft. Für eine nicht-parametrische Verteilung wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet, um die postoperative Verbesserung der Funktion, bei nicht normalverteilten Stichproben zu bestimmen.

3 Ergebnisse

3.1 Ligamentäre Verletzungen (n=18)

Bei 18 der 49 Patienten (37%) lag eine reine Luxation des Ellenbogens vor. Dabei hatten 13 der 18 (72%) Patienten dorsale Luxationen, zwei (11%) dorso-radiale Luxationen und drei (17%) dorso-ulnare Luxation. Die Luxationsrichtung wurde, wenn kein entsprechendes Bildmaterial vorlag, dem Operationsprotokoll entnommen.

Im Rahmen dieser Studie wurden den Patienten die 30 Fragen des DASH-Scores mit Ausnahme der Frage nach der „sexuellen Aktivität“ (Nr. 21) gestellt (Tabelle 4). Auf diese Frage wurde aufgrund des unterschiedlichen Lebensalters der Patienten verzichtet.

Die Ergebnisse der Fragen 1 bis 21 (Tabelle 4) sind in Abb.7 grafisch dargestellt und zeigen, dass die meisten Patienten (61% bis 94%) nach der durchgeführten operativen Behandlung keine Schwierigkeiten bei alltäglichen Tätigkeiten wie schreiben hatten. Während andere Tätigkeiten von einem höheren Anteil der Patienten als schwer oder nicht möglich eingestuft wurden (z. B. das Verrichten von Gartenarbeit wurde von 11% der Befragten als ‚nicht möglich‘ eingestuft) (Abb. 7). Hinsichtlich sozialer Aktivitäten (Frage Nr. 22, Tabelle 4) gaben 83% der Befragten keine Beeinträchtigung an.

15 von 18 Patienten (83%) antworteten auf Frage 23 (Tabelle 4), dass sie durch ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten nicht eingeschränkt sein. Außerdem gaben 6% der Patienten an in ihren alltäglichen Tätigkeiten leicht, mäßig oder sehr eingeschränkt zu sein.

Die Fragen 24 bis 28 (Tabelle 4) beziehen sich auf Schmerzen und neurologische Symptome wie Kribbeln oder Schwächegefühl. 67-89% der untersuchten Patienten mit ligamentären Verletzungen verspürten keine Schmerzen, Kribbeln oder Schwächegefühl in der Schulter, dem Arm oder der Hand. Von einem Patienten wurden sehr starke Schmerzen angegeben (Abb. 8).

Im Zuge der Frage 29 (Tabelle 4) gaben 5% der Patienten an Schlafstörungen in Zusammenhang mit ihrer Ellenbogenverletzung zu haben.

Mit der letzten Frage des DASH-Scores werden die Auswirkungen der Verletzung auf das soziale Leben erfasst. Dabei steht die Einschätzung des Selbstvertrauens und der eigenen, selbstempfundenen Wertigkeit in der sozialen Gemeinschaft im Vordergrund. 95% (18 von 19 Patienten) der Befragten gaben keine oder lediglich

leichte Beeinträchtigungen im sozialen Bereich an. 5% (ein Patient) hingegen gaben erhebliche Probleme in diesem Bereich an.

Maximal ist es den Patienten beim DASH-Score möglich 100 Punkte zu erzielen.

Der DASH-Score ergab für die Patienten mit ligamentären Verletzungen einen Mittelwert von 10 Punkten.

Durch die Auswertung des DASH-Fragebogens konnte eine sehr geringe Beeinträchtigung („Disability“) der befragten Patienten festgestellt werden.

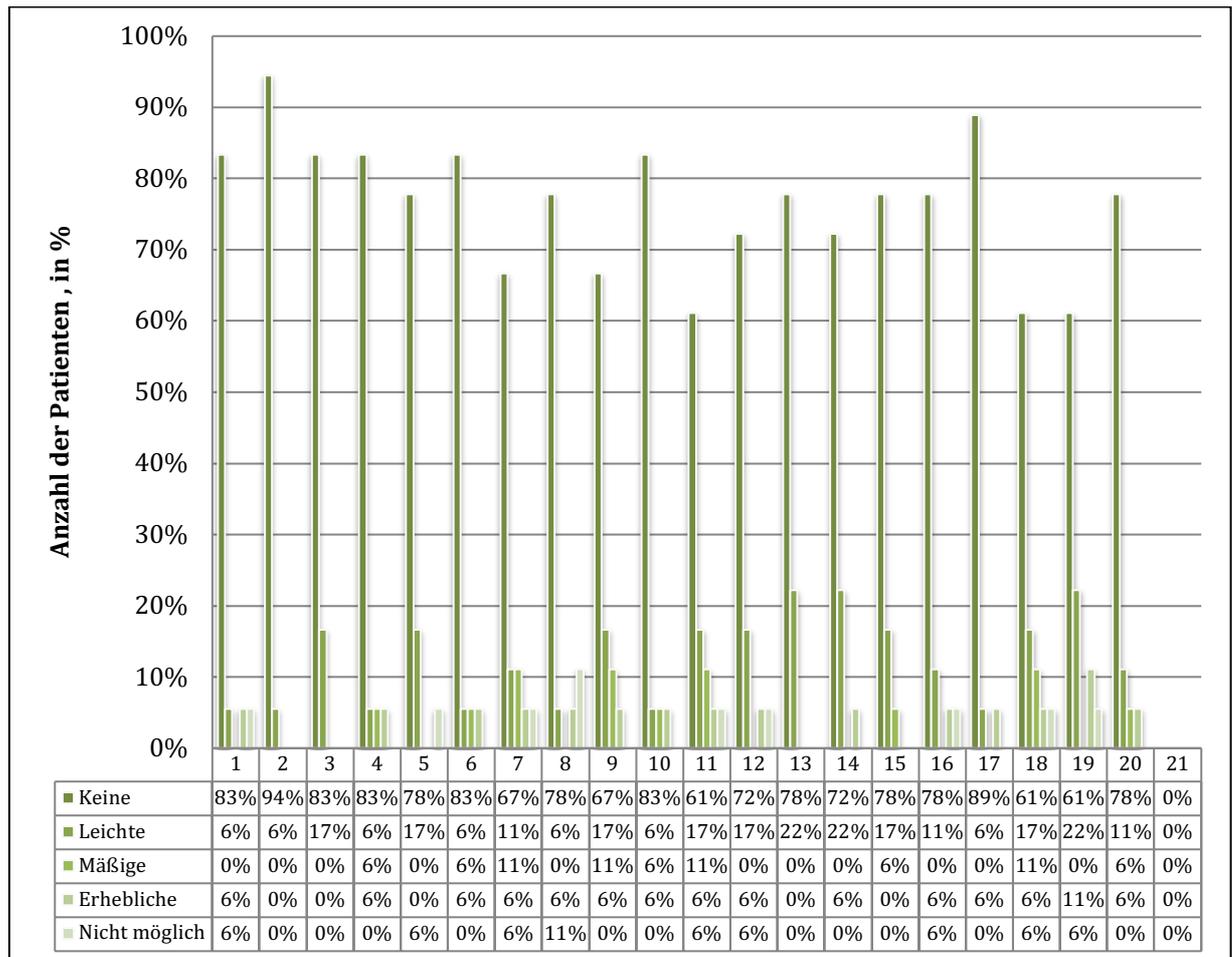


Abb. 7. Dargestellt ist die Auswertung der Fragen 1 bis 21 des DASH-Scores bei Patienten mit ligamentären Verletzungen. Die prozentualen Angaben zeigen wie viele der Patienten die jeweiligen Antwortmöglichkeiten („bereitete mir keine Schwierigkeit“, „leichte“, „mäßige“, „erhebliche Schwierigkeiten“ oder „ist mir nicht möglich.“) ausgewählt haben. Die Fragen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

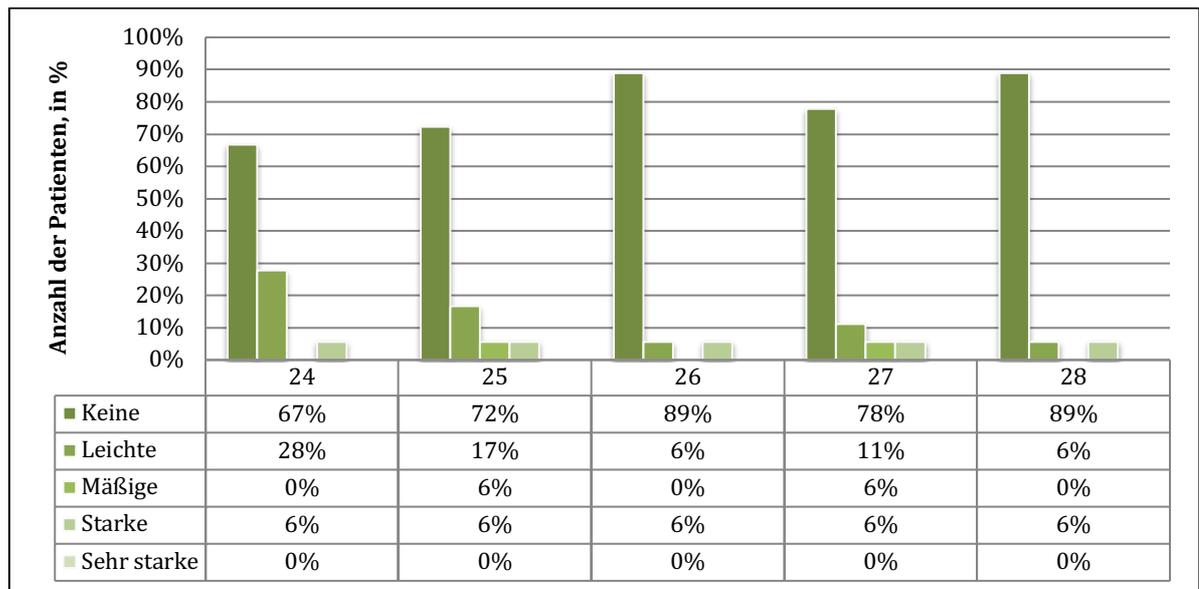


Abb 8. Dargestellt ist die Auswertung der Fragen 24 bis 28 des DASH-Scores bei Patienten mit ligamentären Verletzungen. Die prozentualen Angaben zeigen wie viele der Patienten die jeweiligen Antwortmöglichkeiten („bereitet mir keine Schwierigkeit“, „leichte“, „mäßige“, „erhebliche Schwierigkeiten“ oder „ist mir nicht möglich.“) ausgewählt haben. Die Fragen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Der Mayo-Score wurde bereits in Kapitel 2.2.3.2 vorgestellt. Er stellt ein weiteres Bewertungssystem dar, das eine Beurteilung der Schmerzintensität, der Beweglichkeit, Stabilität und der Funktion des Ellenbogens der Patienten in ihrem alltäglichen Leben ermöglicht.

Die Tabelle 6 fasst die Ergebnisse des Mayo-Scores der Patienten mit ligamentären Verletzungen zusammen.

Die meisten Patienten (78%) empfanden keine Schmerzen nach der klinischen Behandlung, während 5 % der Patienten ihre Schmerzintensität als „stark“ beurteilten. Die Bewertung des zweiten Parameters („Beweglichkeit“) zeigte ebenfalls eine positive Tendenz, denn bei 95% der untersuchten Patienten war der ROM größer oder gleich 100°. Die Beweglichkeit der restlichen Patienten (5%) lag im Bereich zwischen 50° und 100°.

Die Stabilität des Ellenbogens konnte bei allen Patienten mit ligamentären Verletzungen nach der klinischen Behandlung als „stabil“ eingestuft werden.

Die Bewertung der Funktionalität wurde anhand von fünf alltäglichen Aktivitäten, die in der folgenden Tabelle dargestellt sind, vorgenommen. Keiner der Patienten hatte Schwierigkeiten bei der Ausübung der unten genannten Aktivitäten.

Innerhalb der Patientengruppe, die für diese Studie befragt wurde, konnten die Patienten maximal 100 Punkte erreichen. Die geringste Punktezahl der Befragten lag bei 55 Punkten. Der Mittelwert betrug 94,7 Punkte.

Eine Übersicht der Ergebnisse des Mayo-Scores ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 6. Ergebnisse des Mayo-Scores, mit prozentualer Auswertung, die der Anzahl der Patienten entspricht, die den jeweiligen Befund aufwiesen.

Parameter	Befund	Punkte	%
Schmerzintensität	Keiner	14	78%
	Gering	3	17%
	Moderat	0	0%
	Stark	1	5%
Beweglichkeit (sagittal)	ROM > 100°	17	95%
	ROM > 50–100°	1	5%
	ROM < 50°	0	0%
Stabilität	Stabil	18	100%
	Etwas instabil	0	0%
	Völlig instabil	0	0%
Funktion	Haarekämmen möglich	18	100%
	Selbstständiges Essen möglich	18	100%
	Selbstständige Körperpflege	18	100%
	Ankleiden möglich	18	100%
	Schuhe anziehen möglich	18	100%

Tabelle 7. Dargestellt sind die Ergebnisse des Mayo-Scores der Patienten mit ligamentären Verletzungen.

Score	Patientenanzahl	Relativ, %
Exzellente: > 90	14	78%
Gut: 75–89	3	17%
Befriedigend: 60–74	0	0%
Ungenügend: < 60	1	5%
Summe	18	100%

Eines der wesentlichen Kriterien zur Bewertung des Erfolgs der klinischen Behandlung ist die Beweglichkeit des Ellenbogens der untersuchten Patienten.

Die durchschnittlichen Werte für Extensions- und Flexionsbewegungen betragen 0-5-140° (gesunde Seite 0-0-146°). Bei der Supination und Pronation lagen die durchschnittlichen Werte bei 80-0-90° (gesunde Seite 80-0-90°). Diese Daten werden durch die statistische Auswertung in Tabelle 9 bestätigt. Dabei wurde kein erkennbarer Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und der Verbesserung der Beweglichkeit festgestellt (Tabelle 11).

Ein Vergleich der Untersuchung direkt nach der operativen Behandlung und der Nachuntersuchung zeige bei den Patienten mit ligamentären Verletzungen eine Verbesserung bei Extension und Flexion. (Abb. 9 und 10, Tabelle 10). Die folgende Tabelle (8) zeigt die Beweglichkeitsparameter und die entsprechenden Werte.

Tabelle 8. Darstellung der ermittelten Daten bezüglich des Bewegungsumfangs des Ellenbogengelenks der Patienten mit ligamentären Verletzungen bei Extension, Flexion, Pronation und Supination. Zu jeder Bewegung sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der gesunden und verletzten Seite angegeben.

Ligamentäre Verletzungen, Alle n=18						
	Verletzte Seite	Gesunde Seite	Verl. Seite	Ges. Seite	Verl. Seite	Ges. Seite
	MW ^a ± StA ^b	MW ± StA	Min	Min	Max	Max
Extension (°)	5 ± 8	0 ± 0	0	0	25	0
Flexion (°)	140 ± 7	146 ± 4	120	140	150	150
Supination (°)	79 ± 2	80 ± 0	70	80	80	80
Pronation (°)	90 ± 0	90 ± 0	90	90	90	90

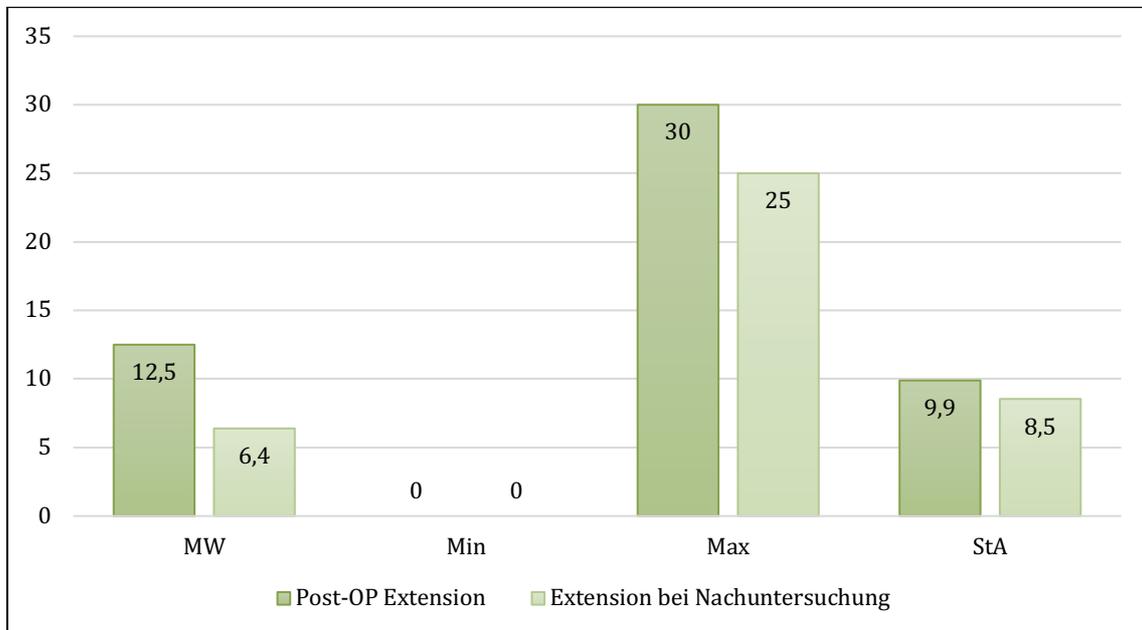


Abb. 9. Vergleich des Extensiondefizites der Patienten mit ligamentären Verletzungen nach der Operation und bei der späteren Nachuntersuchung. Je kleiner der Wert ist, desto geringer ist das Defizit. Dargestellt sind sowohl die minimalen und maximalen Defizite, als auch die jeweiligen Mittelwerte (°) und die Standardabweichungen.

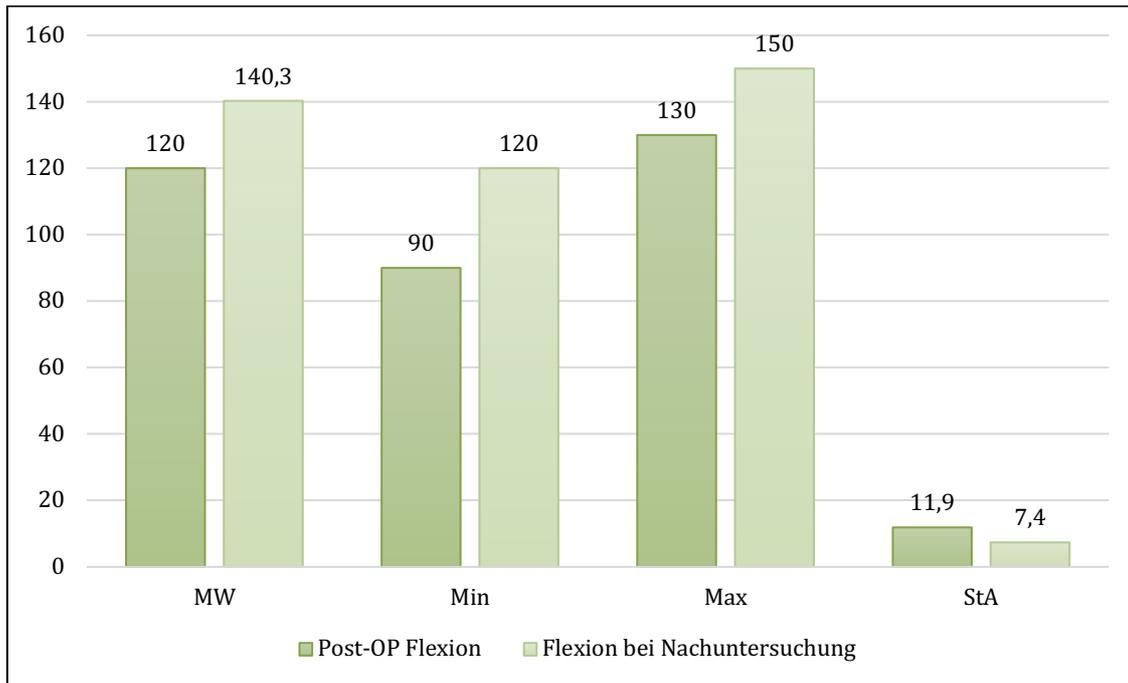


Abb. 10. Vergleich des Flexiondefizites der Patienten mit ligamentären Verletzungen nach der Operation und bei der späteren Nachuntersuchung. Je größer der Wert ist, desto geringer ist das Defizit. Dargestellt sind sowohl die minimalen und maximalen Defizite, als auch die jeweiligen Mittelwerte (°) und die Standardabweichungen.

Tabelle 9. Dargestellt ist die Signifikanz des Unterschieds zwischen der verletzten und gesunden Seite der untersuchten Patienten bei Extension, Flexion, Supination und Pronation, sowie die Signifikanzwerte für alle Patienten mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen.

Unterschied zwischen verletzter und gesunder Seite			
	Signifikanz (p-value)		
	für alle	Ligamentär	Osteoligamentär
Ext.bei Untersuchung vs. Ext. Gesunde Seite.	<0,001	0,011	<0,001
Flex.bei Untersuchung vs. Flex. Gesunde Seite.	<0,001	0,001	<0,001
Supin.bei Untersuch. vs. Supin. Gesunde Seite	0,004	0,317	0,007
Pronat. bei Untersuch. vs. Pronat. Gesunde Seite	0,157	1,000	0,157

Tabelle 10. Dargestellt ist das Signifikanzniveau der Extension und Flexion zum Zeitpunkt der Entlassung und der Nachuntersuchung aller Patienten mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen.

Vergleich	Ligament.: extension vorher vs. Nachher	Ligament.: flexion vorher vs. Nachher	Osteoligament.: extension vorher vs. Nachher	Osteoligament.: flexion vorher vs. Nachher
p-wert	0,029	<0,0001	0,176	<0,0001

Tabelle 11. Dargestellt ist die Abhängigkeit der Extension und Flexion vom Alter der Patienten mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen, die entsprechende Signifikanz, sowie den Korrelationskoeffizient nach Spearman.

Vergleich	Korrelationskoeffizient nach Spearman	p-Wert
Alter vs. Ligament. Extension	-0,379	0,121
Alter vs. Ligament. Flexion	0,102	0,688
Alter vs. Osteoligament. Extension	-0,050	0,790
Alter vs. Osteoligament. Flexion	0,269	0,143

Wie bei der Beurteilung der Gelenkstabilität hatten die untersuchten Patienten die Möglichkeit, ihre Schmerzen im Rahmen des Mayo-Tests zu bewerten.

Zuerst wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der empfundenen Schmerzintensität der Patienten und deren Alter gab. Dafür wurde das Patientenkollektiv in die fünf oben beschriebenen Altersgruppen unterteilt betrachtet. 14 Patienten gaben an, keine Schmerzen zu haben. Von diesen Patienten gehörten drei der ersten, sechs der dritten, vier der vierten und ein Patient der fünften Gruppe an. Geringe Schmerzen hatten drei Patienten aus Gruppe fünf. Ein starker Schmerz wurde von einer Person empfunden, die zur vierten Gruppe zählte. (Abb. 11). Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass Schmerzempfindungen abhängig vom Alter sind. Je alter der Patient, desto mehr Schmerzen werden empfunden.

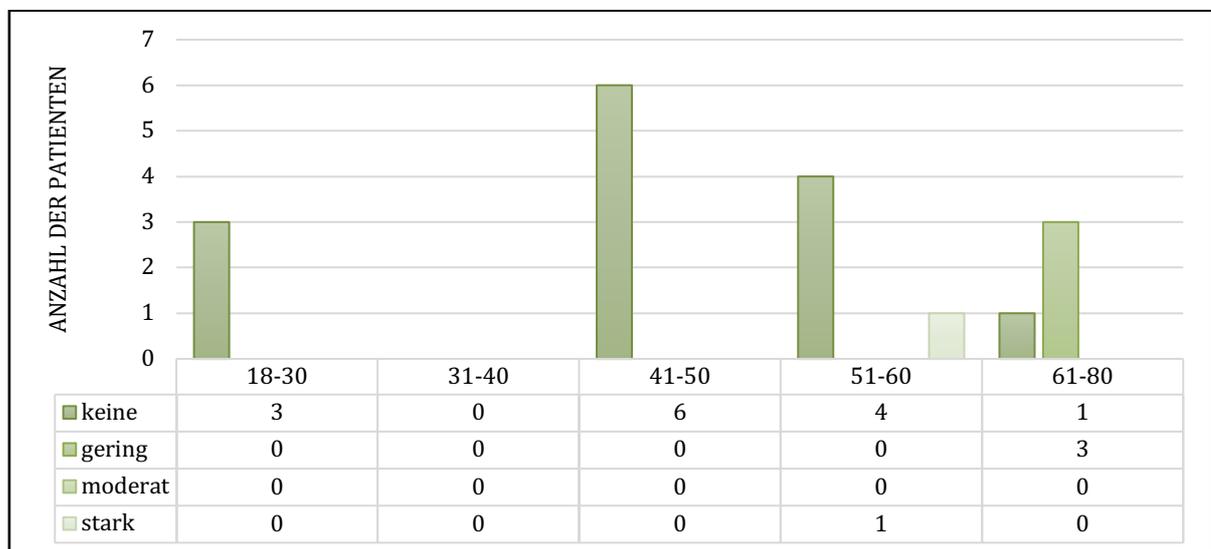


Abb. 11. Dargestellt ist die Schmerzintensität der Patienten mit ligamentären Verletzungen, die in vier Stärkegraden angegeben werden konnten (keine, gering, moderat oder stark Schmerzen). Dabei wurde das Patientenkollektiv entsprechend des Alters in fünf Gruppen geteilt.

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Verletzungen auf die Ausführbarkeit von Alltagsaktivitäten untersucht. Um die Ergebnisse übersichtlich darzustellen, wurden die

Tätigkeiten, mit denen die Patienten jeweils die größten (in dieser Studie „Gruppe 2“ genannt) und die geringsten (in dieser Studie „Gruppe 1“) Schwierigkeiten hatten, zusammengefasst. Zu Gruppe 2 zählen demzufolge die Aktivitäten bei denen die meisten Patienten beim DASH-Score die Antwort „nicht möglich“ angegeben haben. Die Aktivitäten, mit denen die meisten Patienten „keine“ Schwierigkeiten hatten, entsprechen Gruppe 1. Die folgende Tabelle stellt dar welche Alltagsaktivitäten der Gruppe 1 und 2 zugeordnet werden konnten.

Tabelle 12. Dargestellt sind die Alltagsaktivitäten, die im DASH-Score die wenigsten (Gruppe 1) oder die meisten (Gruppe 2) Punkte erhalten haben, bzw. Aktivitäten, die den Patienten geringe (Gruppe 1) oder große (Gruppe 2) Schwierigkeiten bereitet haben.

Nr.	Gruppe 1	Gruppe 2
1.	Schreiben	Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen
2.	Einen Schlüssel umdrehen	Eine schwere Tür aufstoßen
3.	Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	Schwere Hausarbeit bewältigen (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)
4.	Freizeitaktivitäten ausüben, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)	Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)
5.		Eine Glühbirne über dem Kopf auswechseln
6.		Freizeitaktivitäten durchführen, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)

Anschließend wurde eine Analyse durchgeführt, die den Zusammenhang des Verletzungsgrades, der Ausführbarkeit von Alltagsaktivitäten und dem ROM (ROM-Analyse) untersucht. Für diese Analyse wurden die Patienten mit ligamentären Verletzungen in drei Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe befand sich ein Patient mit einem ROM zwischen 70° und 100°. Zu der zweiten Gruppe zählten vier Patienten, deren ROM zwischen 101° und 125° lag. Zur dritten Gruppe gehörten elf Patienten, der Wert ihres ROMs lag zwischen 126° und 150°.

Es folgte eine Befragung der Patienten bezüglich der Ausführbarkeit von Alltagsaktivitäten. Dabei konnten die Patienten angeben, ob sie keine, leichte, mäßige, erhebliche oder starke („nicht möglich“) Schwierigkeiten bei den Aktivitäten hatten.

Im Rahmen dieser Analyse zeigte sich, dass zwischen dem angegebenen Schwierigkeitsgrad der Aktivitäten und dem ROM ein direkter Zusammenhang bestand. Je größer der ROM war, desto weniger Probleme hatten die Patienten in ihrem Alltag. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass sich die Patienten mit rein ligamentären

Verletzungen, unabhängig von der Beweglichkeit des Arms, in ihrem Alltag insgesamt wenig eingeschränkt fühlten (Abb. 12 und 13).

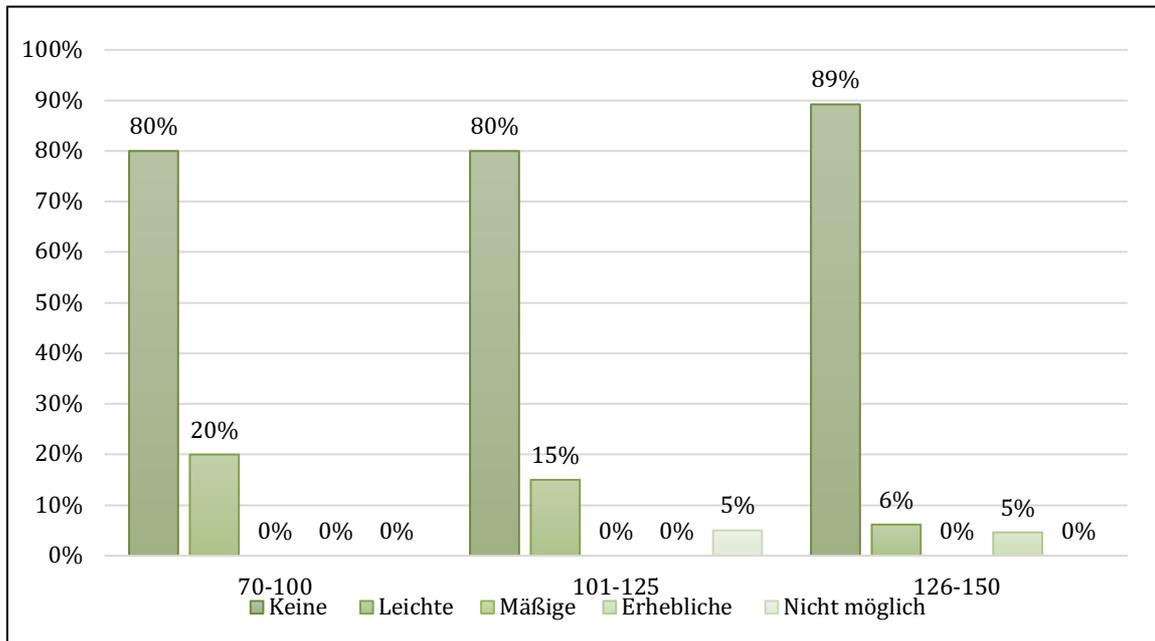


Abb. 12. Dargestellt sind die Auswirkungen der ligamentären Verletzungen auf die Ausführbarkeit von Alltagsaktivitäten der Gruppe 1 abhängig vom ROM. Die Patienten wurden entsprechend ihres ROMs in drei Gruppen eingeteilt (70-100°, 101-125°, 126-150°) und konnten die Schwierigkeiten, die sie bei der Ausübung der Aktivitäten hatten, mit einer von fünf Angaben (keine, leichte, mäßige, erhebliche, nicht möglich) bewerten.

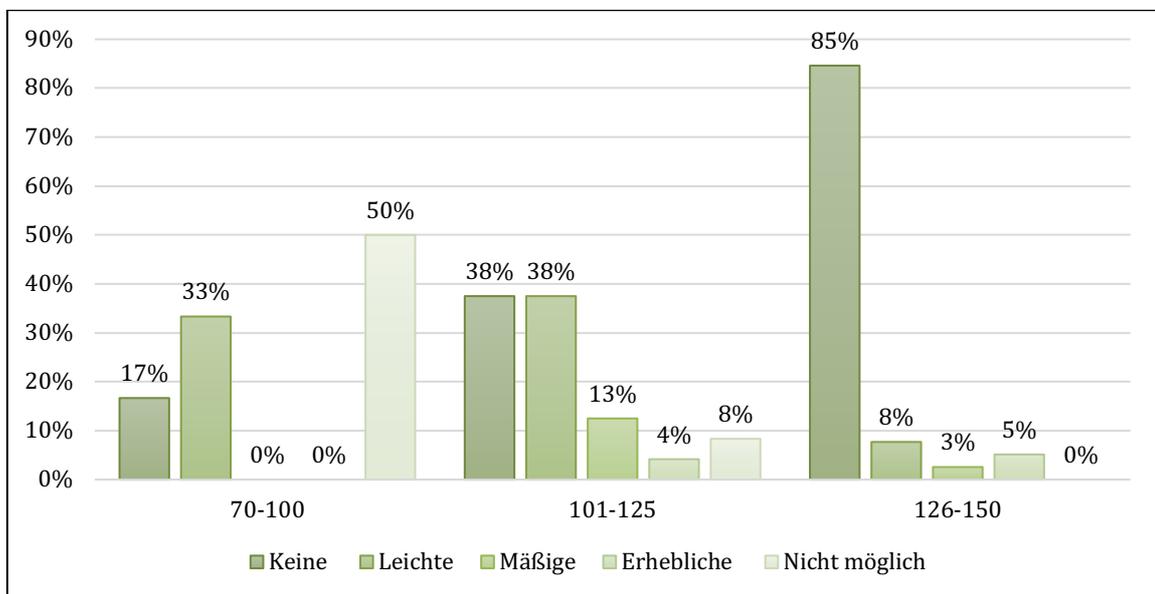


Abb. 13. Dargestellt sind die Auswirkungen der ligamentären Verletzungen auf die Ausführbarkeit von Alltagsaktivitäten der Gruppe 2 abhängig vom ROM. Die Patienten wurden entsprechend ihres ROMs in drei Gruppen eingeteilt (70-100°, 101-125°, 126-150°) und konnten die Schwierigkeiten, die sie bei der Ausübung der Aktivitäten hatten, mit einer von fünf Angaben (keine, leichte, mäßige, erhebliche, nicht möglich) bewerten.

3.2 Osteoligamentäre Verletzungen (n=31)

Bei 31 Patienten lag neben der Luxation auch eine Beteiligung der knöchernen Strukturen vor.

Bei 25 der 31 Patienten (81%) fand sich eine Radiuskopffraktur. Eine Luxationsfraktur mit Fraktur des Proc. coronoideus hatten elf der 31 Patienten (35%). Eine ‚terrible triad‘ Verletzung wurde bei sechs (19%) Patienten diagnostiziert. Die wenigsten Patienten wiesen eine ‚Monteggia-Verletzung‘ auf. Eine derartige Verletzung hatten nur zwei der 31 (6%) untersuchten Patienten. Ein (3%) Patient hatte eine Läsion des N. ulnaris, die in direktem Zusammenhang mit dem Unfall auftrat (Tabelle 13).

Die Ergebnisse der Fragen 1 bis 21 (Tabelle 4) sind unten grafisch dargestellt und zeigen, dass über 60% der Patienten (61% bis 87%) nach der durchgeführten operativen Behandlung keine Schwierigkeiten bei alltäglichen Tätigkeiten hatten. So hatten 87% der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen keine Schwierigkeiten beim Schreiben. Während andere Tätigkeiten von einem höheren Anteil der Patienten als schwer oder nicht möglich eingestuft wurden (z. B. das Verrichten von Gartenarbeit wurde von 19% der Befragten als ‚erheblich‘ eingestuft).

Die sozialen Aktivitäten, auf die sich die Frage 22 (Tabelle 4) bezieht, wurden von 67% der Patienten als nicht beeinträchtigt eingestuft. 6% gaben an, leicht beeinträchtigt zu sein, 19% der Befragten sahen sich mäßig beeinträchtigt und nur 6% empfanden eine starke Beeinträchtigung.

68% der Patienten gaben bei Frage 23 (Tabelle 4) an, in der vergangenen Woche nicht durch ihre Schulter-, Arm-, oder Handprobleme in ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt gewesen zu sein. 6% der Befragten gaben an leicht eingeschränkt gewesen zu sein, während 16% der Patienten ihre alltäglichen Tätigkeiten als stark eingeschränkt einstufen.

Die Antworten auf die Fragen 24 bis 28 (Tabelle 4) zeigen, dass nur wenige Patienten (3% bis 13%) starke Schmerzen hatten. 55 bis 71% der Patienten hatten weder Schmerzen, noch verspürten sie ein Kribbeln, Schwächegefühl oder Steifigkeit in der Schulter, dem Arm oder der Hand (Abb. 15).

Bei Frage 29 (Tabelle 4) gaben 78% an nicht an Schlafproblemen zu leiden. 6% hatten geringe Schwierigkeiten beim Schlafen, 10% mäßige und 3% erhebliche Schwierigkeiten.

Eine deutliche Mehrheit (75%) der untersuchten Patienten gaben bei Frage 30 (Tabelle 4) an, dass ihr Selbstvertrauen nicht beeinträchtigt sei. 3 bis 13% der Patienten hatten Schwierigkeiten in diesem Bereich.

Der DASH-Score ergab für die Patienten mit ligamentären Verletzungen einen Mittelwert von 16,9 Punkten.

Durch den Vergleich der DASH-Scores beider Patientengruppen wird erkennbar, dass sich die Patienten mit einer ligamentären Verletzungen weniger beeinträchtigt sahen als Patienten mit osteoligamentären Verletzungen. Denn der Mittelwert der Patientengruppe mit ligamentären Verletzungen betrug 10 Punkte, während der Mittelwert der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen bei 16,9 Punkten lag. Es handelte sich um einen deutlichen Unterscheid zwischen den beiden Gruppen.

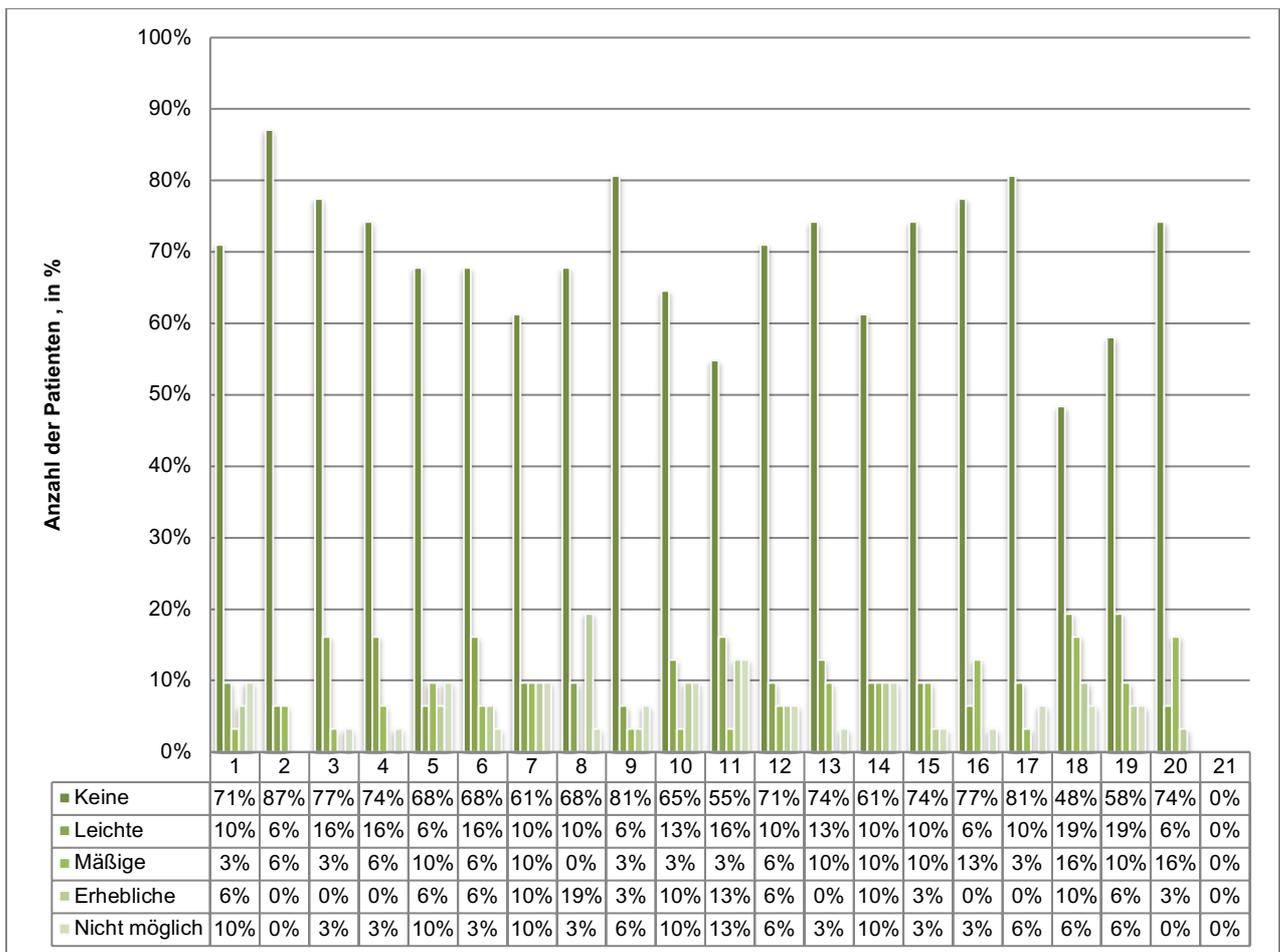


Abb 14. Dargestellt ist die Auswertung der Fragen 1 bis 21 des DASH-Scores der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen. Die prozentualen Angaben zeigen wie viele der Patienten die jeweiligen Antwortmöglichkeiten („bereitet mir keine Schwierigkeit“, „leichte“, „mäßige“, „erhebliche Schwierigkeiten“ oder „ist mir nicht möglich.“) ausgewählt haben. Die Fragen des DASH-Scores sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 13. Dargestellt ist die Art der osteoligamentären Verletzungen der Patienten, sowie deren Geschlecht und Alter.

Pat. ID-Nr.	M/F	Alter	Luxation	Radiuskopfraktur	Fraktur des Proccus coronoideus	Monteggia	Nerven/Gefäßverletzung	Luxationstyp
3	F	28	+	+			+	dorso-ulnar
7	F	29	+	+				dorsal
1	F	32	+		+			dorso-ulnar
4	F	34	+	+				dorso-radial
7	F	39	+	+				dorsal
9	F	43	+	+				dorsal
23	F	52	+	+				dorso-ulnar
19	F	54	+	+				dorso-ulnar
25	F	55	+	+				dorsal
27	F	56	+	+	+			dorso-radial
29	F	56	+	+	+			dorsal
37	F	59	+	+				dorso-ulnar
40	F	61	+	+				dorso-radial
24	F	63	+	+				dorsal
41	F	63	+	+		+		dorso-radial
28	F	64	+	+				dorso-radial
32	F	64	+	+	+			dorsal
34	F	64	+	+				dorsal
38	F	67	+		+			dorsal
42	F	69	+	+				dorsal
43	F	72	+	+		+		dorsal
45	F	80	+	+	+			dorso-ulnar
48	M	20	+	+				dorsal
49	M	20	+					dorsal
6	M	35	+	+				dorso-radial
8	M	36	+		+			dorsal
10	M	44	+		+			dorsal
12	M	48	+	+	+			dorsal
21	M	53	+	+				dorso-radial
35	M	58	+		+			dorsal
39	M	68	+	+	+			dorso-radial
								Dorsal: 17 (55%) Dorso-radial: 8 (26%) Dorso-ulnar: 6 (19%) SUMME: 31 (100%)

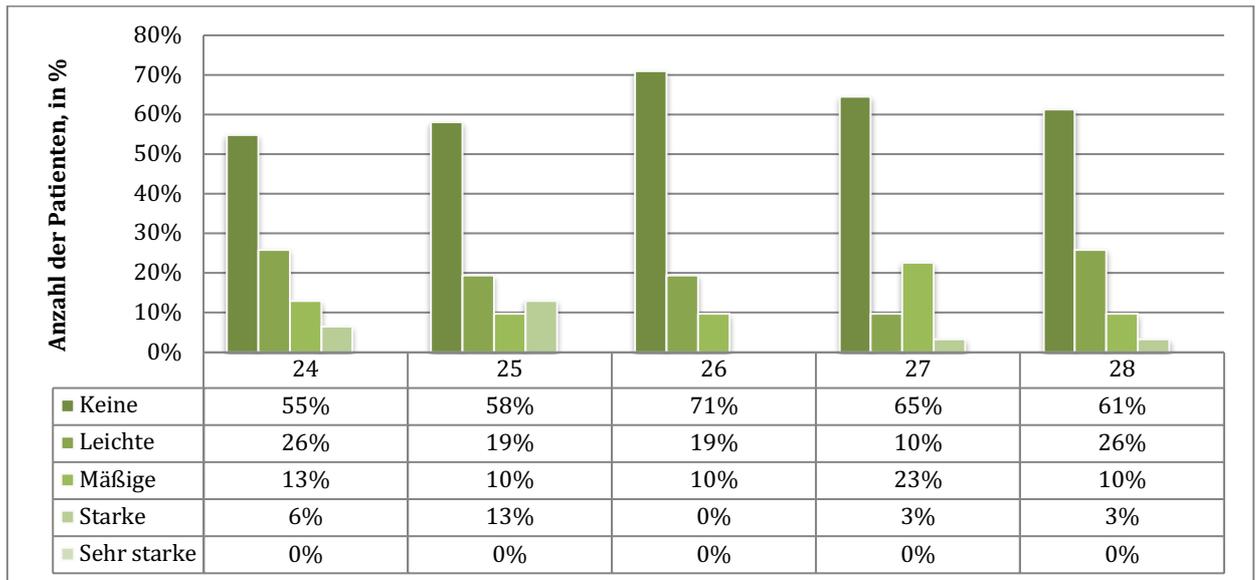


Abb. 15. Dargestellt ist die Auswertung der Fragen 24 bis 28 des DASH-Scores der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen. Die prozentualen Angaben zeigen wie viele der Patienten die jeweiligen Antwortmöglichkeiten („bereitet mir keine Schwierigkeit“, „leichte“, „mäßige“, „erhebliche Schwierigkeiten“ oder „ist mir nicht möglich.“) ausgewählt haben. Die Fragen des DASH-Scores sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Im Kapitel 3.1 sind die Ergebnisse des Mayo-Scores der Patienten mit ligamentären Verletzungen dargestellt. Analog dazu fasst die Tabelle 14 die detaillierten Ergebnisse der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen zusammen.

10 von 18 Patienten (58%) empfanden keine Schmerzen nach der Behandlung, während 3% der Patienten die Schmerzintensität als „moderat“ einstufen.

Aus der Bewertung des zweiten Parameters („Beweglichkeit“) geht hervor, dass 81% der untersuchten Patienten einen ROM größer oder gleich 100° hatten. Die Beweglichkeit bei den restlichen Patienten (19%) lag im Bereich zwischen 50° und 100°.

Die Stabilität des Ellenbogens konnte nach der klinischen Behandlung bei allen Patienten als „stabil“ beurteilt werden.

Kein Patient hatte Schwierigkeiten bei der Ausübung alltäglicher Aktivitäten.

Den Patienten war es möglich einen Maximalwert von 100 Punkten zu erreichen. Die geringste Punktezahl betrug im Mittel 50 Punkte. Der Mittelwert lag bei 92,3 Punkten.

Eine Übersicht über die Ergebnisse des Mayo-Scores der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen ist in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 14. Ergebnisse des Mayo-Scores, mit prozentualer Auswertung, die der Anzahl der Patienten entspricht, die den jeweiligen Befund aufwiesen.

Parameter	Befund	Punkte	%
Schmerzintensität	Keiner	18	58%
	Gering	12	39%
	Moderat	1	3%
	Stark	0	0%
Beweglichkeit (sagittal)	ROM > 100°	25	81%
	ROM > 50–100°	6	19%
	ROM < 50°	0	0%
Stabilität	Stabil	31	100%
	etwas instabil	0	0%
	völlig instabil	0	0%
Funktion	Haarkämmen möglich	31	100%
	Selbstständiges Essen möglich	31	100%
	Selbstständige Körperpflege	31	100%
	Ankleiden möglich	31	100%
	Schuhe anziehen möglich	31	100%

Tabelle 15. Dargestellt sind die Ergebnisse des Mayo-Scores der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen.

Score	Patientenanzahl	Relativ, %
Exzellente: > 90	18	58%
Gut: 75–89	12	39%
Befriedigend: 60–74	1	3%
Ungenügend: < 60	0	0%
Summe	31	100%

Die durchschnittlichen Werte der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen (n = 31) lagen bei Extensions- und Flexionsbewegungen bei 0-10-134° (gesunde Seite 0-0-144°) und bei Supination und Pronation bei 75-0-89° (gesunde Seite 80-0-90°) (Tabelle 16). Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der verletzten und gesunden Seite nachgewiesen werden (Tabelle 9). Desweiteren zeigte sich bei dieser Patientengruppe, im Gegensatz zu den Patienten mit ligamentären Verletzungen, lediglich bei der Flexion eine signifikante Verbesserung zwischen dem Zeitpunkt der Entlassung und der Nachuntersuchung (Tabelle 10). Wie bei den Patienten mit ligamentären Verletzungen wurde kein erkennbarer Zusammenhang

zwischen dem Alter der Patienten und der Einschränkung der Ellenbogenbeweglichkeit festgestellt (Tabelle 11).

Insgesamt zeigte sich eine Verbesserung der Ellenbogenbeweglichkeit bei den untersuchten Patienten mit osteoligamentären Verletzungen zwischen dem Zeitpunkt der Entlassung und der Nachuntersuchung (Abb. 16 und 17).

Die Ergebnisse der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen sind im Vergleich zu den Patienten mit ligamentären Verletzungen schlechter einzustufen (Extension/Flexion 0-5-140° und Supination/Pronation 80-0-90°).

Nach dem Auftreten einer Ellenbogenverletzung, die nicht nur zu einer Luxation, sondern auch zu einer Beteiligung von knöchernen Strukturen führt, ist eine Verschlechterung der Ellenbogenbeweglichkeit, also der Flexion, Extension, Supination und Pronation, zu erwarten. Um diese Verschlechterung graphisch darzustellen wurde die gesunde Gegenseite als Ausgangspunkt gewählt. Die Verschlechterung stellt sich dann als Differenz zwischen der gesunden und verletzten Seite dar. Die ermittelte Verschlechterung wurde genutzt um einen möglichen Zusammenhang zwischen den Bewegungen, die sich verschlechtern haben, zu identifizieren.

Es wurde ein schwach signifikanter Zusammenhang zwischen der Verschlechterung der Extension und der Verschlechterung der Supination festgestellt. Außerdem gibt es einen deutlich signifikanten Zusammenhang zwischen der Verschlechterung der Flexion und der Verschlechterung der Supination. Allerdings gibt es keinen Zusammenhang mit der Verschlechterung der Pronation (Tabelle 17).

Tabelle 16. Dargestellt sind die ermittelten Daten bezüglich des Bewegungsumfangs der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen bei Extension, Flexion, Pronation und Supination. Zu jeder Bewegung sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der gesunden und verletzten Seite angegeben.

Osteoligamentäre Verletzungen, Alle n=31						
	Verletzte Seite	Gesunde Seite	Verl. Seite	Ges. Seite	Verl. Seite	Ges. Seite
	MW ^a ± StA ^b	MW ± StA	Min	Min	Max	Max
Extension (°)	10 ± 11	0 ± 4	0	0	40	20
Flexion (°)	134 ± 13	144 ± 6	110	130	150	150
Supination (°)	75 ± 8	80 ± 0	50	80	80	80
Pronation (°)	89 ± 2	90 ± 0	80	90	90	90

Tabelle 17. Abhängigkeit der Umwendbewegung von der Extension und Flexion.

	p-Werte			
	Extension vs Supination	Extension vs Pronation	Flexion vs Supination	Flexion vs Pronation
Für Osteoligamentäre:				
Korrelation nach Spearman	-0,411	-0,038	0,577	0,09
p-Wert	0,022	0,838	0,001	0,631

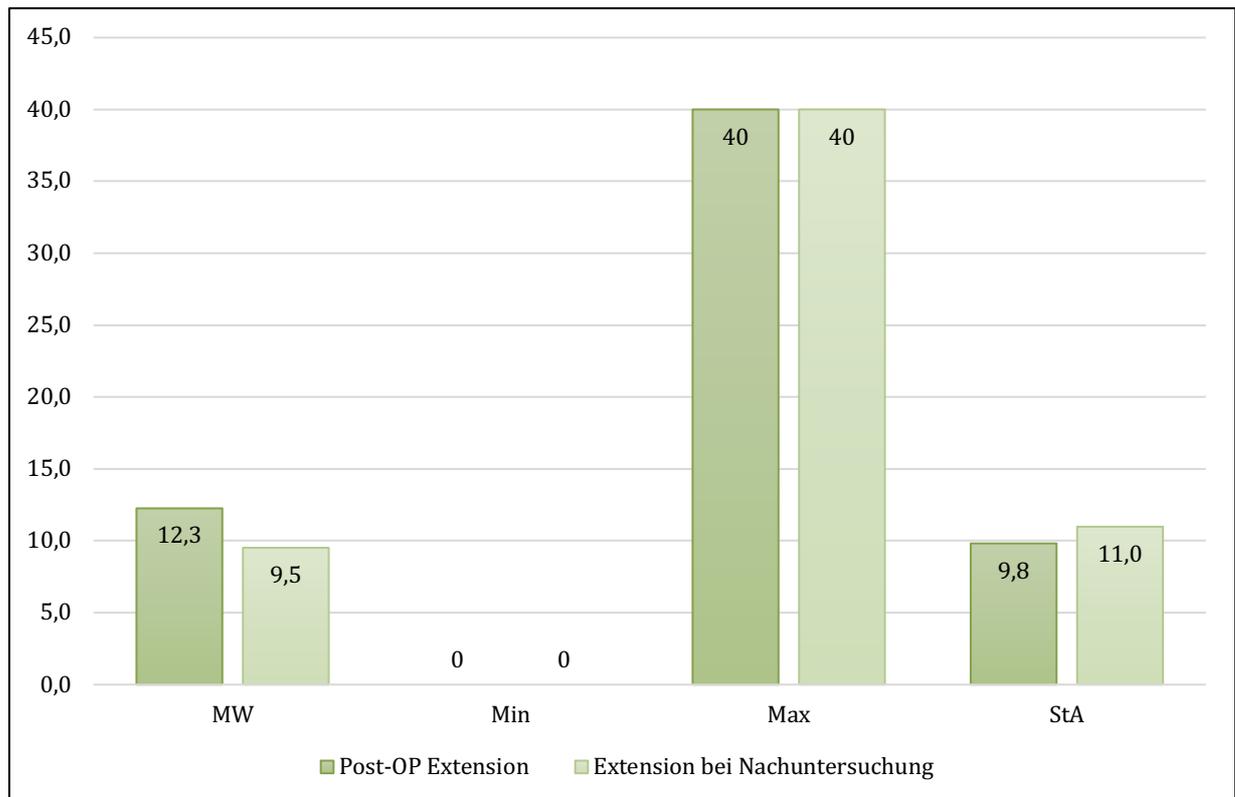


Abb. 16. Vergleich des Extensiondefizites der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen nach der Operation und bei der späteren Nachuntersuchung. Je kleiner der Wert ist, desto geringer das Defizit. Dargestellt sind sowohl die minimalen und maximalen Defizite, als auch die jeweiligen Mittelwerte (°) und die Standardabweichungen.

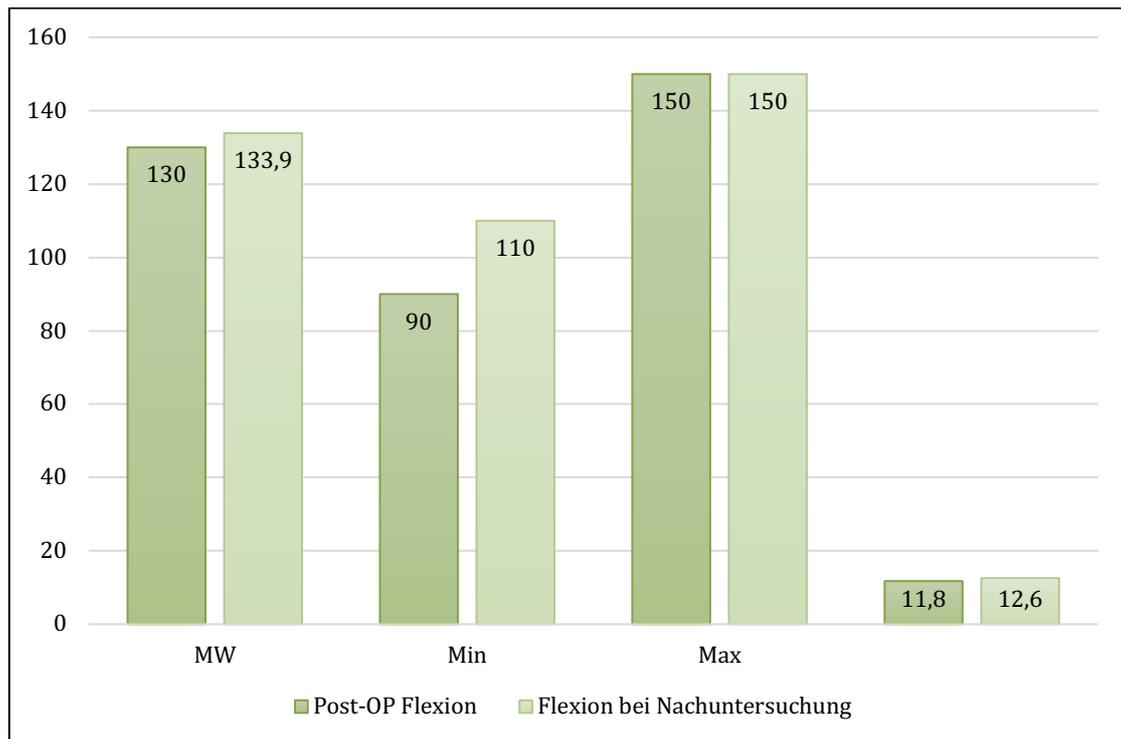


Abb. 17. Vergleich des Flexiondefizites der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen nach der Operation und bei der späteren Nachuntersuchung. Je größer der Wert ist, desto geringer ist das Defizit. Dargestellt sind sowohl die minimalen und maximalen Defizite, als auch die jeweiligen Mittelwerte (°) und die Standardabweichungen.

Die Patienten mit osteoligamentären Verletzungen wurden, ebenso wie die Patienten mit ligamentären Verletzungen, in fünf Gruppen entsprechend ihres Alters eingeteilt (Kapitel 3.1).

Bei den 18 bis 30-Jährigen empfand lediglich ein Patient keine Schmerzen. In der zweiten Gruppe, die alle Patienten im Alter zwischen 31 und 40 Jahren einschloss, gaben drei Patienten an keine Schmerzen zu haben. In der dritten Gruppe, die aus den 41 bis 50-Jährigen gebildet wurde, gab es erneut nur einen Patienten, der keine Schmerzen empfand. In der vierten Altersgruppe befanden sich hingegen sechs und in der fünften sieben Patienten, die schmerzfrei waren. In der zweiten, dritten und vierten Gruppe gab es zwei Patienten und in der ersten und fünften Gruppe drei Patienten, die ihre Schmerzen als gering einschätzten. Moderate Schmerzen empfand ein Patient der fünften Gruppe (Abb. 18).

Diese Untersuchungsergebnisse bestätigen, dass die Stärke der Schmerzwahrnehmung vom Alter abhängig ist.

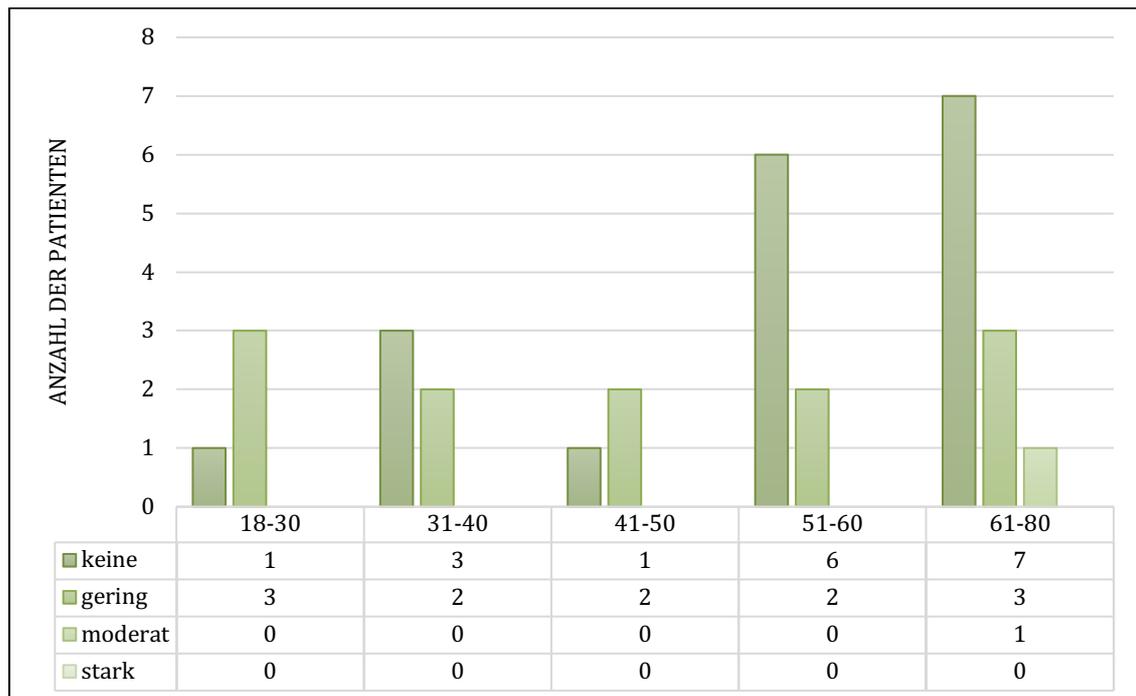


Abb. 18. Dargestellt ist die Schmerzstärke der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen, die in vier Intensitäten angegeben werden konnten (keine, geringe, moderate oder starke Schmerzen). Dabei wurde das Patientenkollektiv entsprechend des Alters in fünf Gruppen geteilt.

Analog zu den Patienten mit ligamentären Verletzungen wurden auch die Patienten mit osteoligamentären Verletzungen für die ROM-Analyse in drei Gruppen eingeteilt. Die Patienten mit einem ROM im Bereich von 70° bis 100° bildeten die erste Gruppe, der sechs Patienten angehörten. Die zweite Gruppe umfasste die acht Patienten, die einen ROM zwischen 101° und 125° aufwiesen. Und der ROM der Patienten in der dritten Gruppe, zu denen 17 Patienten zählten, lag zwischen 126° und 150°. Anschließend wurde ermittelt, wie viele Patienten der jeweiligen Gruppe keine, leichte, mäßige, erhebliche oder starke („nicht möglich“) Schwierigkeiten bei der Ausübung alltäglichen Aktivitäten hatten. Im Rahmen dieser Analyse wurde festgestellt, dass sowohl bei den Aktivitäten der Gruppe 1, als auch bei den Aktivitäten der Gruppe 2 eine Abhängigkeit zwischen dem, von den Patienten empfundenen, Schwierigkeitsgrad und dem ROM bestand. In anderen Worten je größer der ROM, desto weniger Probleme hatten die Patienten in ihrem Alltag (Abb. 19 und 20).

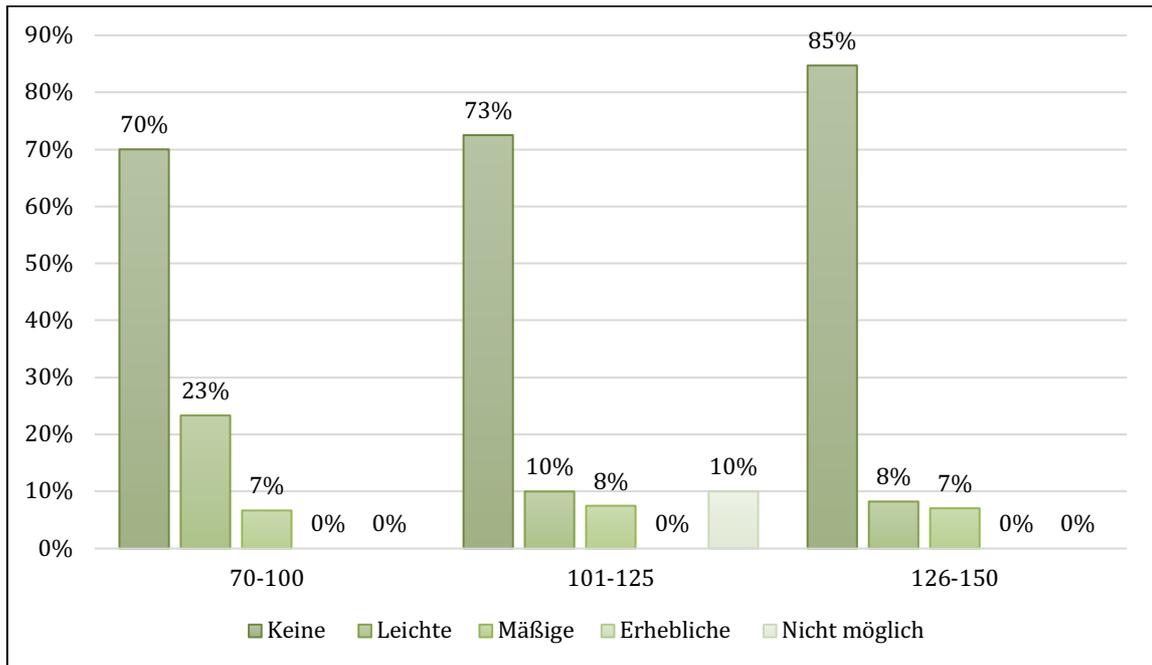


Abb. 19. Dargestellt sind die Auswirkungen der osteoligamentären Verletzungen auf die Ausführbarkeit der Alltagsaktivitäten der Gruppe 1 abhängig vom ROM. Die Patienten wurden entsprechend ihres ROMs in drei Gruppen eingeteilt (70-100°, 101-125°, 126-150°) und konnten die Schwierigkeiten, die sie bei der Ausübung der Aktivitäten hatten, mit einer von fünf Angaben (keine, leichte, mäßige, erhebliche, nicht möglich) bewerten.

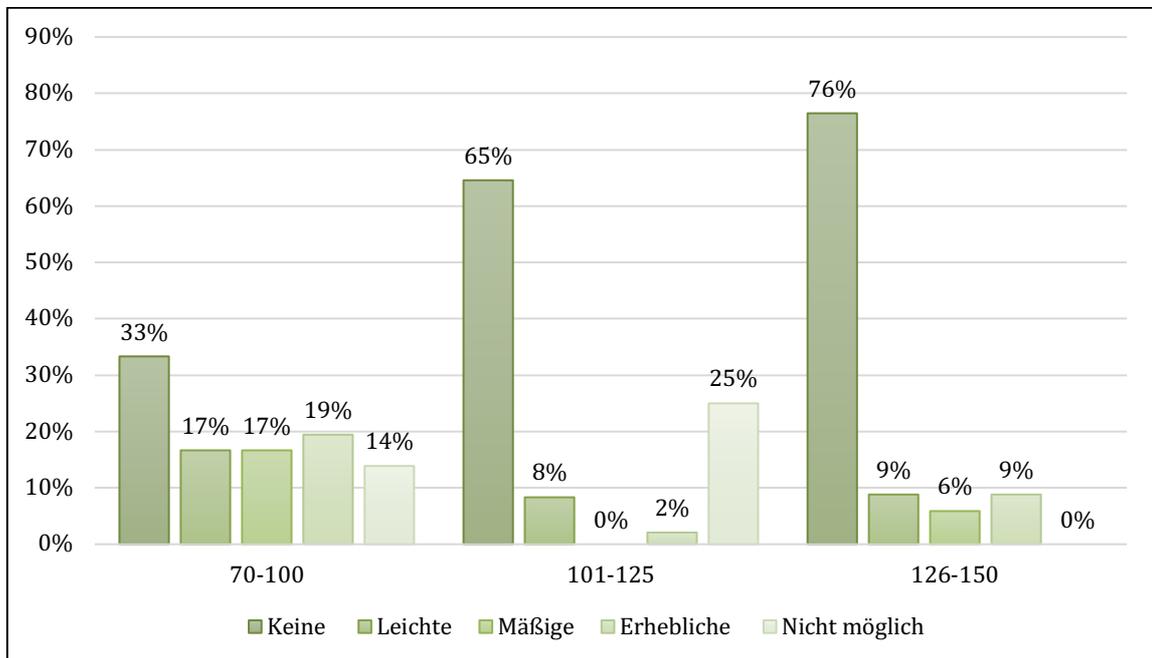


Abb. 20. Dargestellt sind die Auswirkungen der osteoligamentären Verletzungen auf die Ausführbarkeit der Alltagsaktivitäten der Gruppe 2 abhängig vom ROM. Die Patienten wurden entsprechend ihres ROMs in drei Gruppen eingeteilt (70-100°, 101-125°, 126-150°) und konnten die Schwierigkeiten, die sie bei der Ausübung der Aktivitäten hatten, mit einer von fünf Angaben (keine, leichte, mäßige, erhebliche, nicht möglich) bewerten.

3.3 Operative Versorgung

3.3.1 Ligamentäre und osteoligamentäre Verletzungen

Alle Patienten dieser Studie wurden mit einem Bewegungsfixateur versorgt. Der Fixateur wurde postoperativ bei allen Patienten für einen Zeitraum von sechs Wochen belassen.

Bei 31 Patienten (63%) erfolgte eine offene Reposition der Verletzung. Bei 25 Patienten (81% der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen) wurde eine Radiuskopffosteosynthese durchgeführt. Es erfolgte weder eine primäre Radiuskopfresektion, noch der Einbau einer Prothese. 18 Patienten (37%) erhielten eine geschlossene Reposition (präoperativ). Zeigte sich dabei das Gelenk als instabil, wurde ergänzend ein Bewegungsfixateur aufgebaut. Elf Patienten (22%) hatten eine radiale Bandverletzung. Bei drei Patienten (6%) wurde ein Epikondylusabrisse refixiert. Acht Patienten (16%) erlitten eine ulnare Bandverletzung im Sinne eines knöchernen Ausrißes. Bei den beiden Bandverletzungen erfolgte eine Refixation. Ein Patient (2%) hatte eine Läsion des N. ulnaris im Sulcus N. ulnaris. Bei diesem Patienten wurde der N. ulnaris revidiert (Tabelle 18).

Verbandswechsel sowie Pinpflege wurden entsprechend eines einheitlichen Schematas regelmäßig durchgeführt.

Tabelle 18. Operative Versorgung der Patienten mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen (n = 49)

	A	B	C	D	E	F	G
Anzahl der Operationen	31	25	18	11	3	8	1
% aller Patienten	63%	51%	37%	22%	6%	16%	2%

A – Offene Reposition
B – Radiuskopffosteosynthese
C – Geschlossene Reposition
D – Rad. Bandrefixierung

E – Epikondylusrefixierung
F – ulnar. Bandrefixierung
G – Nerven- / Gefäßrevision

3.4 Komplikationen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde sechs Mal (12%) ein Pininfekt festgestellt, der konservativ mit einer regelmäßigen Wundreinigung und oraler Antibiotikatherapie behandelt wurde. Ein Pinwechsel war bei keinem der betroffenen Patienten erforderlich.

3.5 Stabilität

Im Rahmen dieser Studie wurden keine radiologischen, spezifischen Untersuchungen bezüglich der Stabilität des Ellenbogengelenks der Patienten durchgeführt. Allerdings beinhaltete der Fragebogen des Mayo-Scores (Tabelle 5) unter anderem eine Frage zur Stabilität des Ellenbogens. Die Auswertung des Fragebogens zeigte, dass alle Patienten die Stabilität ihres Ellenbogens nach der klinischen Behandlung als „stabil“ einschätzten. Auch bei der klinischen Nachuntersuchung zeigten sich alle Ellenbögen als stabil.

3.6 Röntgenergebnisse

Die Klassifikation der Arthrose erfolgte nach Kellgren-Lawrence (Kellgren et al., 1957).

Tabelle 19 Klassifikation der Arthrose nach Kellgren-Lawrence

Artrosegrad	Radiologischer Befund
1. leicht	Subchondrale Sklerosierung
2. mäßig	Geringe Gelenkspaltverschmälerung, Osteophytenbildung
3. deutlich	Gelenkspaltverschmälerung, deutliche Osteophyten, Gelenkunregelmäßigkeiten
4. erheblich	Aufgehobener Gelenkspalt, Deformierung, Osteonekrose

Bei 14 Patienten konnte eine Verkalkung an der Ursprungsstelle des lateralen Kollateralbands, bei vier Patienten an der Ursprungsstelle des medialen Kollateralbands und bei sieben Patienten an der Ursprungsstelle beider Bänder festgestellt werden. Bei 24 Patienten wurden keine Verkalkungen diagnostiziert. Eine posttraumatische Arthrose wurde bei 22 (45%) Patienten diagnostiziert. Davon hatten 17 (35%) Patienten die Arthrose in einer leichten Form, während bei dreien (6%) eine mäßige Arthrose festgestellt wurde. Bei jeweils einem Patienten (2%) lag eine deutliche oder erhebliche Arthrose vor. Regelrechte postoperative Artikulation zeigten die Röntgenbilder von 82% (40 von 49) aller Patienten. Vier Patienten hatten im Vergleich zur Gegenseite eine leichte pathologische Valgus-Stellung. Bei diesen Patienten lag eine Radiuskopffraktur vor. Bei vier Patienten konnte eine subkapitale Pseudoarthrose nach einer Radiuskopffraktur diagnostiziert werden. (Tabelle 20).

Tabelle 20. Auswertung der Röntgenbilder. Dabei wird die Anzahl der Patienten gezeigt, bei denen eine postoperative Ossifikation vorlag und wo diese lokalisiert war (Keine, lat. Kollateralband, med. Kollateralband, lat. Und med. Kollateralband). Des Weiteren sind die Patienten mit einer postoperativen Arthrose und deren Schweregrad dargestellt (keine, leicht, mäßig, deutlich, erheblich). Auch die Bewertung der postoperativen Artikulation ist abgebildet (regelrecht, leichte Valgustellung, Radiuskopfsubluxation, leichte Verkipfung des Radiuskopfes).

* - Anzahl der Patienten

Postoperative Ossifikation	N*	%	Post-operative Arthrose	N*	%	Postoperative Artikulation	N*	%
Keine	24	49%	Keine	27	55%	Regelrecht	40	82%
Lat.Kollateral-Band	14	29%	Leicht	17	35%	Leichte Valgusstellung	4	8%
Med.Kollateralband	4	8%	Mäßig	3	6%	Radiuskopfsu b-luxation	4	8%
Lat. und med. Kollateralband	7	14%	Deutlich	1	2%	leichte Verkipfung des RK	1	2%
			Erheblich	1	2%			
Summe	49	100%	Summe	49	100%	Summe	49	100%

4 Diskussion

Das Behandlungsspektrum der Ellenbogenverletzungen reicht von einer konservativen Therapie bis zur offenen Revision, Bandplastik, Osteosynthese und der Anlage eines Bewegungsfixateurs. Die konservative Behandlung einer stabilen ligamentären Ellenbogenluxation besteht aus einer Oberarmgipsschiene und Physiotherapie. Diese Vorgehensweise hat sich im Laufe vieler Jahren etabliert und wurde in zahlreichen Studien diskutiert (Kesmezacar et al., 2010, Anakwe et al., 2011, Schnetzke et al., 2015). Die operative Behandlung einer Ellenbogenluxation oder einer Ellenbogenluxationsfraktur wird kontrovers diskutiert. Eindeutige Richtlinien, an die sich der behandelnde Arzt halten muss, existieren nicht. Zur Behandlung einer Ellenbogenverletzungen mit einem humero-ulnaren Bewegungsfixateur finden sich in der Literatur nur wenige Publikationen, deren Untersuchungen an Patientenkollektiven vorgenommen wurden, die eine geringe Anzahl an Patienten umfasst (McKee et al., 1998, F. von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002, Stavlas et al., 2004, Iordens et al., 2015). Der Bewegungsfixateur wird überwiegend als eine adjuvante Versorgung beim Versagen der internen Versorgung empfohlen (Holinger et al., 2014).

4.1 Kritische Betrachtung des Patientenkollektivs

Eine, mit dieser Untersuchung, vergleichbare Studie wurde in der gängigen Literatur bislang nicht gefunden. In allen Studien, die auf einer operativen Versorgung basieren, wurden ausschließlich Patienten mit einer Luxationsfraktur untersucht (McKee et al., 1998, von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002, Stavlas et al., 2004, Yu et al., 2007, Kolb et al., 2008, Iordens et al., 2015). Diese Arbeit hingegen schließt sowohl Patienten mit einer Luxation als auch Patienten mit einer Luxationsfraktur ein. Aufgrund des DASH- und des Mayo-Scores konnten die Ergebnisse der vorliegenden Studie trotzdem mit den Resultaten anderer Autoren verglichen werden.

McKee et al. (1998), von Knoch et al. (2001), Stavlas et al. (2004) beurteilten die postoperativen Ergebnisse einzig anhand des Bewegungsumfangs mit Hilfe der Neutral-Null-Methode und ohne Verwendung anderer Evaluationsscores. Somit beschrieben sie lediglich die Beweglichkeit des Gelenks. Es gab keine Daten zur Funktion, der Belastbarkeit oder den Schmerzen der Patienten. Die Arbeitsgruppen von Jupiter et al. (2002), Kolb et al. (2008), Iordens et al. (2015) zogen zur Einteilung und Erhebung der Daten ihres Patientenkollektivs das gleiche Vorgehen heran, das auch in dieser Arbeit vorgestellt wird. So nutzten Yu et al. (2007) den Mayo-Score und das HSS2 (Hospital for Special Surgery total elbow scoring system analog zum

DASH-Score). Wohingegen Sofu et al. (2015) lediglich auf den Mayo-Score und die Neutral-Null-Methode, zur Auswertung der Gelenkbeweglichkeit im Alltag, zurückgriffen.

Von den meisten Autoren werden mindestens zwei Scores und die Neutral-Null-Methode angewandt. Dabei misst die Neutral-Null-Methode die Beweglichkeit (Extension/Flexion, Supination/Pronation) in Grad, während der Mayo-Score die Schmerzintensität, Beweglichkeit, Stabilität und die Gelenkfunktion beschreibt. Der DASH-Score beurteilt darüber hinaus die Funktion des Arms im Alltag.

In dieser Arbeit reichte die Altersverteilung der Patienten von 18 bis 80 Jahre. Das Alter der Patienten betrug im Durchschnitt 51 Jahre.

Der Altersdurchschnitt lag bei McKee et al. bei 39 Jahren (21 bis 68 Jahre) (McKee et al., 1998).

Yu et al. (2007) und Kolb et al. (2008) gaben ein durchschnittliches Alter von 43 Jahren (von 21 bis 71 Jahre) und 47 Jahren (von 35 bis 67 Jahre) an.

Die Arbeitsgruppe von Iordens et al. stellte ein Patientenkollektiv mit einem Altersdurchschnitt von 52 Jahren zusammen (Iordens et al., 2015).

Folglich ist das durchschnittliche Alter der Patientengruppe, die für diese Studie untersucht wurde, im Vergleich zu anderen Studien, eines der höchsten.

Der Altersdurchschnitt der untersuchten Patienten von McKee et al. (1998) war wesentlich geringer, da sie viele jüngere Patienten in ihre Studie einschlossen.

In der vorliegenden Studie bezogen sich die untersuchten Verletzungen häufig auf die linke Seite. Während die rechte Seite 18 Mal betroffen war, war es die linke 31 Mal.

In einer großen Studie von Josefsson et al. aus dem Jahr 1986 wurden 178 Luxationen untersucht. Dabei war die linke Seite 104 Mal und die rechte Seite 74 Mal betroffen (Josefsson et al., 1986).

Kolb et al. (2008) konnten in ihrer Arbeit eine ähnliche Verteilung feststellen, der rechte Ellenbogen war sieben Mal, der linke elf Mal betroffen (Kolb et al., 2008).

Folglich bestand bei den o.g. Autoren sowie in der vorliegenden Arbeit eine Prävalenz der Verletzung für die linken Körperseite. Dies kann dadurch erklärt werden, dass der Anteil der Rechtshänder den der Linkshänder überwiegt und dass eine Verletzung häufiger an der nicht dominanten Seite auftritt. In der vorliegenden Arbeit war die nicht dominante Seite 30 Mal (61%) betroffen.

Nur die Studie von Yu et al. aus dem Jahr 2007 beschrieb eine gleichmäßige Verteilung der Verletzung auf die rechte und linke Seite. Auf beiden Seiten lagen zehn Verletzungen des Ellenbogens vor (Yu et al., 2007).

4.2 Eigenes Patientenkollektiv

Insgesamt fand bei 49 Patienten eine Nachuntersuchung statt. Darunter waren 18 Patienten (elf Frauen und sieben Männer) mit ligamentären Verletzungen und 31 Patienten (22 Frauen und neun Männer) mit osteoligamentären Verletzungen. Aus diesen Zahlenwerten geht hervor, dass der Anteil der weiblichen Patienten (33 Personen) die Anzahl der männlichen Patienten (16 Personen) überwiegt.

In einer Arbeit von McKee et al. wurden 16 Patienten untersucht, davon waren zehn männlich und sechs weiblich. Das bedeutet in dieser Arbeit überwog der Anteil der männlichen Patienten (McKee et al., 1998)

F. von Knoch et al. zählten in ihrer, aus dem Jahr 2001 stammenden, Studie 13 Patienten (acht Männer und fünf Frauen). Es wurden folglich mehr männliche als weibliche Patienten untersucht (von Knoch et al., 2001).

Yu et al. führte in einer Studie (2007) an 20 Patienten (15 Männer und fünf Frauen) eine Nachuntersuchung durch. Dabei waren dreimal so viele männliche wie weibliche Patienten beteiligt (Yu et al., 2007).

Die, auf die Anzahl der Patienten bezogen, größte vergleichbare Arbeit veröffentlichte Iordens et al. im Jahr 2015. In der Studie wurden 26 Patienten (14 Frauen und 12 Männer) beschrieben. Der Anteil der weiblichen Patienten (52%) überwog den der männlichen Patienten (Iordens et al., 2015).

Während die Arbeitsgruppen von McKee et al., 1998; von Knoch et al., 2001 und Yu et al., 2007 mehr männliche Patienten untersuchte, waren es, wie in der vorliegenden Studie, lediglich bei Josefsson et al. (1987) deutlich mehr weibliche als männliche Patienten (zehn Männer und 20 Frauen). Die restlichen Studien wurden an Kollektiven durchgeführt, bei denen die Anzahl der weiblichen Patienten, die Anzahl der männlichen, nur leicht überwog.

Das Alter der Patienten, die in der vorliegenden Studie untersucht wurden, war breit gefächert, aber es konnten zwei Altersgruppen identifiziert werden, die die meisten Patienten umfassten. Dabei handelte es sich um die Gruppe der 51 bis 60-Jährigen und der 61 bis 80-Jährigen (Abb. 4).

Die Daten von Yang et al. aus dem Jahr 2011 wichen von diesen Beobachtungen ab. Er bestimmte zwei Altersgipfel, die zwischen 20 und 24 Jahren und 40 und 44 Jahren lagen (Yang et al., 2011). Diese Diskrepanz kann dadurch erklärt werden, dass Yang et al. alle Altersgruppen in seine Untersuchung einschloss.

Die häufigste Luxationsform in der vorliegenden Studie war die Luxation nach dorsal (elf Männer und 19 Frauen) sowie dorso-radial (drei Männer und sieben Frauen). Die

Daten von Josefsson et al. (1986) (112 dorsale Luxationen bei 178 untersuchten Luxationen) und Mehlhoff et al. (1988) (47 dorsale Luxationen bei 52 untersuchten Luxationen) bestätigen die relative Häufigkeit dieser Verletzungen. Die Daten von Protzman (1978) wichen hingegen von diesen Werten ab, er untersuchte mehr dorso-laterale Luxationen.

4.2.1 Ligamentäre Verletzungen

Während die Behandlungsmethoden einer osteoligamentären Verletzung bekannt sind und mehrfach untersucht wurden, ist das Vorgehen bei ligamentären Verletzungen weniger etabliert. Eine vergleichbare Studie, die die Behandlung einer ligamentären Verletzung mit einem Bewegungsfixateur untersucht, konnte bislang nicht gefunden werden.

Alle Autoren sind sich einig, dass der Ellenbogen, im Vergleich zu anderen Gelenken, durch eine lange Ruhigstellung stärker zur Versteifung tendiert (Kesmezacar et al., 2010, Anakwe et al., 2011). Außerdem ist die vorliegende Steifigkeit nicht gleichbedeutend mit einem stabilen Gelenk (Hollinger et al., 2014). Eine frühe Mobilisation ist der Schlüssel zum guten Outcome nach der Behandlung (Maripuri et al., 2007). Kesmezacar et al. (2010) postuliert in seiner Arbeit, dass eine konservative Therapie einer ligamentären Verletzung zur signifikanten Reduzierung der Flexion und Extension führt (Kesmezacar et al., 2010). Bei seinen Untersuchungen lag der Mayo-Wert bei 96,9 Punkten. Unter anderem gab Kesmezacar et al. (2010) an, dass 19% der behandelten Patienten über eine Instabilität des Ellenbogens nach der Behandlung klagten (Kesmezacar et al., 2010). Andere Autoren verglichen die konservative mit der operativen Therapie. Josefsson et al. (1987) behauptet, dass kein signifikanter Unterschied zwischen einer konservativen Therapie mit einem Oberarmgips und einer operativen Bandrefixation besteht (Josefsson et al., 1987). Dabei wurde das Ellenbogengelenk der Patienten für zwei Wochen mithilfe eines Gipses ruhiggestellt, wodurch keine frühzeitige Mobilisation möglich war. Eine weitere Studie aus dem Jahr 2015 verglich die operative und konservative Therapie einer ligamentären Ellenbogenverletzung (Schnetzke et al., 2015). Hierbei wurde ebenfalls kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Behandlungsmethoden festgestellt. Die Ruhigstellung erfolgte für eine Woche, während der Gips, abhängig von der Verletzung und der lokalen Situation, zwei bis vier Wochen belassen wurde (Schnetzke et al., 2015). Schnetzke et al. (2015) beschrieb einen Mayo-Wert von 95,8 Punkten. Anakwe et al. (2011) gab einen DASH-Wert von 6,7 Punkten an. In dieser und weiteren konservativen Studien konnten demnach gute Mayo- oder DASH-Werte

ermittelt werden, jedoch klagten 60-80% der Patienten über Schmerzen, Instabilität, sowie Bewegungseinschränkungen (Kesmezacar et al., 2010, Anakwe et al., 2011, Schnetzke et al., 2015). In manchen Studien wurde nach der operativen Bandrefixation aufgrund der resultierenden Instabilität ein Ellenbogenbewegungsfixateur angelegt (Schnetzke et al., 2015). Dieses Vorgehen wird auch von Mittlmeier et al. (2009) empfohlen (Mittlmeier et al., 2009). Jupiter et al. (2002) vertritt die Meinung, dass die Anlage eines Bewegungsfixateurs externe eine Heilung bzw. Vernarbung der Kollateralbänder erlaube (Jupiter et al., 2002).

In der vorliegenden Studie erfolgte die initiale Therapie nach dem o.g. Konzept (Kapitel 1.5). Gemäß den Arbeiten von Hollinger et al. (2014) und Schnetzke et al. (2015) wurde, falls im funktionellen Bogen (zwischen 30° und 130° Flexion) keine Luxationstendenz vorlag, eine konservative Behandlung durchgeführt. Wenn die Patienten ein Instabilitätsgefühl nach der Krankengymnastik oder bei der Beendigung der Ruhigstellung beklagten, erfolgte eine operative Versorgung mit dem gelenkübergreifenden Bewegungsfixateur externe.

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden 18 Patienten mit einer ligamentären Verletzung behandelt, dabei wurde keine offene Bandrekonstruktion durchgeführt. Eine Steigerung der Beweglichkeit (Extension/Flexion) von 0-13-120° (bei der Entlassung) auf 0-6-140° (bei der Untersuchung) konnte nachgewiesen werden. 14 (78%) Patienten hatten keine Schmerzen, drei (17%) Patienten empfingen geringe Schmerzen und ein (5%) Patient hatte starke Schmerzen. Eine postoperative Instabilität lag bei keinem Patienten vor. Der DASH-Wert betrug durchschnittlich 9,3 Punkte und der Mayo-Wert 95 Punkte.

4.2.2 Osteoligamentäre Verletzungen

4.2.2.1 Frakturen des Proc. coronoideus ulnae

Castelli et al. führte in einer Studie aus dem Jahr 2016 Behandlungen von Frakturen des Proc. coronoideus Typ I und II nach Regan-Morrey an elf Patienten mit Bewegungsfixateuren durch. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass die Fraktur des Proc. coronoideus nie alleine vorkam, sondern immer mit einer Weichteil- bzw. Bandverletzung verbunden war (Castelli et al., 2016). Der Bewegungsfixateur wurde als Monotherapie, ohne eine offene Bandplastik oder eine interne Osteosynthese des Proc. coronoideus eingesetzt. Die daraus resultierenden Ergebnisse des Mayo-Scores waren gut (75-89 Punkte) oder exzellent (> 90 Punkte) und bei der Nachuntersuchung wurde keine postero-laterale Instabilität festgestellt (Castelli et al., 2016).

Die Arbeitsgruppe von Schneeberger et al. (2004) konnte in einem Versuch an Leichen nachweisen, dass es bei einem Höhenverlust des Proc. coronoideus um 30%, mit einer zusätzlichen Radiuskopffraktur, trotz intaktem kollateralem Ligament, immer zu einer Ellenbogenluxation kommt (Schneeberger et al., 2004). Beim Verlust von mehr als 50% der Höhe des Proc. coronoideus, einer Radiuskopffraktur und intaktem Ligament kann die Stabilität des Ellenbogens durch alleinige Radiuskopfrekonstruktion nicht wiederhergestellt werden (Schneeberger et al., 2004).

Bei 12 von 31 (38,7%) Patienten in der vorliegenden Arbeit konnte eine Fraktur des Proc. coronoideus festgestellt werden. Alle Frakturen des Proc. coronoideus (Regan und Morrey Typ I) wurden in dieser Studie in Übereinstimmung mit Castelli et al. (2016) konservativ bzw. mit dem Bewegungsfixateur behandelt. Die Daten von Yu et al. (2007), Kolb et al. (2008) und Iordens et al. (2015) bestätigten die Häufigkeit, mit der eine Fraktur des Proc. coronoideus vorlag. Die Untersuchungen von McKee et al. (1998) wichen von diesen Zahlen ab, denn es wurde nur eine Fraktur des Proc. coronoideus angegeben.

4.2.2.2 Radiuskopffraktur

Hotchkiss et al. (1987) untersuchte in einer Studie 30 Ellenbogen von Leichen. Dabei stellte er fest, dass das anteriore Bündel des MCL ein primärer Stabilisator gegen Valgusstress war und nach einer isolierten Radiuskopfresektion die Neigung zur Dislokation um 30% stieg. Ein Siliconplatzhalter konnte die Stabilität des Ellenbogens gegen den Valgusstress nicht verbessern (Hotchkiss et al., 1987). Eine weitere Untersuchung an Leichen zeigte keine signifikante Beeinträchtigung der Beweglichkeit eines intakten Ellenbogens nach Resektion des Radiuskopfes (Morrey et al., 1991). Gleichzeitig bestand nach einer Resektion des Radiuskopfes und des MCL eine deutliche Instabilität und Subluxation. Das MCL wurde als primärer Stabilisator gegen den Valgusstress und der Radiuskopf als sekundär stabilisierend definiert (Morrey et al., 1991). Schneeberger et al. (2004) erklärte, dass durch die Resektion des Radiuskopfes bei intaktem MCL die postero-laterale rotatorische Instabilität von 5,4° auf 18,9° anstieg (Schneeberger et al., 2004). Auch die Richtlinien zum Umgang mit akuten Ellenbogenverletzungen von Cohen et al. (1998) empfahlen eine Rekonstruktion des Radiuskopfes zur Wiederherstellung der lateralen und ventralen knöchernen Abstützung. Diese wirkt einer dorsalen Gelenksubluxation entgegen (Cohen et al., 1998).

Im Patientenkollektiv der vorliegenden Arbeit wurde die Einteilung der Frakturen des Radiuskopfes nach Mason vorgenommen (Mason 1954). Dabei lagen fünf Typ I Frakturen und jeweils elf Typ II und Typ III Frakturen vor.

Bei 25 (51%) Patienten wurde eine Radiuskopffraktur festgestellt. Die Arbeiten von McKee et al. (1998), Yu et al. (2007), Kolb et al. (2008) sowie Iordens et al. (2015) bestätigen, dass die Radiuskopffraktur die häufigste knöcherne Begleitverletzung einer Ellenbogenluxation ist. Die Studie von Knoch et al. (2001) ermittelte konträre Ergebnisse, da in ihrem Patientenkollektiv nur eine Radiuskopffraktur auftrat (von Knoch et al., 2001).

Die Radiuskopffrakturen (Mason Typ II und III) wurden mit Schrauben resp. K-Drähten (FFS oder mit Leibinger Schrauben) fixiert.

Koslowsky et al. (2007) versorgte 23 Radiuskopffrakturen (12 Frakturen entsprachen Mason Typ III und elf Frakturen Mason Typ IV) mittels FFS. Dabei war weder eine Radiuskopfresektion notwendig, noch entstanden postoperativ sekundäre Dislokationen oder Pseudoarthrosen. Bei sieben Patienten mit einer Typ IV Fraktur wurde, aufgrund der Instabilität des Gelenks, nach der Operation zusätzlich ein Bewegungsfixateur aufgebaut (Koslowsky et al., 2007).

Die Arbeitsgruppe von Lindenhovius et al. (2007) verglich zwei Patientengruppen. Die Patienten der einen Gruppe erhielt eine offene Revision und Osteosynthese, während die andere Patientengruppe mit einer Radiuskopfresektion behandelt wurde. Bei den Nachuntersuchungen, die ein bis 17 Jahre später durchgeführt wurden, konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Rotation oder Flexion gefunden werden. Allerdings bestand zwischen den beiden Gruppen ein deutlicher Unterschied bei den Ergebnissen des DASH- und Mayo-Scores. Die Osteosynthesegruppe wies einen Mayo-Wert von 92 Punkten auf. Dem gegenüber stand die Resektionsgruppe mit 86 Punkten. Die Werte des DASH-Scores betragen in der erstgenannten Gruppe fünf Punkte, während sie bei der Resektionsgruppe bei 15 Punkten lagen. Diese Ergebnisse zeigen, dass Patienten mit einer osteosynthetischen Versorgung bessere Resultate erzielten als Patienten mit einer Radiuskopfresektion (Lindenhovius et al., 2007). Herbertsson et al. (2004) führte eine Studie über die Behandlung von Radiuskopffrakturen (Mason Typ II-IV) durch, wobei das Endergebnis einer primären oder sekundären Resektion des Radiuskopfes nach durchschnittlich fünf Monaten untersucht wurde. Dabei konnte kein Unterschied zwischen den beiden o.g. Gruppen nachgewiesen werden (Herbertsson et al., 2004). In einer Studie aus dem Jahr 2005 wurde die Radiuskopfresektion (Gruppe I) mit der Osteosynthese des Radiuskopfes (Gruppe II) verglichen (Ikeda et al., 2005). Ein durchschnittliches Streckdefizit von 15,5° zeigte sich in der ersten Gruppe, während die zweite Gruppe ein Defizit von 7,1°

verzeichnen musste. Der Broberg und Morrey Score (Analog zum Mayo-Score) stellte ebenfalls einen Unterschied zwischen beiden Gruppen fest (81,4 Punkte in der ersten und 94,6 Punkte in der zweiten Gruppe) (Ikeda et al., 2005).

Bei dem hier dargestellten Patientenkollektiv wurde weder eine primäre Radiuskopfresektion, noch die Implantation einer Radiuskopfprothese durchgeführt. Im Konsens mit anderen Autoren wurden mehrfragmentäre Radiuskopffrakturen rekonstruiert (Ikeda et al., 2006, Koslowsky et al., 2007).

Im Falle eines nicht mehr erhaltungswürdigen Radiuskopfes ist auch nach Ansicht anderer Autoren eine Radiuskopfprothese indiziert (Hotchkiss et al., 1987). Die Hauptproblematik in der Rekonstruktion des Gelenks bzw. im Ersatz des Radiuskopfes ist eine geeignete Prothesengröße zu finden. Schnetzke et al. (2014) widmeten sich diesem Thema und stellten fest, dass eine zu lange bzw. zu große Prothese die postoperative Ellenbogenfunktion drastisch verschlechterte (Schnetzke et al., 2014). Es wurden zwei Gruppen verglichen. In der ersten wurden Patienten mit einer Osteosynthese versorgt und in der zweiten mit einer Radiuskopfprothese. In der zweiten Gruppe wurden die Patienten mit zu langer Prothese ausgesucht. Bei diesen Patienten lag der MEPI Score bei 63,2 Punkten, währenddessen er in der ersten Gruppe 82,1 Punkte betrug.

4.2.3 Postoperative Beweglichkeit

Der Bewegungsgrad bei Extension und Flexion konnte bei den Patienten dieser Studie gesteigert werden. Betrug er bei der Entlassung der Patienten mittelwertig 0-12-120° steigerte er sich bis zur Nachuntersuchung auf 0-8-136° (Patienten mit ligamentären Verletzungen 0-6-140°, Patienten mit osteoligamentären Verletzungen 0-9-134°). Im Vergleich zwischen ligamentären und osteoligamentären Verletzungen konnte lediglich ein geringer Unterschied bei der Extension festgestellt werden. Diese Differenz hat auf den Alltag der Patienten keine Auswirkung. Der Unterschied bei der Flexion hingegen ist etwas größer. Allerdings hat auch diese Differenz keinen Einfluss auf die alltägliche Funktion. Insgesamt besteht nur ein geringer Unterschied zwischen der postoperativen Ellenbogenbeweglichkeit der Patienten mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen. Die durchschnittlichen Werte der Supination und Pronation betragen 77-0-90°. Statistisch konnte eine Verbesserung der Beweglichkeit im Zeitverlauf (zwischen Operation und Nachuntersuchung) festgestellt werden. Während sich bei den Patienten mit ligamentären Verletzungen sowohl die Extension als auch die Flexion verbesserten, steigerte sich die Ellenbogenfunktion der Patienten mit

osteoligamentären Verletzungen lediglich im Bereich der Flexion (Tabelle 10). Dies kann durch die Schwere der Verletzung und die zusätzliche knöcherne Beteiligung erklärt werden. Des Weiteren wurde eine Analyse bezüglich der statistischen Abhängigkeit der Extension und Flexion vom Alter der Patienten bei beiden Gruppen durchgeführt. Dabei konnten Supination und Pronation nicht in die Betrachtungen miteinbezogen werden, da die dementsprechenden Daten bei der Entlassung fehlten. Im Rahmen der Analyse wurde der Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman herangezogen, dieser lag bei allen Patienten um die 0 (der p-wert, also die Signifikanz, kann damit vernachlässigt werden). Die Extension bei der Luxation lag mit -0,379 in einem nicht signifikanten Bereich (es handelt sich vermutlich um ein zufälliges Ergebnis) (Tabelle 11).

Die Ergebnisswerte der vorliegenden Arbeit sind mit konservativen Studien vergleichbar (Kesmezacar et al., 2010; Anakwe et al., 2011). Kesmezacar et al. (2010) verzeichnete eine durchschnittliche Beweglichkeit von 0-0,5-131,5° bei Extension und Flexion und 88,6-0-84,1° bei Supination und Pronation. Anakwe et al. (2011) gab eine durchschnittliche Beweglichkeit von 0-8,1-135° bei Extension, Flexion und 83-0-83° bei Supination, Pronation an. Die Werte der Supination und Pronation waren bei der vorliegenden Studie deutlich besser. Allerdings handelt es sich in den konservativen Studien um einfache Verletzungen.

Studien, die auf einer Operation basieren, zeigen abweichende Werte im Vergleich zu den konservativen Studien. Bei Jupiter et al. betragen die durchschnittlichen Gradwerte für die Extension und Flexion 0-13-136°, außerdem konnte eine Einschränkung bei Umdrehbewegung nicht festgestellt werden (Jupiter et al., 2002). Die Untersuchungen von Lordens et al. zeigten einen mittleren Wert von 0-20-140° für die Extension, Flexion sowie 83-0-80° für die Supination und Pronation (Lordens et al., 2015).

Yu et al. ermittelte eine mittlere Beweglichkeit (Extension, Flexion) von 0-30-145° (Yu et al., 2007). Dabei wurden die Patienten mindestens zwei Wochen nach der Verletzung in die Studie aufgenommen.

F. von Knoch et al. gab einen durchschnittlichen Bewegungsumfang von 0-23-104° in seiner Studie an (von Knoch et al., 2001). Dabei wurden akute (neun von 13) und chronische (vier von 13) Verletzungen untersucht.

In vorliegender Studie konnte, verglichen mit anderen Autoren, eine deutlich bessere Beweglichkeit ermittelt werden. Das beste Ergebnis im Vergleich zu den o.g. Studien wurde in Bezug auf das Streckdefizit, das nur bei 8° lag, gemessen. Außerdem erreichten die Patienten, gegenüber den Patienten, die mit anderen operativen bzw.

konservativen Konzepten behandelt wurden, einen deutlich besseren Bewegungsumfang bei Umwendbewegungen.

4.2.4 Auswertung der DASH und Mayo-Scores

Die Befragung der Patienten erfolgte anhand des DASH- und Mayo-Scores. Durch die beiden Scores wurden das Bewegungsausmaß, die Funktion, der Schmerzen, sowie die Belastbarkeit des Arms beurteilt. Der durchschnittliche Wert des Mayo- und DASH-Scores lag bei 92,5 (Mayo) und 14,3 Punkten (DASH). Die DASH-Werte der Patienten mit ligamentären Verletzungen (10,1 Punkte) und der Mayo Wert (95 Punkte) waren besser als die der Patienten mit osteoligamentären Verletzungen (16,9 Punkte im DASH-Score und 91,4 Punkte im Mayo-Score). Dies erklärte sich durch die Komplexität der osteoligamentären Verletzungen. Vergleichbare Ergebnisse, im Bereich von 80 bis 100 Punkten, wurden auch in anderen Studien ermittelt (Aksu et al., 2008, Rodriguez-Martin et al., 2011).

McKee et al. gab in seiner Studie einen durchschnittlichen Wert von 84 Punkten im Morrey Test (analog zum Mayo-Score) an (McKee et al., 1998). Jupiter et al. (2002) verzeichnete einen mittleren Mayo-Wert von 89 Punkten und einen durchschnittlichen DASH-Wert von 13 Punkten (Jupiter et al., 2002). Yu et al. ermittelte einen Mayo-Wert von 75 Punkten (Yu et al., 2007). Die durchschnittlichen Mayo- und DASH-Werte in der Arbeit von Kolb et al. lagen bei 78 und 18 Punkten (Kolb et al., 2008). Die Patienten in der Untersuchung von lordens et al. erreichten einen durchschnittlichen DASH-Wert von 7 Punkten und einen mittleren (gleichzeitig einen maximalen) Mayo-Wert von 100 Punkten (lordens et al., 2015). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind mit Ausnahme der Werte, die lordens et al. (2015) feststellte, insgesamt besser als die der anderen Autoren.

Vergleichbare Studien (Jupiter et al., 2002; Kolb et al., 2008; Anakwe et al., 2011; lordens et al., 2015) berechneten nur den DASH-Score, führten aber keine explizite Auswertung weiterer Faktoren durch.

Anhand der Ergebnisse (Antworten auf bestimmte Fragen, detaillierte Beschreibungen befinden sich in Kapiteln 3.1 und 3.2) der beiden o.g. Scores wurde in der vorliegenden Studie eine weitere detaillierte Auswertung der Resultate durchgeführt. So konnte das Ausmaß der Schmerzen, die die Patienten empfanden, ermittelt werden. Dabei wurde festgestellt, dass 32 (65%) Patienten keine postoperativen Schmerzen empfanden, 15 (31%) Patienten verspürten einen geringen Schmerz, ein (2%) Patient gab an einen moderaten Schmerz zu haben und ein (2%) Patient erfuhr starke Schmerzen. Unter anderem wurde festgestellt, dass

ältere Patienten stärkere Schmerzen angaben als jüngere Patienten. Diese Ergebnisse können mit denen anderer Autoren verglichen werden. McKee et al. stellte bei elf Patienten keine oder leichte Schmerzen, bei vier Patienten moderate und bei einem Patienten starke Schmerzen fest (McKee et al., 1998). Jupiter et al. (2002) verzeichnete bei drei von fünf Patienten milde Schmerzen (Jupiter et al., 2002). Yu et al. wies bei sechs (30%) Patienten keine Schmerzen, bei neun (45%) Patienten leichte Schmerzen, bei vier (20%) Patienten moderate Schmerzen und bei einem Patienten (5%) starke Schmerzen nach (Yu et al., 2007). Kolb et al. stellte bei fünf (28%) Patienten keine Schmerzen, bei acht (44%) Patienten einen leichten Schmerz und bei fünf (28%) Patienten einen mäßigen Schmerz fest (Kolb et al., 2008).

Ein Nachteil in der vorliegenden Studie ist ein fehlender separater Schmerz-Score, da der DASH- und Mayo-Score nicht ausschließlich die Schmerzen beurteilen. Vergleichbare Studien (McKee et al., 1998, Jupiter et al., 2002, Kolb et al., 2008, Kesmezacar et al., 2010) nutzten ebenfalls keine separaten Schmerz-Scores, stattdessen beurteilten sie den Schmerz auch anhand des Mayo-Scores. Nur die Arbeitsgruppe von Iordens et al. (2015) wendete neben dem Mayo-Score einen separaten Schmerz-Score (VAS) an.

Oft wird in der Literatur nur der Mayo-Score ausführlich diskutiert. Mit Hilfe des DASH-Scores kann die Funktion des gesamten Arms beurteilt werden und zusätzlich können Aussagen über den physischen und psychischen Zustand des Patienten getroffen werden. Im Rahmen des Tests wird außerdem überprüft mit welchen Tätigkeiten die Patienten die meisten und die wenigsten Schwierigkeiten hatte. Dabei hatte die Gruppe der 61-80 Jährigen mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen im Alltag die wenigsten Schwierigkeiten. Als sehr schwer („nicht möglich“) beurteilten am häufigsten die Patienten im Alter von 51 bis 60 Jahren die gefragten Alltagsaktivitäten.

In der weiteren Auswertung wurde nachgewiesen, dass 95% der Patienten mit einer ligamentären Verletzung und 75% der Patienten mit einer osteoligamentären Verletzung keine Einschränkungen im sozialen Leben erfuhren. Dieses Ergebnis war bei den Patienten mit ligamentären Verletzungen zu erwarten. Das gilt allerdings nicht für die komplizierteren, osteoligamentären Verletzungen, hier steht das Ergebnis für eine gute Wiederherstellung des verletzten Gelenks.

4.2.5 Komplikationen

Die Autoren der verschiedenen Studien verwendeten unterschiedliche Modelle des Bewegungsfixateurs. So wurde the Compass elbow hinge (Smith & Nephew Richards Inc. Memphis, TN) von McKee et al., 1998, von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002, Yu et al., 2007 und Cheung et al., 2008 implantiert. Während das Galaxy Elbow Hinge System (Orthofix Bussolegno, Verona, Italy) von Stavlas et al., 2004, Iordens et al., 2015, Sakai et al., 2017 und in der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurde. Der Dynamic Joint Distractor II (Stryker, Howmedica GmbH, Mahwah, NJ) wurde von Kolb et al., 2008 und Giannicola et al., 2010 angewendet.

Die meisten, in dieser Arbeit erwähnten, Studien zeigten eine sehr niedrige postoperative Komplikationsrate. Häufige Komplikationen waren der Pininfekt, Pinlockerung, eine Fraktur im Pin-Bereich sowie die Verletzung von Nerven (N. radialis/ N. ulnaris). Der Pininfekt wurde meistens konservativ durch orale Antibiotikatherapie und regelmäßige Pinpflege behandelt (McKee et al., 1998, von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002, Stavlas et al., 2004, Yu et al., 2007, Kolb et al., 2008, Iordens et al., 2015).

In der vorliegenden Arbeit wurde in sechs Fällen ein Infekt am distalen Pin festgestellt, dieser wurde ebenfalls konservativ mit regelmäßiger Wundreinigung und oraler Antibiotikatherapie behandelt. Bei zwei Patienten kam es zu einer Dislokation des Osteosynthesenmaterials. Bei einem Patienten wurde ein Sulcus ulnaris Syndrom festgestellt, bei einem Patienten lag eine Lockerung des distalen Pins vor und ein weiterer Patient litt unter freien Gelenkkörpern. Trotz dieser Komplikationen musste keiner der Fixateure frühzeitig abgebaut werden. Das Sulcus ulnaris Syndrom wurde bei der Kontrolluntersuchung diagnostiziert und die Patienten erhielten diesbezüglich bis zu dem Zeitpunkt, an dem diese Studie durchgeführt wurde, keine spezifische Behandlung.

Nach Auswertung der Röntgenbilder zeigte sich eine postoperative Arthrose bei fast der Hälfte (22 von 49, 45%) aller Patienten. Bei 17 von 49 (35%) Patienten lag eine leichte Form der Arthrose vor, drei von 49 (6%) Patienten litten unter mäßiger Arthrose und jeweils einem (2%) Patienten wurde eine deutliche und eine erhebliche Arthrose diagnostiziert. Jupiter et al. (2002) musste bei vier von fünf Patienten eine I° Arthrose als postoperative Komplikation festgestellt (Jupiter et al., 2002). Die Daten von Yu et al. (2007) zeigen hingegen eine andere Tendenz: Bei elf der 20 Patienten (55%) wurde eine mäßige oder schwere Arthrose auf den Röntgenbildern ersichtlich. Fünf dieser Patienten zeigten keine Anzeichen der Arthrose. Jeweils vier Patienten hatten eine leichte oder mäßige Arthrose und sieben Patienten litten an

einer schweren Arthrose (Yu et al., 2007). In der Studie von Giannicola et al. wurde bei drei der 15 Patienten eine milde Arthrose ohne Relevanz für die Gelenkfunktion festgestellt (Giannicola et al., 2010). Auch die konservative Studie von Kesmezacar et al. (2010) beschrieb bei drei (14,3%) von 21 Patienten eine milde Arthrose (Kesmezacar et al., 2010).

Verschiedene Arten an Komplikationen stellten auch andere Autoren im Rahmen ihrer Studien fest. Cheung et al. führte 2008 eine Studie bezüglich der Komplikationen beim Bewegungsfixateur externe durch (The Compass elbow hinge (Smith & Nephew Richards Inc. Memphis, TN) vs. Dynamic Joint Distractor II (Stryker, Howmedica GmbH, Mahwah, NJ)). Im Rahmen dieser Studie wurde der Zustand von 100 Patienten nach dem Anlegen eines Ellenbogenbewegungsfixateurs externe untersucht. Bei 15 der Patienten ergaben sich leichte Komplikationen (lokale Rötung oder Nachspaltung der Haut am Pin). Diese Komplikationen konnten erfolgreich durch eine konservative Antibiotikatherapie behandelt werden. Zehn der Patienten erlitten schwere Komplikationen (eitrige Sekretion, Fixateurverlust, Pinverlust und eine tief gehende Infektion). Frakturen im Pin-Bereich oder nervale Verletzungen traten nicht auf. In der Arbeitsgruppe, die den Dynamic Joint Distractor II (Monolateraler Fixateur externe) anwendete, wurden insgesamt weniger Komplikationen und tieferreichende Infektionen festgestellt als in der Gruppe, die mit dem Compass elbow hinge arbeitete (Cheung et al., 2008).

McKee et al. (1998) stellte bei sechs (38%) Patienten eine Komplikation fest, aber nur drei der sechs Patienten (19%) mussten erneut operiert werden. Ein Patient erlitt eine posteriore Subluxation des Ellenbogens. Zwei Patienten entwickelten einen Pininfekt am Humerus, infolge dessen eine Wundrevision entstand, sodass der Pin entfernt werden musste. Bei einem Patienten wurde eine Wundheilungsstörung diagnostiziert, die konservativ mit einem oralen Antibiotikum behandelt wurde. Ein Patient bekam eine Parese des N. radialis, die sich nach einer zehn wöchigen konservativen Behandlung als rückläufig zeigte (McKee et al., 1998).

Bei von Knoch et al. (2001) kam es lediglich bei fünf Patienten zu einer Pininfektion, die konservativ mittels eines Verbandwechsels und einer oralen Antibiotikatherapie behandelt wurde (von Knoch et al. 2001).

Yu et al. (2007) wies bei zwei Patienten einen Pininfekt nach, der konservativ behandelt wurde. Außerdem wurde bei einem Patienten eine Bewegungseinschränkung in der ipsilateralen Schulter festgestellt. Ein weiterer Patient hatte eine aseptische Pinlockerung und einem Patienten wurde eine sekundäre Dislokation diagnostiziert (Yu et al., 2007).

Kolb et al. (2008) verzeichnete in seiner Studie bei nur einem Patienten eine Ulnafraktur in der Pinstelle, die vier Wochen nach der Fixateurentfernung auftrat. Die Fraktur wurde mit einer Plattenosteosynthese versorgt (Kolb et al., 2008).

lordens et al. (2015) gab in seiner Studie 12 Komplikationen bei zehn Patienten an. Sieben Patienten benötigten in Folge der Komplikationen eine sekundäre Operation. Fünf Patienten hatten eine Inkongruenz im Ellenbogen, bei ihnen mussten sieben Eingriffe durchgeführt werden, um den Fixateur zu korrigieren. Bei einem Patienten zeigte sich ein Fixateurversagen, sodass der Fixateur gewechselt werden musste. Bei vier (15%) Patienten entwickelte sich eine Pininfektion. Von diesen vier Patienten wurden zwei konservativ behandelt, während zwei eine Wundrevision mit anschließender Antibiotikatherapie benötigten. Ein Patient erlitt eine Pinfraktur der Ulna, die konservativ behandelt wurde und ein weiterer Patient entwickelte fünf Monate nach der Entfernung des Fixateurs eine Humeruspinfraktur. Die Fraktur wurde operativ stabilisiert. Ein Patient klagte über eine chronische Instabilität und wurde am LUCL operiert (lordens et al., 2015).

Sakai et al. (2017) gab keinen Pininfekt an und es kam lediglich zu einer Ulnafraktur, die durch eine zweifache Pinbohrung entstand und konservativ mit einer Gipsschiene behandelt werden konnte (Sakai et al., 2017).

Die Komplikationsrate bei den Patienten, die in dieser Studie untersucht wurden, war verglichen mit den anderen Studien relativ niedrig. In den oben genannten Studien traten die meisten Komplikationen aufgrund des Schweregrads der Verletzung und nicht als Folge der Behandlung mit dem Fixateur externe auf. In allen Studien entwickelten lediglich drei Patienten eine Irritation des N. radialis. Insgesamt zeigte sich der Pininfekt als die häufigste, mit dem Fixateur verbundene Komplikation, die erfolgreich mit einem lokalen Antiseptikum und einem regelmäßigen Verbandswechsel behandelt wurde.

4.3 Kritische Diskussion der Vergleichbarkeit der Kollektive und Behandlungsansätze

Wie bereits oben beschrieben verwendeten die Autoren der anderen Studien unterschiedliche Typen des Bewegungsfixateurs externe (siehe Kapitel 4.2.6). Lediglich die Arbeitsgruppen von Stavlas et al (2004), lordens et al. (2015) und Sakai et al. (2017) nutzten den gleichen Bewegungsfixateur, der auch in der vorliegenden Studie Verwendung fand.

In der vorliegenden Arbeit fand keine Auswertung der posttraumatischen Arthrose statt und auch eine explizite Schmerzauswertung anhand einer dafür entwickelten Klassifikation wurde nicht durchgeführt.

In mehreren Studien wurden Patienten mit einer frischen und/oder veralteten Verletzung untersucht, dabei lag der Unfalltag nicht länger als sechs Monate zurück (McKee et al., 1998, von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002).

Frische Verletzungen wurden von Stavlas et al. (2004), Yu et al. (2007), Kolb et al. (2008), Iordens et al. (2015) behandelt.

Mehrere Autoren bezogen in ihre Betrachtungen distale Humerusfraktur mit ein (McKee et al., 1998 (6 aus 16 Patienten), von Knoch et al., 2001 (3 aus 13 Patienten), Stavlas et al., 2004 (3 aus 8 Patienten), Yu et al., 2007 (5 aus 20 Patienten)). Die Arbeitsgruppe von McKee et al. (1998) untersuchte vier Patienten und Yu et al. (2007) zwei Patienten mit einer offenen distalen Humerusfraktur. In der vorliegenden Studie wurden Patienten mit einer distalen, geschlossenen Humerusfraktur ausgeschlossen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind mit den Ergebnissen von McKee et al. (1998), von Knoch et al. (2001), Jupiter et al. (2002), Stavlas et al. (2004), Yu et al. (2007) und Iordens et al. (2015) teilweise vergleichbar. Obwohl diese Autoren nicht die gleiche Anzahl an Patienten untersuchten, verwendeten sie die gleichen oder ähnliche Methoden, die auch in der vorliegenden Studie genutzt wurden. Nicht nur die Größe des Patientenkollektivs, sondern auch die Schwere der Verletzungen unterscheiden sich von Studie zu Studie.

Die Operationstechnik des gelenkübergreifenden humero-ulnaren Bewegungsfixateurs stellt nicht nur eine zuverlässige Alternative, sondern auch einen Zusatz zu den bekannten Osteosyntheseverfahren dar, da die Gelenkfunktion rasch und sicher wiederhergestellt werden kann. Somit wirkt sich der Einsatz des Bewegungsfixateurs auch positiv auf die Lebensqualität der Patienten aus. Eine wesentliche Limitierung der vorliegenden Arbeit ist die fehlende Kontrollgruppe, wobei alle o.g. Studien (McKee et al., 1998, von Knoch et al., 2001, Jupiter et al., 2002, Stavlas et al., 2004, Yu et al., 2007, Kolb et al., 2008 und Iordens et al., 2015), die auf einer operativen Behandlung basierten, ebenfalls keine Kontrollgruppe hatten.

4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

- Die Patienten mit einer Ellenbogenverletzung zeigten sehr gute Ergebnisse, wenn zeitnah eine operative Versorgung mit einem Bewegungsfixateur externe vorgenommen wurde.
- Der Radiuskopf sollte nach Möglichkeit immer erhalten werden, dabei sollte keine primäre Radiuskopfresektion durchgeführt werden.
- Die Beweglichkeit des Gelenks kann sich im Zeitverlauf verbessern.
- Die Patienten hatten nach einer Ellenbogenverletzung deutlich weniger Schwierigkeiten bei der Ausübung von Alltagsaktivitäten, wenn der verletzte Ellenbogen nicht sehr stark belastet wurde.
- Es besteht keine signifikante Abhängigkeit zwischen der Flexion zum Zeitpunkt der Entlassung und dem Alter der Patienten.
- Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten für die Extension und Flexion zwischen weiblichen und männlichen Patienten.
- Die Flexion kann stärker verbessert werden als die Extension.
- Es besteht eine Abhängigkeit zwischen der Extension, Flexion und der Supination. Je besser die Extension und Flexion sind, desto besser ist die Supination. Eine Abhängigkeit zwischen der Extension, Flexion und der Pronation besteht hingegen nicht.
- Die Patienten im Alter zwischen 61-80 Jahren mit ligamentären und osteoligamentären Verletzungen erlebten im Alltag die wenigsten Schwierigkeiten.
- Als sehr schwer („nicht möglich“) beurteilten am häufigsten die Patienten im Alter von 51 bis 60 Jahren die gefragten Alltagsaktivitäten.
- Es gibt keine schwerwiegenden Komplikationen, die durch den Fixateur externe verursacht werden.
- Leichte und mäßige heterotrophe Ossifikationen der Kollateralbänder sind funktionsirrelevant.
- Die Wertigkeit der Prophylaxe der Ossifikation ist kontrovers.
- Durch die operative Behandlung mit einem Bewegungsfixateur externe konnte die Funktion des Ellenbogengelenks sowie die Lebensqualität der Patienten wiederhergestellt werden.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Behandlungsergebnisse von Ellenbogenluxationen und Ellenbogenluxationsfrakturen vorgestellt. 85 Patienten mit einer solchen Verletzung wurden zwischen 2005 und 2013 in der Paracelsusklinik in Marl mit einem Ellenbogenbewegungsfixateur behandelt. In diese Studie wurden 49 dieser Patienten, bei denen zum Behandlungszeitpunkt eine frische Verletzung vorlag, eingeschlossen und zur Nachuntersuchung einbestellt. Die Luxationsversorgung wurde bei jedem Patienten mit einem Bewegungsfixateur externe vorgenommen. Es erfolgte keine primäre Radiuskopfresektion oder Implantation einer Radiuskopfprothese.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es festzustellen, ob die Anwendung eines Bewegungsfixateurs externe die postoperativen Ergebnisse einer komplexen Ellenbogenverletzung verbessern kann. Zur Objektivierbarkeit des Operationserfolges fanden der Mayo- und DASH-Score Verwendung. Bei 41 Patienten (84%) lag der DASH-Wert niedriger als der durchschnittliche DASH-Wert (14,3 Punkte), dabei gelten null Punkte als Idealwert. Bei 38 Patienten (78%) lag die Punktzahl des Mayo-Scores über 75 Punkten (100 Punkte entsprechen dem Idealwert). Zusätzlich zu der verbesserten Beweglichkeit, schätzten die meisten Patienten (98%) im Rahmen des Mayo-Tests die Funktion ihres Ellenbogens als stabil ein. 65% der Patienten empfanden keine und 31% geringe postoperative Schmerzen.

Die verbesserte Bewegungsfunktion konnte auch durch statistische Analysen nachgewiesen werden. Die Extension wurde durchschnittlich um 50% (von 12° auf 8°) und die Flexion um 19% (von 120° auf 136°) verbessert. Die Supination und Pronation veränderten sich nicht.

Eine lineare Abhängigkeit zwischen der individuellen Schmerzintensität und dem Alter der Patienten wurde festgestellt. Die durchgeführte Behandlung verbesserte den Alltag der Patienten wesentlich.

Die postoperativen Komplikationen waren gering und überschritten die in der Literatur vorgestellten Komplikationsraten nicht.

Zusammengefasst wurde mit Hilfe der Untersuchung nachgewiesen, dass der Einsatz eines Bewegungsfixateurs externe die Ellenbogensfunktion, nach einer ligamentären oder osteoligamentären Verletzung, durch die Fixateursachsführung und sofortige postoperative Übungen, maßgeblich verbessert.

6 Abkürzung

a.-p. – anterior-posterior

AML - Anteriores mediales Band

AO - Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

BV – Bildverstärkungssystem

bzw. - beziehungsweise

CT - Computertomographie

ca. – circa

DASH - Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

etc. – et cetera

FFS - Fragment Fixation System

ICD - International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems

LUCL - Laterales ulnares Seitenband

MCL – Mediales Seitenband

MEPI - Mayo Elbow Performance Index

MRT – Magnetresonanztomographie

PRUG- proximales radioulnares Gelenk

NSAR - Nicht steroidale Antirheumatika

NEISS - National Electronic Injury Surveillance System

N. – nervus

o.g. – oben genannt

PACS - picture archiving and communication system

Proc. - Processus

ROM - Range of Motion

THM - Technische Hochschule Mittelhessen

USA – United States of America

z.B. – zum Beispiel

7 Literaturverzeichnis

1. Aksu N, Korkmaz MF, Göğüş A, Kara AN, Işıklar ZU. Surgical treatment of elbow dislocations accompanied by coronoid fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2008 Aug - Oct; 42 (4): 258 - 64.
2. Anakwe RE, Middleton SD, Jenkins PJ, McQueen MM, Court-Brown CM. Patient - reported outcomes after simple dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2011 Jul 6;93 (13): 1220-6.
3. Bernard F, Morrey MD, Joaquin Sanchez-Sotelo, MD, PhD, *The Elbow and its Disorders, Fourth Edition, 2008, S. 436-446.*
4. Castelli A, D'amico S, Combi A, Benazzo F. Hinged external fixation for Regan-Morrey type I and II fractures and fracture-dislocations. *J Orthop Traumatol.* 2016 Jun; 17(2): 175 - 9.
5. *Checkliste Traumatologie, V. Bühren, Otmar Trentz, 2005 | 6., überarb. u. erw. Aufl. Thieme (Verlag), S. 417-420.*
6. Cheung EV, O'Driscoll SW, Morrey BF. Complications of hinged external fixators of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008 May - Jun; 17(3): 447 - 53.
7. Cohen MS, Hastings H 2nd, Acute elbow dislocation: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998 Jan-Feb; 6(1): 15 - 23.
8. Duckworth AD, Ring D, Kulijidian A, McKee MD. Unstable elbow dislocations. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008 Mar - Apr; 17(2): 281-6.
9. Giannicola G., Sacchetti FM, Greco A, Gregori G, Postacchini F. Open reduction and fixation combined with hinged elbow fixator in capitellum and trochlea fractures. *Acta Orthopaedica* 2010; 81 (2): 228 - 233.
10. Giannicola G., Sacchetti FA, Greco A, Cinotti G, Postacchini F Management of complex elbow instability. *Musculoskelet Surg.* 2010 May; 94 Suppl 1: S25-36
11. Herbertsson P, Hasserijs R, Besjakov J, Nyqvist F, Karlsson MK. Fractures of the radial head and neck treated with radial head excision. *J Bone Joint Surg Am.* 2004 Sep; 86(9): 1925 - 30.
12. Heck S. et al, Die Behandlung der akuten Luxation und Luxationsfraktur des Ellenbogens. *Unfallchirurg* 2011; 114-122.

13. Hobgood ER, Khan SO, Field LD. Acute dislocations of the adult elbow. *Hand Clin.* 2008 Feb; 24(1): 1 - 7.
14. Holinger B, Franke S. Management guidelines for elbow dislocations. *OUP* 2014; 6: 292-299.
15. Hotchkiss RN, Weiland AJ. Valgus stability of the elbow. *J Orthop Res* 1987; 5(3): 372 - 7.
16. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C, The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) *Am J Ind Med.* 1996; 29: 602 – 608.
17. Ikeda M, Sugiyama K, Kang C, Takagaki T, Oka Y. Comminuted fractures of the radial head: comparison of resection and internal fixation. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Mar; 88 Suppl 1 Pt 1:11 - 23.
18. Iordens GI, Den Hartog D, Van Lieshout EM, Tuinebreijer WE, De Haan J, Patka P, Verhofstad MH, Schep NW; Dutch Elbow Collaborative. Good functional recovery of complex elbow dislocations treated with hinged external fixation: a multicenter prospective study. *Clin Orthop Relat Res.* 2015 Apr; 473(4): 1451 - 61.
19. Iordens GI, Van Lieshout EM, Schep NW, De Haan J, Tuinebreijer WE, Eygendaal D, Van Beeck E, Patka P, Verhofstad MH, Den Hartog D; FuncSiE Trial Investigators. Early mobilisation versus plaster immobilisation of simple elbow dislocations: results of the FuncSiE multicentre randomised clinical trial. *Br J Sports Med.* 2017 Mar; 51 (6): 531 - 538.
20. Josefsson, PO, Nilsson BE, Incidence of elbow dislocation *Acta Orthop. Scand.* 57,537 - 538, 1986.
21. Josefsson PO, Gentz CF, Johnell O, Wendeberg B. Surgical versus non – surgical treatment of ligamentous injuries following dislocation of the elbow joint. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 1987 Apr; 69(4): 605 - 8.
22. Jupiter JB, Ring D. Treatment of unreduced elbow dislocations with hinged external fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 2002 Sep; 84 - A(9): 1630 - 5.
23. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957; 16: 494–501

24. Kesmezacar H, Sarkaya IA. The results of conservatively treated simple elbow dislocations. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2010; 44(3): 199 - 205.
25. Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, Marx F, Markgraf E, Koller H, Kolb K, Grützner P. Complex osteoligamentary injuries of the elbow. Treatment with a hinged external fixator. *Unfallchirurg.* 2008 Aug; 111(8): 584 - 6, 588 - 91.
26. Koslowsky T, Mader K, Gausepohl T, Pennig D, Reconstruction of Mason type-III and type-IV radial head fractures with a new fixation device: 23 patients followed 1-4 years. *Acta Orthop.* 2007 Feb; 78(1): 151 - 6.
27. Lindenhovius AL, Felsch Q, Doornberg JN, Ring D, Kloen P. Open reduction and internal fixation compared with excision for unstable displaced fractures of the radial head. *J Hand Surg Am.* 2007 May - Jun; 32(5): 630 - 6.
28. Mason ML, Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases. *Br J Surg.* 1954 Sep; 42(172): 123 - 32.
29. Maripuri SN, Debnath UK, Rao P, Mohanty K. Simple elbow dislocation among adults: a comparative study of two different methods of treatment. *Injury.* 2007 Nov; 38(11): 1254 - 8.
30. McKee MD, Bowden SH, King GJ, Patterson SD, Jupiter JB, Bamberger HB, Paksima N. Management of recurrent, complex instability of the elbow with a hinged external fixator. *J Bone Joint Surg Br.* 1998 Nov; 80(6): 1031 - 6.
31. Mehlhoff TL, Noble PC, Bennett JB et al (1988). Simple dislocation of the elbow in the adult. Results after closed treatment. *J Bone Joint Surg* 70(2): 244–249.
32. Mittlmeier T, Beck M. Dislocation of the adult elbow joint. *Unfallchirurg.* 2009 May; 112(5): 487-505.
33. Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res.* 1991 Apr; (265): 187 - 95.
34. O'Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An KN. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res.* 1992; 280: 186 – 197.
35. O'Driscoll SW, Jupiter JB, King GJ, Hotchkiss RN, Morrey BF. The unstable elbow. *Instr Course Lect.* 2001; 50: 89 - 102.

36. O'Driscoll SW, Jupiter JB, Cohen MS, Ring D, McKee MD. Difficult elbow fractures: pearls and pitfalls. *Instr Course Lect.* 2003; 52: 113-34.
37. Protzman RR. Dislocation of the elbow joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1978 Jun; 60(4): 539 - 41.
38. Pugh DM, Wild LM, Schemitsch EH, King GJ, McKee MD. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2004 Jun; 86(6): 1122-30.
39. Regan W, Morrey B, Fractures of the Coronoid Process of the Ulna, *J Bone Joint Surg Am,* 1989 Oct; 71(9): 1348-54.
40. van Riet RP, Morrey BF, O'Driscoll SW, Van Glabbeek F. Associated injuries complicating radial head fractures: a demographic study. *Clin Orthop Relat Res.* 2005 Dec; 441:351-5.
41. Rodriguez-Martin J, Pretell-Mazzini J, Andres-Esteban EM, Larrainzar-Garijo R. Outcomes after terrible triads of the elbow treated with the current surgical protocols. A review. *Int Orthop.* 2011 Jun; 35(6): 851 - 60.
42. Ruchholtz S, Dieter Christian Wirtz, *Orthopädie und Unfallchirurgie essentials: Intensivkurs zur Weiterbildung,* Thieme; Auflage: 1., 2011 S. 338 - 340.
43. Safran M, Ahmad CS, Elattrache NS. Ulnar collateral ligament of the elbow. *Arthroscopy.* 2005 Nov; 21 (11): 1381 - 95.
44. Sakai K, Shirahama M, Shiba N, Yoshida K, Yoshida S. Primary Hinged External Fixation of Terrible Triad Injuries and Olecranon Fracture - Dislocations of the Elbow. *Kurume Med J.* 2017 Apr 13; 63(1.2): 7 - 14.
45. Schneeberger AG, Sadowski MM, Jacob HA. Coronoid process and radial head as posterolateral rotatory stabilizers of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2004 May; 86(5): 975 - 82.
46. Schnetzke M, Aytac S, Deuss M, Studier-Fischer S, Swartman B, Muenzberg M, Gruetzner PA, Guehring T. Radial head prosthesis in complex elbow dislocations: effect of oversizing and comparison with ORIF. *Int Orthop.* 2014 Nov; 38 (11): 2295 - 301.

47. Schnetzke M, Aytac S, Studier-Fischer S, Grützner PA, Guehring T. Initial joint stability affects the outcome after conservative treatment of simple elbow dislocations: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2015 Aug 20; 10: 128.
48. Stavlas P, Gliatis J, Polyzois V, Polyzois D. Unilateral hinged external fixator of the elbow in complex elbow injuries. *Injury.* 2004 Nov; 35(11): 1158 - 66.
49. Stanley D, Ian A., *Operative Elbow Surgery*, 2012 S. 361 - 366.
50. Stoneback JW, Owens BD, Sykes J, Athwal GS, Pointer L, Wolf JM: Incidence of elbow dislocations in the United States population. *J Bone Joint Surg Am.* 2012 Feb 1; 94(3): 240 - 5.
51. Stöckle U, *Ellenbogenchirurgie 2010*, I. Auflage, S. 70 - 82.
52. Yu JR, Throckmorton TW, Bauer RM, Watson JT, Weikert DR. Management of acute complex instability of the elbow with hinged external fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007 Jan-Feb; 16(1): 60 - 7.
53. Verbrugge LM, Jette AM (1994): The disablement process. *Soe Sei Med* 38: 1 - 14.
54. von Knoch F, Marsh JL, Steyers C, McKinley T, O'Rourke M, Bottlang M. A new articulated elbow external fixation technique for difficult elbow trauma. *Iowa Orthop J.* 2001; 21: 13 - 9.
55. Yang NP, Chen HC, Phan DV, Yu IL, Lee YH, Chan CL, Chou P, Renn JH. Epidemiological survey of orthopedic joint dislocations based on nationwide insurance data in Taiwan, 2000-2005. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011 Nov 5; 12: 253.

Abbildungsverzeichnis

1. Netter F., *Atlas der Anatomie*. S. 426 (Anatomie des Ellenbogens), Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 5. Auflage (15. Juni 2011)

8 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Gründen des Datenschutzes in der elektronischen Fassung meiner Arbeit nicht veröffentlicht.