



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

TUM School of Medicine and Health

Wissenschaftliche Analyse der Behandlungsqualität von distalen Humerusfrakturen  
an einem Level-1-Traumazentrum

(Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar der TU München)

Noémie Rausch

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der  
Technischen Universität München zur Erlangung einer Doktorin der Medizin  
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Lars Mägdefessel

Prüfende der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff
2. apl. Prof. Dr. Rainer Burgkart

Die Dissertation wurde am 30.06.2023 bei der Technischen Universität  
München eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am  
14.03.2024 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....   | 4  |
| Abkürzungsverzeichnis.....   | 7  |
| 1. Einleitung .....  | 8  |
| 1.1 Anatomie des Ellenbogens .....   | 8  |
| 1.2 Definition und Epidemiologie .....   | 10 |
| 1.3 Ätiologie.....   | 10 |
| 1.4 Klinik .....   | 11 |
| 1.5 Diagnostik .....   | 11 |
| 1.6 Klassifikation von distalen Humerusfrakturen .....                                 | 13 |
| 1.7 Therapie der distalen Humerusfrakturen.....  | 16 |
| 1.7.1 Therapieziel .....   | 16 |
| 1.7.2 Indikationsstellung .....  | 16 |
| 1.7.3 Konservative Therapie.....   | 16 |
| 1.7.4 Operative Therapie.....  | 17 |
| 1.7.5 Algorithmus zur operativen Versorgung einer distalen Humerusfraktur .....        | 22 |
| .....  | 22 |
| 1.8 Aktuelle Behandlungsstrategien.....  | 22 |
| 1.8.1 Aktuelle Meinung zur operativen Versorgung.....                                  | 22 |
| 1.8.2 Physiotherapeutische Nachbehandlung .....  | 24 |
| 1.8.3 Röntgenkontrollen .....  | 24 |
| 1.8.4 Komplikationen .....   | 24 |
| 1.8.5 Prognose.....  | 25 |
| 1.9 Patient-reported outcome measures (PROM) und Elbow-Self-Assessment-Score (ESAS) 25 |    |
| 2. Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit .....                                      | 28 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.      | Material und Methoden.....   | 29 |
| 3.1     | Elbow-Self-Assessment-Score .....  | 29 |
| 3.2     | Datenerhebung.....   | 30 |
| 3.3     | Datenauswertung .....  | 32 |
| 3.3.1   | Radiologische Auswertung .....   | 32 |
| 3.3.2   | Statistik.....   | 32 |
| 4       | Ergebnisse .....   | 34 |
| 4.1     | Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO .....  | 34 |
| 4.2     | Geschlechterverteilung und Einfluss auf den ESAS .....   | 35 |
| 4.2.1   | Einfluss des Geschlechts auf den ESAS.....   | 36 |
| 4.3     | Variation der ESAS-Scores im Zeitraum des Follow-Up.....   | 37 |
| 4.4     | Postoperativer Bewegungsgrad (ROM).....  | 37 |
| 4.5     | Vergleich des ESAS abhängig von der gewählten Therapie .....   | 38 |
| 4.5.1   | Anzahl der jeweiligen Therapieoptionen aufgeteilt nach AO .....                                      | 38 |
| 4.5.2   | Vergleich des ESAS für die Therapieoptionen aufgeteilt nach AO.....                                  | 39 |
| 4.6     | Einfluss der AO-Klassifikation auf den ESAS .....  | 40 |
| 4.6.1.  | Gesamtes Patientenkollektiv ohne spezifische Aufteilung .....  | 40 |
| 4.6.2.  | Darstellung des ESAS unter Berücksichtigung der AO-Einteilung.....                                   | 42 |
| 4.6.2.1 | AO 13-A.....   | 42 |
| 4.6.2.2 | AO 13-B.....   | 44 |
| 4.6.2.3 | AO 13-C .....  | 46 |
| 4.7     | Einfluss der Wahl der Osteosynthese auf den ESAS.....  | 48 |
| 4.8     | Operative Versorgung von distalen Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese                      |    |
|         | 51   |    |
| 4.8.1   | Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese auf das Outcome bei distalen Humerusfrakturen ..... | 51 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.8.2 | Vergleich des Outcomes von winkelstabilen und nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthesen bei distalen Humerusfrakturen..... | 52 |
| 4.9   | Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese vs. Totale Ellenbogenprothese auf den ESAS für Frakturen Typ AO 13-C.....  | 53 |
| 4.10  | Einfluss eines Fixateur externe oder einer Revisionsoperation auf den ESAS .....  | 54 |
| 5.    | Diskussion .....  | 56 |
| 5.1   | Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO .....   | 58 |
| 5.2   | Einfluss des Geschlechts auf den ESAS.....  | 58 |
| 5.3   | Variation der ESAS-Scores im Follow-Up.....   | 59 |
| 5.4   | Postoperativer Bewegungsgrad .....  | 59 |
| 5.5   | Vergleich des ESAS abhängig von der gewählten Therapie .....  | 61 |
| 5.6   | Einfluss der AO-Klassifikation auf den ESAS .....   | 63 |
| 5.7   | Einfluss der Wahl der Osteosynthese auf den ESAS.....   | 64 |
| 5.8   | Operative Versorgung von distalen Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese   | 66 |
| 5.9   | Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese vs. Totale Ellenbogenprothese auf den ESAS für Frakturen Typ AO 13-C.....  | 69 |
| 5.10  | Einfluss eines Fixateur externe oder einer Revisionsoperation auf den ESAS .....  | 72 |
| 5.11  | Methodenkritik und Fehlerquellen .....  | 73 |
| 6.    | Zusammenfassung .....   | 76 |
|       | Danksagung .....  | 79 |
|       | Literaturverzeichnis.....   | 80 |
|       | Anhang.....   | 87 |
|       | ESAS-Fragebogen   |    |
|       | Lebenslauf  |    |

# Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1. Beteiligte Muskeln an der Ellenbogenmechanik (Aumüller, Aust et al. 2010) .....                                  | 9  |
| Tabelle 2. Osteosynthesemöglichkeiten am distalen Humerus.....  | 18 |
| Tabelle 3. Einschlusskriterien .....  | 30 |
| Tabelle 4 Ausschlusskriterien .....   | 31 |
| Tabelle 5 Erhobene Patientendaten .....   | 32 |
| Tabelle 6. Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO .....  | 35 |
| Tabelle 7 Angabe der Anzahl der m/w Patienten pro Gruppe sowie Durchschnittsalter pro Gruppe.....                           | 35 |
| Tabelle 8. ESAS-Mittelwerte für die AO-Gruppen aufgeteilt nach Geschlecht.....  | 36 |
| Tabelle 9. Referenzwerte für die maximale ROM (Aumüller, Aust et al. 2010) .....  | 37 |
| Tabelle 10. Durchschnittliche ROM + Standardabweichung für die AO-Gruppen und das Gesamtkollektiv.....                      | 38 |
| Tabelle 11. Verteilung der Behandlungsarten innerhalb der Gruppen (AO-Klassifikation A-C) .....                             | 39 |
| Tabelle 12. ESAS- Mittelwerte für die Behandlungsarten in den jeweiligen AO-Gruppen.....                                    | 40 |
| Tabelle 13. Statistische Angaben zu den einzelnen Werten des ESAS im Gesamtpatientenkollektiv .....                         | 41 |
| Tabelle 14. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores insgesamt .....  | 41 |
| Tabelle 15. Vergleich der ESAS-Mittelwerte, Maxima und Minima innerhalb der AO-Klassifikation und dem Gesamtkollektiv ..... | 42 |
| Tabelle 16. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in AO 13-A .....  | 43 |
| Tabelle 17. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-A.....   | 43 |
| Tabelle 18. ESAS-Mittelwerte für die AO- Klassifikation A1-A3 .....   | 44 |
| Tabelle 19. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in AO 13-B .....  | 44 |
| Tabelle 20. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-B .....  | 45 |
| Tabelle 21 ESAS-Mittelwerte für die AO- Klassifikation B1-B3 .....  | 45 |
| Tabelle 22. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in 13-C .....   | 46 |
| Tabelle 23. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-C .....  | 47 |
| Tabelle 24 ESAS-Mittelwerte für die AO- Klassifikation C1-C3 .....  | 47 |
| Tabelle 25. Anzahl der jeweiligen Osteosynthesen pro AO-Gruppe und im Gesamtkollektiv .....                                 | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 26 ESAS-Mittelwerte für die jeweilige Osteosynthese in den AO-Gruppen und im Gesamtkollektiv.....   | 49 |
| Tabelle 27. Outcome für die Versorgung der distalen Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese.....   | 52 |
| Tabelle 28. Ergebnisse für nicht-winkelstabile Plattenosteosynthesen im Vergleich zur winkelstabilen Platte .....   | 53 |
| Tabelle 29. Auflistung und direkter Vergleich der winkelstabilen Plattenosteosynthese und der prothetischen Versorgung.....   | 54 |
| Tabelle 30 Verteilung der Fallzahlen für Fixateur externe, Revisions-OP oder Kombination aus FE+ Revision.....  | 55 |
| Tabelle 31. ESAS-Mittelwerte für die einzelnen Behandlungsoptionen in den AO-Gruppen und im Gesamtkollektiv.....  | 56 |
|   |    |
| Abb. 1 Knöcherne Anatomie des Ellenbogengelenks (Prometheus- Lernatlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 3. Auflage, S.276, Abb. a) (Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M. and Wesker K. 2011)..... | 9  |
| Abb. 2 "Kodierungsweg nach der alphanumerischen AO-Klassifikation"(Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 1.5, S. 7).....   | 14 |
| Abb. 3 „Extra- und intraartikuläre Frakturen, distaler Oberarm“ (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 4.1, Seite 43) .....  | 15 |
| Abb. 4 „Algorithmus zur Behandlung von distalen Humerusfrakturen“, nach Beller et al. (Beller, Maier et al. 2010).....  | 22 |
| Abb. 5 Flowchart zur graphischen Darstellung der Zusammenstellung des Patientenkollektivs .....   | 34 |
|   |    |
| Grafik 1 Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO .....  | 35 |
| Grafik 2 Darstellung der Verteilung der m/w Patienten pro Gruppe in absoluten Zahlen.....   | 36 |
| Grafik 3 Grafische Darstellung der ESAS-Mittelwerte nach Geschlecht .....   | 36 |
| Grafik 4 Darstellung der Verteilung der ESAS-Scores über den Zeitraum des Follow-Up's (OP-Zeitpunkt- Studienzeitpunkt) (Punktdiagramm) .....  | 37 |
| Grafik 5 Grafische Darstellung der Verteilung der Behandlungsarten .....  | 39 |
| Grafik 6 Verteilung der ESAS- Mittelwerte für die Behandlungsarten .....  | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Grafik 7 Grafische Darstellung der Tabelle 14 (Häufigkeit in absoluten Zahlen).....  | 41 |
| Grafik 8 Vergleich der ESAS- Werte innerhalb der AO-Klassifikation, s. Tabelle 15 .....                                    | 42 |
| Grafik 9 Grafische Darstellung der Tabelle 17 (Häufigkeit in absoluten Zahlen).....  | 43 |
| Grafik 10 Grafische Darstellung der ESAS- Mittelwerte der AO- Klassifikation A1-A3, s. Tabelle 18.....                     | 44 |
| Grafik 11 Grafische Darstellung der Tabelle 20 .....   | 45 |
| Grafik 12 Grafische Darstellung der ESAS- Mittelwerte der AO- Klassifikation B1-B3, s. Tabelle 21.....                     | 45 |
| Grafik 13 Grafische Darstellung der Tabelle 23 .....   | 47 |
| Grafik 14 Grafische Darstellung der ESAS- Mittelwerte der AO- Klassifikation C1-C3 .....                                   | 48 |
| Grafik 15 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei A-Frakturen..                                  | 50 |
| Grafik 16 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei B-Frakturen.                                   | 50 |
| Grafik 17 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei C-Frakturen..                                  | 50 |
| Grafik 18 Verteilung der Fallzahlen für Fixateur externe, Revisions-OP oder Kombination aus FE+ Revision, Tabelle 30 ..... | 55 |
| Grafik 19 Grafische Darstellung der Tabelle 31 .....   | 56 |

## Abkürzungsverzeichnis

|               |  |
|---------------|--|
| AO .....      | <i>Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen</i>       |
| ASES.....     | <i>American Shoulder and Elbow Surgeons-Score</i>        |
| DASH.....     | <i>Disabilities of the arm, shoulder and hand- Score</i> |
| ESAS .....    | <i>Elbow Self Assessment Score</i>                       |
| LCP® .....    | <i>Locking-Compression Plate</i>                         |
| LC-DCP® ..... | <i>Limited-Contact Dynamic-Compression Plate</i>         |
| M. ....       | <i>Musculus</i>  |
| MEPS.....     | <i>Mayo Elbow Performance Score</i>                      |
| N. ....       | <i>Nervus</i>  |
| NSAR.....     | <i>Nicht-steroidale Antirheumatika</i>                   |
| ORIF .....    | <i>Open reduction internal fixation</i>                  |
| PROM.....     | <i>Patient reported outcome measures</i>                 |

# 1. Einleitung

## 1.1 Anatomie des Ellenbogens

Das Ellenbogengelenk setzt sich zusammen aus dem distalen Humerus sowie dem proximalen Anteil des Radius und der Ulna (Aumüller, Aust et al. 2010) (s. Abbildung 1). Drei Teilgelenke sind über eine gemeinsame Gelenkhöhle sowie Gelenkkapsel verbunden: das Humeroulnar-, das Humeroradial- sowie das proximale Radioulnargelenk. Die Kombination aus Humeroulnar- und Humeroradialgelenk verbindet Ober- und Unterarm in einem funktionellen Scharniergelenk (Rueger, Janssen et al. 2005, Benninghoff, Drenckhahn et al. 2008, Aumüller, Aust et al. 2010). Das Humeroradialgelenk ist ein Kugelgelenk (Rueger, Janssen et al. 2005). Im Humeroradial- und im proximalen Radioulnargelenk dreht sich der Radius in einem Radgelenk um die Ulna und ermöglicht so die Pronation und die Supination (Aumüller, Aust et al. 2010). Die mediale Trochlea humeri und das laterale Capitulum humeri gewährleisten die Artikulation des distalen Humerus mit dem proximalen Anteil des Radius und der Ulna (Aumüller, Aust et al. 2010). Diese sind von einer durchgehenden Gelenkfläche überzogen (Aumüller, Aust et al. 2010). Die proximale Ulna umfasst mit dem Olecranon zangenartig die Trochlea humeri von dorsal und von ventral mit dem Processus coronoideus (Aumüller, Aust et al. 2010).

Die distale Humerusepiphyse setzt sich aus dem Epicondylus medialis und lateralis humeri zusammen (Benninghoff, Drenckhahn et al. 2008, Aumüller, Aust et al. 2010). Dorsal des Epicondylus medialis befindet sich der Sulcus für den Ulnarisnerv (Sulcus nervi ulnaris), hier verläuft entsprechend der N. ulnaris (Benninghoff, Drenckhahn et al. 2008, Aumüller, Aust et al. 2010). Das Ellenbogengelenk wird ulnar und radial durch Kollateralbänder stabilisiert (Aumüller, Aust et al. 2010).

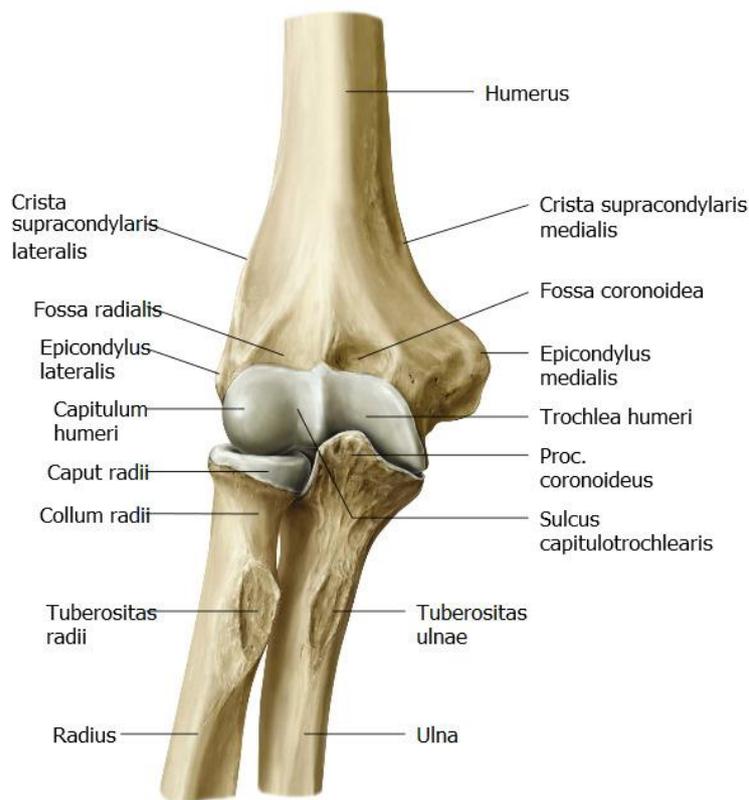


Abb. 1 Knöcherne Anatomie des Ellenbogengelenks (Prometheus- Lernatlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 3. Auflage, S.276, Abb. a) (Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M. and Wesker K. 2011)

Die

physiologischen Bewegungsumfänge im Ellenbogengelenk umfassen:

Flexion/Extension 150°-0-0° sowie Pronation/ Supination 90°-0-90° (Benninghoff, Drenckhahn et al. 2008, Aumüller, Aust et al. 2010).

Folgende Muskeln sind an der Bewegung des Ellenbogens beteiligt (s. Tabelle 1):

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| M. biceps brachii, M. brachialis | Flexion            |
| M. triceps brachii, M. anconeus  | Extension          |
| M. pronator teres                | Pronation, Flexion |
| M. palmaris longus               | Flexion, Pronation |
| M. flexor carpi radialis         | Flexion, Pronation |
| M. flexor carpi ulnaris          | Flexion            |

Tabelle 1. Beteiligte Muskeln an der Ellenbogenmechanik (Aumüller, Aust et al. 2010)

## 1.2 Definition und Epidemiologie

Bei der distalen Humerusfraktur handelt es sich um einen körperfernen Bruch eines langen Röhrenknochens (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Die Frakturen können sowohl uni- als auch multifragmentär sein (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Des Weiteren können diese Frakturen einzeln, aber auch kombiniert extraartikulär, mono- oder bicondylär oder vollständig artikulär (in 60% der Fälle) auftreten (Robinson, Hill et al. 2003, Wenzl, Raimund et al. 2007).

Im Erwachsenenalter tritt die distale Humerusfraktur nach Literaturangaben mit einer Inzidenz von 5-6/100.000 Einwohner auf und stellt somit eine sehr seltene Fraktur dar (Robinson, Hill et al. 2003, Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007). Schätzungsweise machen distale Humerusfrakturen ca. 2% aller Frakturen im Erwachsenenalter aus (Robinson, Hill et al. 2003, Bonnaire and Bula 2010), mit einem durchschnittlichen Alter von 48 Jahren bei Auftreten (Robinson, Hill et al. 2003, Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007).

Die distalen Humerusfrakturen treten häufiger bei Frauen auf, mit einem Verhältnis von ca. 1:2,5 Frauen zu Männern (Rueger, Rücker et al. 2007). Im geriatrischen Alter erhöht sich das Verhältnis nochmal auf 4:1 (Robinson, Hill et al. 2003, Nowak, Dietz et al. 2012). Es existieren zwei Häufigkeitsgipfel für distale Humerusfrakturen, zunächst im Kindesalter im 1. Lebensjahrzent und im Erwachsenenalter im 5. Lebensjahrzent (Robinson, Hill et al. 2003, Rueger, Rücker et al. 2007).

Bei Kindern hingegen ist die distale Humerusfraktur die häufigste knöcherne Läsion des kindlichen Skeletts mit einem Anteil von 7-10% aller kindlichen Frakturen (Morger 1972, Weise, Schwab et al. 1997, Weise 2000, Taeger and Nast-Kolb 2001, von Laer, Kraus et al. 2012).

## 1.3 Ätiologie

Die häufigste Ursache für eine distale Humerusfraktur im Erwachsenenalter ist ein direktes Anpralltrauma (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). In Einzelfällen können auch indirekte Traumata des Ellenbogens wie z.B. ein Sturz auf den ausgestreckten Arm vorkommen (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Dies ist insbesondere bei älteren Patienten zu beobachten (Wenzl, Raimund et al. 2007).

Bei Kindern wird eine Fraktur des distalen Humerus durch die physiologische Überstreckbarkeit des Gelenks begünstigt (Jupiter JB 1993, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). In diesem Fall ist eine genaue Anamnese des Unfallhergangs nötig um Krafteinwirkung und Verletzungsausmaß abschätzen zu können (Jupiter JB 1993, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Bei Kindern und Jugendlichen, hauptsächlich jungen Männern, resultieren distale Humerusfrakturen häufig in Folge von Übermut und Leichtsinn; dies wird als sogenanntes Manta-Syndrom bezeichnet (Bonnaire and Bula 2010).

Aufgrund der anatomischen Nähe sind distale Humerusfrakturen häufiger mit Gefäß- und Nervenverletzungen im Bereich des Ellenbogens assoziiert (JUPITER 1994, Bauer and Hoellen 1997, Wenzl, Raimund et al. 2007). Dabei stehen Läsion des N. ulnaris im Vordergrund (JUPITER 1994), aber auch Schädigungen der Arteria brachialis (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). In der Literatur werden begleitende Nervenschäden mit einer Häufigkeit von bis zu 20% beschrieben (JUPITER 1994, Bauer and Hoellen 1997, Wenzl, Raimund et al. 2007). Höhergradige Weichteilschäden bei offenen Frakturen sind insgesamt selten und treten dann im Rahmen direkter Gewalteinwirkung auf den Ellenbogen auf (Otto 2003).

#### 1.4 Klinik

Frakturen des distalen Humerus zeigen die typischen, indirekten Frakturzeichen wie Schwellung, Druckschmerz und gegebenenfalls ein Hämatom im betroffenen Bereich sowie eine eingeschränkte Beweglichkeit im Ellenbogengelenk (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Hierdurch wird durch den Patienten oft eine Schonhaltung eingenommen, in der der Ellenbogen in Flexion gehalten und mit der anderen Hand stabilisiert wird (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010)

#### 1.5 Diagnostik

Zur allgemeinen Diagnostik gehören Anamnese, klinische Untersuchung und Abklärung des Unfallmechanismus (Rueger, Janssen et al. 2005, Bonnaire and Bula 2010). Bei der klinischen Beurteilung der Weichteile sollte besonders auf Hämatombildung, Deformierung des Gelenks, drohende Perforation, offene Weichteilläsionen sowie Begleitverletzungen der oberen Extremität geachtet werden (Bonnaire and Bula 2010). Dabei sind die periphere Durchblutung, Sensibilität und Motorik von Anfang an gründlich zu dokumentieren (Bonnaire and Bula 2010), um später gegebenenfalls eine iatrogene von einer traumatisch bedingten Schädigung

unterscheiden zu können (Wenzl, Raimund et al. 2007). Aufgrund ihrer anatomischen Nähe zum distalen Humerus sollten vor allem die drei Hauptnerven des Unterarms, N. radialis, N. ulnaris und N. medianus genau untersucht werden (Wenzl, Raimund et al. 2007). Bei intraartikulären Frakturen werden traumatische Schädigungen des N. ulnaris mit einer Inzidenz von 24,8% angegeben (Nauth, McKee et al. 2011). Hierbei handelt es sich meistens um Nervendehnungsschäden, die aber im Fall des N. ulnaris prognostisch eher günstig verlaufen (Rueger, Janssen et al. 2005). Bei Persistenz neurologischer Symptome sollte nach 3 Wochen eine neurologische Untersuchung mit Nervenleitgeschwindigkeit und Elektromyographie ergänzt werden. (Rueger, Janssen et al. 2005)

Bei der Palpation sollten neben dem betroffenen Ellenbogen auch die angrenzenden Gelenke, Schulter- und Handgelenk, mit untersucht werden, um weitere Verletzungen nicht zu übersehen (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Nowak, Dietz et al. 2012). Auf Stabilitätstest sollte vor der radiologischen Diagnostik verzichtet werden (Wenzl, Raimund et al. 2007).

Die radiologische Diagnostik bei Verdacht auf eine distale Humerusfraktur ist unumgänglich (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Als Basisdiagnostik werden Röntgenaufnahmen des Ellenbogens in 2 Ebenen angefertigt

- a.-p. (Streckung und Hand in Supination)
- Seitlich (90° Beugung und Hand in Supination)

Intraartikuläre Frakturausläufer sind allerdings in den konventionellen Röntgenbildern oft nicht zu erkennen (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Bei Verdacht auf Gelenkbeteiligung oder bei frischen Frakturen, die die Interpretation der Röntgenbilder erschweren können (Wenzl, Raimund et al. 2007), ist grundsätzlich die Durchführung einer Computertomografie (CT) mit ergänzender 3D-Rekonstruktion indiziert (Rueger, Janssen et al. 2005). Hier wird oft das volle Ausmaß der Verletzung sowie die Morphologie der einzelnen Frakturfragmente sichtbar (Rueger, Janssen et al. 2005). Mithilfe der CT ist eine genauere Klassifikation der Fraktur möglich und erleichtert somit die Auswahl des operativen Zugangs sowie des Osteosynthesematerials (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Die Magnetresonanztomographie (MRT) spielt in der primären Diagnostik distaler Humerusfrakturen keine Rolle (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007). Die Sonographie und Angiographie haben ihren Stellenwert in der Abklärung begleitender Gefäßverletzungen (Rueger, Janssen et al. 2005) gegenüber der CT verloren.

Bei geschlossenen distalen Humerusfrakturen liegt die Inzidenz arterieller Begleitverletzungen zwischen 5-10% (Rueger, Janssen et al. 2005). Ursächlich hierfür sind hauptsächlich Überdehnungs- oder Durchspießungsverletzungen durch Frakturfragmente. Bei klinischem Verdacht auf eine arterielle Gefäßläsion, u.a. bei fehlendem Radialispuls, sollte unmittelbar die A. brachialis dopplersonographisch dargestellt werden. Optimalerweise sollte auch eine Angiographie durchgeführt werden, allerdings nur wenn es hierdurch nicht zu nennenswerten Zeitverzögerungen kommt. Bei fehlendem Fluss in der A. brachialis muss unmittelbar die chirurgische Intervention erfolgen, in Kooperation mit der Gefäßchirurgie. (Rueger, Janssen et al. 2005)

## 1.6 Klassifikation von distalen Humerusfrakturen

Zur adäquaten Behandlung und Verlaufskontrolle sowie Auswahl der passenden Therapie ist eine Klassifikation von Frakturen von essenzieller Bedeutung (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Eine adäquate Frakturklassifikation muss bestimmte Anforderungen erfüllen: Definition des Schweregrads der Verletzung, Auswahl einer adäquaten Therapie abhängig vom Schweregrad, Einschätzung der Prognose sowie universelle Anwendbarkeit (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Zu den Klassifikationskriterien zählen der Frakturverlauf, die Dislokationsrichtung sowie das Ausmaß einer möglichen Gelenkbeteiligung (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) entwickelte ein Klassifikationssystem, welches auf einem *alphanumerischen* Code beruht (Müller, Allgöwer et al. 1977, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Zunächst beschränkte sich die Entwicklung der Klassifikation auf die langen Röhrenknochen, später folgte die Erweiterung auf Wirbelsäule, Becken und Acetabulum, Patella, Hand- und Fußskelett (Müller, Allgöwer et al. 1977, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Dies ermöglichte die Einführung einer einheitlichen, systematischen Einteilung von knöchernen Verletzungen des Skelettsystems und eines standardisierten therapeutischen Vorgehens.

Das Prinzip der AO-Klassifikation folgt einer Nummerierung der langen Röhrenknochen (s. Abbildung 2): Humerus=1 , Radius=2 , Femur= 3, Tibia=4 (Müller, Allgöwer et al. 1977, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Anschließend werden sie in jeweils 3 Segmente unterteilt und auch nummeriert: 1 für den proximalen Anteil, 2 für die Diaphyse und 3 für den distalen Anteil des Knochens (Müller, Allgöwer et al. 1977, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Dann erfolgt die Einteilung des Schweregrads der Fraktur. Alle Frakturen eines Knochensegments werden in drei Typen eingeteilt (A-C) (Müller, Allgöwer et al. 1977). Dabei wird zwischen gelenknahen und Schaftfrakturen unterschieden (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Jeder Frakturtyp wird in drei Gruppen eingeteilt: A1, A2, A3 | B1, B2, B3 | C1, C2, C3 (Müller, Allgöwer et al. 1977). Mit steigender Zahl nimmt der Schweregrad, die Komplexität und die Dislokationsgrad der Fraktur zu (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

Abschließend kann jede Gruppe noch in drei Untergruppen eingeteilt werden, die die charakteristischen Frakturvarianten beschreiben (Müller, Allgöwer et al. 1977). Somit ergeben sich 27 Untergruppen bzw. Frakturvarianten für jedes Knochensegment (Müller, Allgöwer et al. 1977) (s. Abbildung 2).

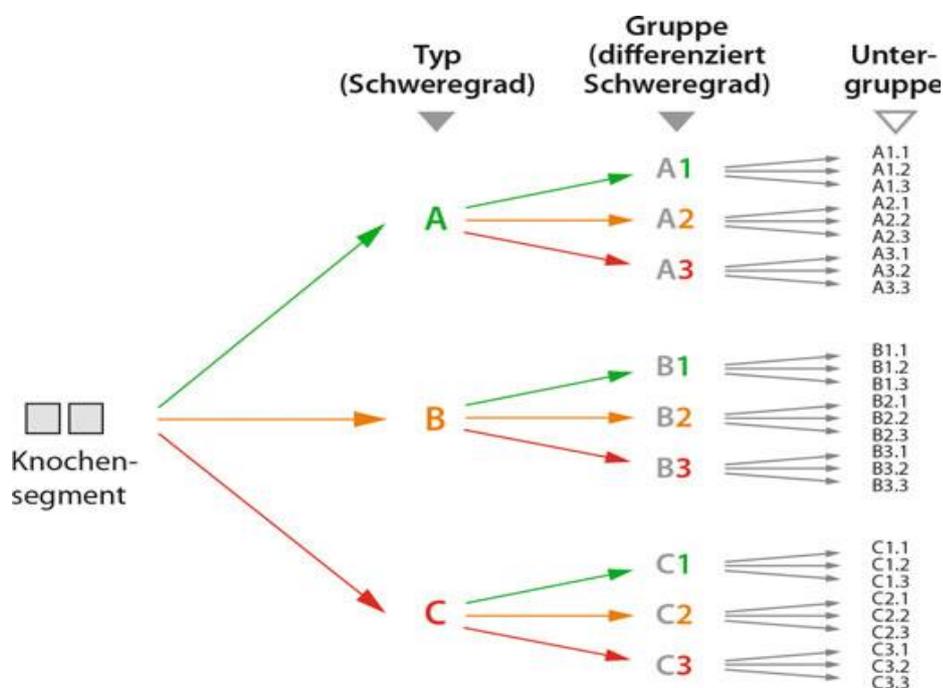


Abb. 2 "Kodierungsweg nach der alphanumerischen AO-Klassifikation" (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 1.5, S. 7)

Für den distalen Humerus ergibt sich gemäß der AO-Klassifikation die Codierung 13. Anschließend erfolgt die Unterteilung in

- A- extraartikulär
- B- partiell intraartikulär
- C- artikulär

Bei Typ AO 13-A Frakturen handelt es sich um Ausrissfrakturen der Humeruskondylen ohne Gelenkbeteiligung, die oftmals von einer Subluxations- oder Luxationsverletzung begleitet werden (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010) (s. Abbildung 3).

Die Frakturen vom Typ AO 13-B verlaufen partiell intraartikulär (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Betroffen sind entweder die mediale oder laterale Humeruskondyle mit Frakturausläufern in die Gelenkfläche (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Typ B1 und B2 Frakturen haben eine sagittale Verlaufsrichtung, Typ B3- Frakturen hingegen verlaufen in der Frontalebene (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010) (s. Abbildung 3).

Die distalen Humerusfrakturen vom C-Typ zeigen immer eine Gelenkbeteiligung und sind in der Mehrheit der Fälle Mehrfragmentfrakturen (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010) (s. Abbildung 3).

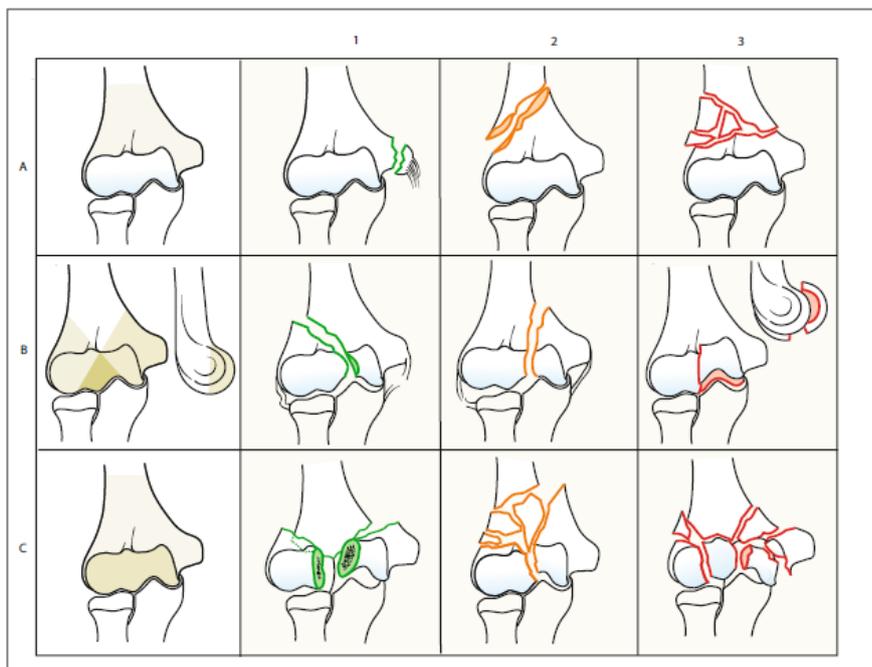


Abb. 3 „Extra- und intraartikuläre Frakturen, distaler Oberarm“ (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 4.1, Seite 43)

## 1.7 Therapie der distalen Humerusfrakturen

### 1.7.1 Therapieziel

Ziel einer jeglichen Therapie ist die Wiederherstellung der Stabilität und der vollen Belastbarkeit sowie eine schmerzfreie Funktion (Otto 2003).

Das Therapieziel bei gelenknahen Frakturen ist allgemein die anatomische Rekonstruktion der Gelenkflächen und die Wiederherstellung der physiologischen Knochenachsen (Bonnaire and Bula 2010). Bei der operativen Versorgung erfolgt dies über eine übungsstabile Osteosynthese, welche die sofortige postoperative Beübung und Mobilisation des Gelenks ermöglicht (Bonnaire and Bula 2010).

### 1.7.2 Indikationsstellung

Die distale Humerusfraktur kann aufgrund der komplexen Gelenkanatomie, den häufig sehr kleinen und schlecht fixierbaren Frakturteilen und der drohenden Gelenkversteifung bei langer Ruhigstellung eine gewisse Problematik bezüglich der Therapieindikation darstellen (Bail, Schwabe et al. 2015).

Grundsätzlich kann eine Fraktur konservativ oder operativ versorgt werden.

### 1.7.3 Konservative Therapie

Im Erwachsenenalter wird eine distale Humerusfraktur nur in Ausnahmefällen und in Zusammenschau aller möglichen Begleitzustände konservativ therapiert (Otto 2003). Hierzu zählen Kontraindikationen (Otto 2003, Rueger, Janssen et al. 2005, Beller, Maier et al. 2010, Lauder and Richard 2020) gegenüber einer offenen Intervention und dem hierfür benötigten Anästhesieverfahren (Rueger, Janssen et al. 2005). Zu nennen wären zum Beispiel eine fortgeschrittene Demenz der Patienten, Alkoholabusus, sehr fortgeschrittenes Alter, Multimorbidität sowie eingeschränkte bzw. nicht vorhandene Compliance (Otto 2003). Als weiteres Hindernis bezüglich einer OP-Indikation und des geeigneten Operationszeitpunkts haben sich z.B. Polytraumata, schwere Schädel-Hirn-Traumata oder weitere Gelenkbrüche bei schwerer Osteoporose gezeigt (Otto 2003).

Sollte sich für die konservative Therapie entschieden werden, so wird der Ellenbogen geschlossen zunächst unter Röntgenkontrolle unter Längszug reponiert (Rueger, Janssen et al. 2005). Dann erfolgt unter zunehmender Flexion die Reposition der nach dorsal dislozierten

Gelenkanteile (Rueger, Janssen et al. 2005). Der betroffene Ellenbogen wird nun für 6-8 Wochen (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010) mit einem gespaltenen Oberarmgips oder alternativ in einer Gipsschiene ruhiggestellt (Rueger, Janssen et al. 2005). Über die gesamte Behandlungsdauer sollte eine engmaschige Kontrolle des neurologischen Status sowie der peripheren Durchblutung und Motorik erfolgen (Rueger, Janssen et al. 2005). Durch die lange Ruhigstellung sind eine Einsteifung und somit irreversible Funktionseinschränkungen des Ellenbogens nicht zu vermeiden (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010, Bail, Schwabe et al. 2015).

Eine primär konservative Therapie einer distalen Humerusfraktur kommt eigentlich nur im Kindesalter in Betracht (Otto 2003). Voraussetzung dafür ist eine stabile und undislozierte Fraktur (Otto 2003).

#### 1.7.4 Operative Therapie

Die Indikation zur operativen Therapie steht in jedem Fall sicher bei einer dislozierten Fraktur, einer Luxationsfraktur, einer instabilen Mehrfragmentfraktur oder einer sekundären Dislokation bei zunächst konservativer Therapie ((AWMF)-Leitlinienkommission, (DGU) et al. 2017). Des Weiteren stellen begleitende Gefäß-Nerven-Schäden, eine offene oder pathologische Fraktur sowie Serienverletzungen einer Extremität absolute OP-Indikationen dar ((AWMF)-Leitlinienkommission, (DGU) et al. 2017). Mit der klinisch-radiologisch gesicherten Diagnose einer distalen Humerusfraktur beim Erwachsenen ist in der Regel auch die Indikation zu einer operativen Stabilisierung gegeben (Bonnaire and Bula 2010).

Die operative Versorgung ist die Therapie der Wahl einer distalen Humerusfraktur (Otto 2003, Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Bonnaire and Bula 2010, Bail, Schwabe et al. 2015, Lauder and Richard 2020). Um eine optimale Versorgung zu gewährleisten sollte eine distale Humerusfraktur so schnell wie möglich mittels offener Reposition und stabilisierender Osteosynthese versorgt werden (Rüedi and Murphy 2000, Rueger, Janssen et al. 2005). Das optimale Zeitfenster liegt zwischen 24 (Rueger, Janssen et al. 2005) bis maximal 72 Stunden (Wenzl, Raimund et al. 2007). Die offene Reposition und operative Versorgung ist somit nach Richtlinien der AO (Rüedi and Murphy 2000) das Standardverfahren zur definitiven Ausversorgung solcher Verletzungen (Rueger, Janssen et al. 2005, Lauder and Richard 2020). Dieser frühe Zeitpunkt ist nötig um die Einsteifungstendenz

des Gelenks durch vorläufige Ruhigstellung oder vorübergehender Transfixation so gering wie möglich zu halten (Otto 2003).

Indikationen zur absoluten Notfalloperation zu jeder Tages- und Nachtzeit (Bonnaire and Bula 2010, Kösters, Raschke et al. 2015) sind offene Frakturen (Otto 2003, Wenzl, Raimund et al. 2007, Bonnaire and Bula 2010, Kösters, Raschke et al. 2015), begleitende Gefäß-/Nervenverletzungen (Wenzl, Raimund et al. 2007, Bonnaire and Bula 2010, Kösters, Raschke et al. 2015), ein Kompartmentsyndrom (Bonnaire and Bula 2010), ein drohender Weichteilschaden (Wenzl, Raimund et al. 2007, Bonnaire and Bula 2010) oder eine schwere Dislokation (Bonnaire and Bula 2010).

Bei der operativen Versorgung distaler Humerusfrakturen stehen mehrere Osteosyntheseverfahren zur Auswahl (s. Tabelle 2):

|  |
|--|
| Kirschner-Drähte                         |
| Winkelstabile Plattenosteosynthese       |
| Nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese |
| Schraubenosteosynthese                   |
| Totalendoprothese                        |

*Tabelle 2. Osteosynthesemöglichkeiten am distalen Humerus*

Zusätzlich steht noch der Fixateur externe als vorübergehende Erstversorgung, insbesondere bei komplexen Frakturen oder bei Mehrfachverletzten (Polytrauma), zur Verfügung (Otto 2003).

Die Wahl der passenden Osteosynthese hängt maßgeblich von der Klassifikation der Fraktur ab (Rueger, Janssen et al. 2005, Kösters, Raschke et al. 2015). Zusätzlich zum Frakturtyp sind bei der Wahl der Osteosynthese auch noch der Weichteilschaden sowie diverse patientenindividuelle Parameter, wie Alter, Compliance und Begleiterkrankungen zu beachten (Kösters, Raschke et al. 2015).

## Plattenosteosynthese

Die operative Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese ist Mittel der Wahl, da diese als einziges Verfahren die benötigte Stabilität bietet (Rueger, Janssen et al. 2005). Die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch sowie die Wahl des Zugangs hängt wesentlich von dem vorliegenden Frakturtyp ab (Beller, Maier et al. 2010). Typ AO 13-A oder Typ AO 13- B- Frakturen können in Rückenlage über einen, je nach Frakturlokalisation, radialen oder ulnaren Zugang versorgt werden (Beller, Maier et al. 2010). Dieser Zugang liegt direkt über dem betroffenen Epicondylus (Otto 2003). Dabei muss beim ulnaren Zugang obligat der N. ulnaris dargestellt und geschont werden (Beller, Maier et al. 2010).

Komplexere Frakturen erfordern eine freie Einsicht ins Gelenk, die mit einem dorsalen Zugang mit gegebenenfalls Olecranonosteotomie erreicht wird (Otto 2003). Dazu wird der Patient üblicherweise in Bauchlage, alternativ aber auch in Seitenlage gelagert (Otto 2003). Der betroffene Arm wird ellenbogengelenksnah durch eine Rolle in 90° abgestützt, sodass der Unterarm nun frei hängt und beweglich ist (Otto 2003). In dieser Position ist eine intraoperative Beugung des Gelenks bis zu 120° möglich und bietet eine ausreichende Sicht in das Gelenk (Otto 2003).

Auch beim dorsalen Zugang ist zwingend der N. ulnaris in seinem Verlauf darzustellen und zu sichern (Beller, Maier et al. 2010). Bei schwerwiegenden, intraartikulären Frakturen wird nach der keilförmigen Olecranonosteotomie der M. triceps brachii unter Schonung des N. ulnaris vom Humerus abpräpariert (Beller, Maier et al. 2010). Anschließend werden beide Anteile hochgeklappt. Somit bietet dieser Zugang freie Sicht auf das Ausmaß der Gelenkzerstörung (Beller, Maier et al. 2010). Zunächst werden dann die Frakturfragmente mit Kirschner-Drähten markiert und nach anatomischer Rekonstruktion der Gelenkflächen über eine winkelstabile Doppelplattenosteosynthese fixiert (Beller, Maier et al. 2010).

Hierfür werden anatomisch vorgeformte, winkelstabile sogenannte Locking-Compression® (LCP®) (Otto 2003)- oder Limited-Contact Dynamic-Compression® (LCDCP®)-Plattenosteosynthesen (Dietz, Nowak et al. 2011) eingesetzt. Bis vor einigen Jahren kamen auch nicht-winkelstabile Rekonstruktionsplatten (Otto 2003) zum Einsatz. Dabei wird die Platte am ulnaren Pfeiler medial angesetzt, am radialen Pfeiler erfolgt die Anlage dorsal (Helfet and Hotchkiss 1990, Beller, Maier et al. 2010). Nach osteosynthetischer Versorgung erfolgte lange Zeit die Wiederherstellung des Olecranons mittels Zuggurtungsosteosynthese

(Beller, Maier et al. 2010). Die Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese gewinnt hier auch immer mehr an Bedeutung (Hackl, Rausch et al. 2018, Wagner, Hölz et al. 2018, Lauder and Richard 2020). Diese bietet mehr Stabilität und somit weniger Möglichkeit zur Ausbildung einer Pseudarthrose als die Zuggurtung, allerdings ist hier mit einer größeren Weichteilirritation zu rechnen (Hackl, Rausch et al. 2018, Wagner, Hölz et al. 2018).

### Ellenbogengelenkprothese

Früher kam die Ellenbogengelenkprothese zur primären Versorgung einer distalen Humerusfraktur (Gambirasio, Riand et al. 2001) nur als sogenanntes Rescue-Verfahren (Gambirasio, Riand et al. 2001, Beller, Maier et al. 2010) zum Einsatz. Dafür musste ein ausgeprägter Primärdefekt oder ein Sekundärschaden vorliegen (Beller, Maier et al. 2010).

Heute ist bei zutreffender Indikation (Patientenalter >75 Jahre, Knochendefekte, Osteoporose, artikuläre Trümmerfraktur, ausgeprägter degenerativer oder rheumatischer Gelenkschaden sowie vorhanden Compliance zur Belastungsrestriktion) die Implantation einer Ellenbogengelenkprothese durchaus eine Alternative zur standardisierten Plattenosteosynthese (Plath, Förch et al. 2018). Nichtsdestotrotz bleibt auch im geriatrischen Patientenkollektiv bei adäquater Knochenqualität der Einsatz der winkelstabilen Doppelplattenosteosynthese Mittel der Wahl (Plath, Förch et al. 2018).

### Schraubenosteosynthese

Mit einer isolierten Schraubenosteosynthese können epikondyläre Abrissfrakturen (Typ AO 13-A1) oder partiell intraartikuläre Frakturen mit frontalem Verlauf (Typ AO 13-B3) behandelt werden (Rueger, Janssen et al. 2005, Kösters, Raschke et al. 2015). Die Frakturfragmente werden nach offener Reposition bevorzugt mit 3,5 mm Schrauben fixiert (Rueger, Janssen et al. 2005). Alternativ können auch kanülierte 4,0 mm-Schrauben oder Herbert-Schrauben benutzt werden (Rueger, Janssen et al. 2005). Um eine ausreichende Rotationsstabilität zu gewährleisten erfolgt die Versorgung in Form einer Doppelschraubenosteosynthese (Mariusz Bonczar 2007).

### Fixateur externe

Die Anlage eines Fixateur externe ist nur eine temporäre Versorgungsmöglichkeit (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010, Bonnaire and Bula 2010, Kösters, Raschke et al. 2015) und wird nicht zur Endversorgung einer distalen

Humerusfraktur eingesetzt (Wenzl, Raimund et al. 2007). Gründe für die primäre Stabilisierung mittels Transfixation sind vor allem Notfallsituationen, in denen schnelles Handeln erforderlich ist, wie z.B. im Rahmen eines Polytraumas (Rueger, Janssen et al. 2005, Beller, Maier et al. 2010) oder einer offenen Fraktur mit Weichteilschaden (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010, Kösters, Raschke et al. 2015). Für einen gelenkübergreifenden Fixateur externe werden die Schanz-Schrauben sowohl in den lateralen Humerusschaft als auch in die dorsoradiale Ulna eingebracht (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010) und dann mit einem gelenkübergreifenden Stabsystem verbunden (Beller, Maier et al. 2010).

Die Ausversorgung sollte zum frühestmöglichen Zeitpunkt stattfinden, also sobald die Weichteilläsionen konsolidiert sind (Wenzl, Raimund et al. 2007). Allerspätstens sollte der Eingriff nach 21 Tagen erfolgt sein, da sonst die Reposition der Frakturfragmente und die Osteosynthese durch Narbenbildung erschwert sind (Rueger, Janssen et al. 2005).

Vor allem bei komplexen Ellenbogenluxationsfrakturen mit Bandinstabilität, komplexen Verletzungen der Gelenkfläche oder nach Arthrolyse bei versteiftem Ellenbogen kann als Nachbehandlung ein Bewegungsfixateur angebracht werden (Mader, Pennig et al. 2004). Dieser schützt die aufwendig rekonstruierte Gelenkfläche und erlaubt sowohl eine passive als auch aktive Bewegung des Gelenks, was einer erneuten Einsteifung durch Arthrofibrose vorbeugt (Mader, Pennig et al. 2004, Mittlmeier and Beck 2009).

#### Alternative Fixierungsmöglichkeiten

Die K-Draht-Spickung zählt zu den Minimalosteosynthesen (Rueger, Janssen et al. 2005) und ist vor allem dislozierten distalen Humerusfrakturen bei Kindern vorbehalten (Kösters, Raschke et al. 2015). Bei Erwachsenen bietet diese Technik keine ausreichende Stabilität und stellt somit kein adäquates Verfahren dar (Rueger, Janssen et al. 2005). Ein Nachteil von diesem Osteosyntheseverfahren ist außerdem, dass der betroffene Arm trotzdem 4-6 Wochen ruhiggestellt werden muss und dass die K-Drähte, die subkutan enden, durch Druckbelastung der Weichteile die Haut perforieren können (Kösters, Raschke et al. 2015).

Die zusätzliche Fixierung möglich verletzter Bandstrukturen mittels Fadenanker ist eigentlich der Behandlung von Weichteilläsionen, wie sie nach Luxationsverletzungen vorkommen, vorbehalten (Stannard, Schmidt et al. 2011). In manchen Fällen können somit dann auch

kleinere Knochendefekte im Rahmen einer Avulsionsverletzung, wie sie bei einer Typ AO 13-A1-Fraktur vorkommen, mitbehandelt werden (Stannard, Schmidt et al. 2011) .

### 1.7.5 Algorithmus zur operativen Versorgung einer distalen Humerusfraktur

In ihrer Arbeit erarbeiteten Beller al. (Beller, Maier et al. 2010) einen klinischen Behandlungsalgorithmus zum optimalen Ablauf der operativen Therapie einer distalen Humerusfraktur. Dieser Algorithmus ist in Abb. 4 (Beller, Maier et al. 2010) dargestellt.

Im Rahmen eines Polytraumas oder einer offenen Fraktur sollte von einer primären operativen Ausversorgung abgesehen werden und stattdessen ein Fixateur externe angebracht werden. Zur Wundversorgung empfehlen sie, je nach Weichteildefekt, einen primären Wundverschluss oder eine Versorgung mit einem Vakuumverband. Ein Fixateur externe kann auch die primäre Option für geschlossene Frakturen sein, je nach Ausmaß der Fraktur und begleitendem Weichteildruck. Der Fixateur externe gilt nur als Übergangslösung, die operative Ausversorgung mittels offener Reposition und Fixierung durch eine adäquate Osteosynthese sollte zeitnah angestrebt werden. (Beller, Maier et al. 2010)

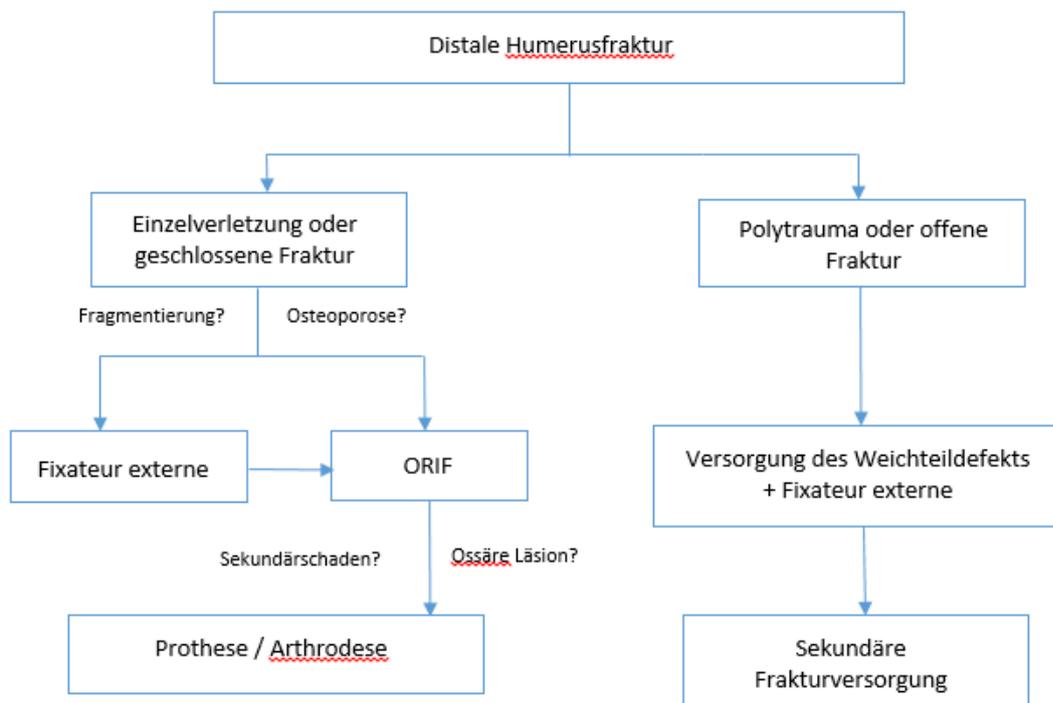


Abb. 4 „Algorithmus zur Behandlung von distalen Humerusfrakturen“, nach Beller et al. (Beller, Maier et al. 2010)

## 1.8 Aktuelle Behandlungsstrategien

### 1.8.1 Aktuelle Meinung zur operativen Versorgung

Aktuell stehen zwei Punkte der Behandlung zur Diskussion: die korrekte Plattenlage bei der Doppelplattenosteosynthese sowie die Wahl des korrekten Zugangs (Bail, Schwabe et al. 2015).

Bei der Plattenosteosynthese muss darauf geachtet werden, dass beide Pfeiler des Gelenkblocks stabil fixiert werden (Bail, Schwabe et al. 2015). Aktuell existieren zwei unterschiedliche Möglichkeiten, die Plattenosteosynthese anzubringen. Zum einen orthogonal und zum anderen parallel (Bail, Schwabe et al. 2015). Bei beiden Positionen werden winkelstabile Platten verwendet (Bail, Schwabe et al. 2015). Beide Varianten zeigen keine signifikanten Unterschiede in der Stabilität der Osteosynthese (Penzkofer, Hungerer et al. 2010, Got, Shuck et al. 2012, Bail, Schwabe et al. 2015). Somit ist es prinzipiell dem Operateur überlassen, welche Variante er anwenden will (Bail, Schwabe et al. 2015).

Die Olecranonosteotomie hat sich zwar als Standardzugang bei intraartikulären Verletzungen durchgesetzt, hat aber den Nachteil, dass ein bisher unverletzter Gelenkteil beschädigt werden muss, um Einsicht ins Gelenk zu erhalten (Bail, Schwabe et al. 2015). Der Knorpel wird bei diesem Eingriff allerdings nicht zusätzlich beschädigt (Bail, Schwabe et al. 2015). Der entscheidende Nachteil zeigt sich in der Gefahr der postoperativen Pseudoarthrose, die für einen wesentlichen Teil der Revisionseingriffe verantwortlich ist (Bail, Schwabe et al. 2015). Es gibt drei Zugänge mit unterschiedlicher Indikationsstellung, die die Olecranonosteotomie umgehen (Bail, Schwabe et al. 2015). Einer davon ist der Triceps-lifting-Zugang (Douglas, Cannada et al. 2012, Bail, Schwabe et al. 2015), welcher allerdings signifikant schlechtere funktionelle Ergebnisse liefert als die Olecranonosteotomie (Elmadag, Erdil et al. 2014, Bail, Schwabe et al. 2015). Ein weiterer möglicher Zugang ist der sogenannte „paratricipital approach“ (Ali, Hassanin et al. 2008, Bail, Schwabe et al. 2015). Dieser ist vor allem bei den einfacheren Frakturformen ohne Gelenkbeteiligung indiziert (Ali, Hassanin et al. 2008, Bail, Schwabe et al. 2015). Dabei wird nach Darstellung des N. ulnaris der M. triceps brachii an beiden Seiten angehoben und die supracondyläre Region dargestellt (Bail, Schwabe et al. 2015). Der große Vorteil hierbei ist, dass der M. anconeus und der M. triceps brachii dabei nur zur Seite abgedrängt werden und somit keine Muskulatur gespalten werden muss (Bail, Schwabe et al. 2015). Eine dritte Möglichkeit als Zugang ohne Osteotomie ist der „triceps-reflecting-Zugang“ nach Morrey (Müller, Kamineni et al. 2005, Bail, Schwabe et al. 2015),

welcher bei Frakturen mit geringer Gelenkbeteiligung oder bei Ellenbogenprothesen angewendet wird (Bail, Schwabe et al. 2015).

#### 1.8.2 Physiotherapeutische Nachbehandlung

Für eine erfolgreiche Nachbehandlung ist eine übungsstabile Osteosynthese von essenzieller Bedeutung (Beller, Maier et al. 2010). Mit der frühfunktionellen, passiven physiotherapeutischen Beübung sollte am besten schon am 2. postoperativen Tag begonnen werden (Beller, Maier et al. 2010, Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, DGOU- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie 2016). Dabei sollte die aktive Mobilisation des Schulter- und des Handgelenkes nicht vergessen werden (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Die aktive Pro- und Supination ist sofort möglich (DGOU- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie 2016). Die volle Belastbarkeit sollte nach 12 Wochen erreicht werden (Beller, Maier et al. 2010).

#### 1.8.3 Röntgenkontrollen

Nach operativer Versorgung von distalen Humerusfrakturen werden regelmäßige Röntgenkontrollen des Ellenbogens in 2 Ebenen, a.p. und seitlich, durchgeführt (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Die erste Röntgenkontrolle erfolgt unmittelbar postoperativ sowie ca. 6 Wochen nach der operativen Versorgung (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010). Bei Bedarf können noch mehrere Röntgenkontrollen über einen längeren Zeitraum erfolgen (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010).

#### 1.8.4 Komplikationen

Distale Humerusfrakturen weisen eine hohe Tendenz zu Komplikationen auf. So kann es iatrogen oder postoperativ zu Nervenschäden kommen (HELFET and SCHMELING 1993). Diese betreffen in 7-15% (HELFET and SCHMELING 1993) den N. ulnaris und zeigen in der Regel einen spontan reversiblen Verlauf (Beller, Maier et al. 2010).

Eine mögliche Komplikation, die zum vollständigen Funktionsverlust des Ellenbogens führen kann, sind periartikuläre Ossifikationen (Bail, Schwabe et al. 2015). Als besonders gefährdet gelten dabei Patienten mit intraartikulären Frakturen (22%), sowie mit Ellenbogenluxationsverletzungen (Douglas, Cannada et al. 2012). Als weiterer Risikofaktor hierfür gilt eine verspätete operative Versorgung (Douglas, Cannada et al. 2012, Bail, Schwabe et al. 2015). Als Ossifikationsprophylaxe wurde eine konsequente Nicht-steroidale

Antirheumatika (NSAR)-Therapie über einen Zeitraum von 2 Wochen postoperativ überlegt (Beller, Maier et al. 2010). Bail et. al (Bail, Schwabe et al. 2015) betrachteten diese Maßnahme allerdings kritisch und kamen zu dem Schluss, dass aufgrund der möglichen Nebenwirkungen der NSAR diese Prophylaxe nur Patienten mit besonders hohem Risiko vorbehalten sein sollte. Hierzu gehören z.B. Revisionseingriffe, eine verspätete operative Versorgung oder rezidivierende Luxationsverletzungen (Bail, Schwabe et al. 2015).

Das Auftreten einer Arthrose im postoperativen Verlauf wird in der Literatur in bis zu 80% der Fälle beschrieben (Huang, Chiu et al. 2004, Beller, Maier et al. 2010). Die Rate an Pseudarthrose nach distalen Humerusfrakturen wird mit einer Prävalenz von 10% angegeben (Huang, Chiu et al. 2004, Beller, Maier et al. 2010). Die Entwicklung wird durch eine insuffiziente Osteosynthese oder Achsfehlstellungen begünstigt (Bonnaire and Bula 2010).

Die postoperative Infektionsrate wird in der Literatur mit 5-10 % (Huang, Chiu et al. 2004, Beller, Maier et al. 2010) beschrieben.

#### 1.8.5 Prognose

Nach einer operativ behandelten distalen Humerusfraktur ist oftmals mit einem bleibenden Bewegungsdefizit zu rechnen (Bonnaire and Bula 2010). Als sehr gutes Ergebnis ist ein Bewegungsumfang von Extension/Flexion (E/F) 0°/10°/130° bei freier Rotation im Unterarm zu werten (Bonnaire and Bula 2010). Ein leichtes Streckdefizit zählt zu einer erfolgreichen Therapie (Bonnaire and Bula 2010). Für die Bewältigung alltäglicher Aktivitäten, wie z.B. Haare kämmen oder Essen und Trinken, ist die Beugung im Ellenbogen von essenzieller Bedeutung und stellt somit das Streckdefizit in den Hintergrund (Bonnaire and Bula 2010).

Allgemein wird die Prognose nach operativer Versorgung von distalen Humerusfrakturen durch die initiale Schwere der Verletzung sowie durch die Qualität der Reposition und der Osteosynthese bestimmt (Rueger, Janssen et al. 2005).

#### 1.9 Patient-reported outcome measures (PROM) und Elbow-Self-Assessment-Score (ESAS)

Das oberste Ziel einer jeglichen unfallchirurgischen Versorgung ist die bestmögliche Wiederherstellung der Funktion des betroffenen Körperteils (Müller, Greve et al. 2020). Für das Qualitätsmanagement in der Unfallchirurgie ist eine stetige Kontrolle der

Therapieergebnisse von großer Bedeutung (Müller, Greve et al. 2020). Einerseits ist dies durch die objektive Beurteilung der Röntgenkontrollen möglich (Müller, Greve et al. 2020). Standardmäßig wurden bisher in den Kontrolluntersuchungen Arzt-basierte Methoden (Longo, Franceschi et al. 2008) angewandt. Der behandelnde Arzt ermittelt im Rahmen der postoperativen Nachkontrolle mittels standardisierter Verfahren den Bewegungsumfang, Schmerzen, die Belastungsfähigkeit etc. (Müller, Greve et al. 2020). Hier kann allerdings ein Bias entstehen, wenn sowohl die Indikationsstellung, die Therapie und auch die Nachuntersuchung durch immer die gleiche Person erfolgen (Müller, Greve et al. 2020).

Um die postoperative Funktionalität und verschiedene Behandlungsoptionen adäquat vergleichen zu können, braucht man eine zuverlässige Möglichkeit der Erfassung der funktionellen Ergebnisse (Müller, Greve et al. 2020). Hierfür eignen sich besonders sogenannte Patient-reported outcome measures (PROM) in Form von Fragebögen (Müller, Greve et al. 2020, Niemeyer and Marx 2020). Hiermit kann der Patient subjektiv seinen eigenen Gesundheitsstatus ohne Befragung oder Untersuchung durch medizinisches Fachpersonal bewerten (Müller, Greve et al. 2020, Niemeyer and Marx 2020). Besonders im Bereich des Ellenbogens hat sich diese Art der Evaluation als beliebt herausgestellt (Beirer, Friese et al. 2015) und so wurden mehrere, spezifische Bewertungssysteme konzipiert (The, Reininga et al. 2013).

Allerdings gibt es oftmals keine Korrelation zwischen dem Ergebnis der ärztlichen Kontrolluntersuchungen im postoperativen Verlauf und der subjektiven Patientenzufriedenheit (Capuano, Poulain et al. 2011, Beirer, Friese et al. 2015). So können Patienten mit gleicher Zufriedenheit unterschiedliche Ergebnisse in unterschiedlichen Bewertungssystemen erzielen (Capuano, Poulain et al. 2011). Da es nun eine Vielzahl an Bewertungssystemen für den Ellenbogen gibt, diese jedoch oftmals nur bestimmte Aspekte der Ellenbogenfunktion berücksichtigen (Beaton and Richards 1996, Sathyamoorthy, Kemp et al. 2004, Longo, Franceschi et al. 2008) nimmt der Einfluss von Selbsteinschätzungstools als Bewertungskriterium (PROM) immer mehr zu (Longo, Franceschi et al. 2008, Beirer, Friese et al. 2015). Vorteile dieser PROM, also Scores die auf der Selbsteinschätzung des Patienten beruhen, sind vor allem die kostengünstige Möglichkeit eine Vielzahl an Patientendaten zu generieren ohne dass die Patienten persönlich zur Untersuchung erscheinen müssen (Beirer, Friese et al. 2015).

Die international am häufigsten genutzten Scores sind der „Mayo Elbow Performance Score“ (MEPS) (Broberg and Morrey 1987), der „Disabilities of the arm, shoulder and hand score“ (DASH) (Jester, Harth et al. 2005), der quick- DASH (Beaton, Wright et al. 2005) sowie der „American Shoulder and Elbow Surgeons-Score“ (ASES) (King, Richards et al. 1999). Allerdings steht noch eine Vielzahl anderer Scores zur Verfügung, mit welchen man versucht die Funktionalität des Ellenbogens adäquat zu quantifizieren (Longo, Franceschi et al. 2008).

Der MEPS ermöglicht die Beurteilung der Ellenbogenfunktion, indem der Fragebogen, auf Schmerzen, Stabilität des Ellenbogens sowie auf die mögliche Ausführung von Alltagsaktivitäten eingeht (Longo, Franceschi et al. 2008, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). Die erreichbaren Punkte beim MEPS liegen zwischen 5 und 100, wobei 100 dem Wert einer perfekten Funktionalität entspricht (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018).

Der DASH-Score besteht aus 30 Fragen und evaluiert die Beeinträchtigungen in Alltagsaktivitäten, Symptome und die Auswirkungen auf das Sozialleben (Longo, Franceschi et al. 2008, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). Hier liegen die Ergebnisse zwischen 0 und 100 Punkten, wobei 0 das bestmögliche Ergebnis ohne jegliche Einschränkung, darstellt (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018).

Der Elbow-Self-Assessment-Score ist ein neuartiger, validierter Score zur Erhebung des Outcomes von Ellenbogenverletzungen in Form eines PROM (Beirer, Friese et al. 2015, Müller, Greve et al. 2020). Er wurde so konzipiert, dass er nach bester Möglichkeit alle Aspekte einer Ellenbogenverletzung, also sowohl objektive als auch subjektive Parameter respektiert (Beirer, Friese et al. 2015). Außerdem wurde versucht die wichtigsten Punkte, in denen die anderen, international am häufigsten genutzten, Fragebögen (DASH und MEPS) übereinstimmen, einzuschließen (Beirer, Friese et al. 2015). Hieraus wurde dann ein Fragebogen entwickelt, um einen validierten Score zu erhalten, der alle wichtigen Gesichtspunkte zur Evaluation einer Ellenbogenverletzung enthält (Beirer, Friese et al. 2015).

## 2. Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Für Patienten, die eine distale Humerusfraktur erlitten haben und im Klinikum rechts der Isar behandelt worden sind, gibt es wenig Daten über die subjektive Patientenzufriedenheit nach ihrer Versorgung. Um den Patienten die optimale Therapie zu ermöglichen, ist das Ziel dieser Arbeit, die subjektive Einschätzung dieser Patienten bezüglich ihrer therapierten Verletzung mittels Elbow-Self-Assessment-Score (ESAS) zu erheben und herauszufinden, ob es einen direkten Zusammenhang zwischen der subjektiven Patientenzufriedenheit und dem objektiv erhobenen postoperativen Ergebnis gibt. Somit soll die Qualität der Versorgung von distalen Humerusfrakturen sowie die entsprechende Patientenzufriedenheit im Klinikum rechts der Isar erhoben und überprüft werden und in den Kontext mit der internationalen Literatur gesetzt werden.

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit beruht auf der Variation des ESAS bzw. der Patientenzufriedenheit abhängig von der Frakturschwere bzw. der applizierten Therapie. Es soll evaluiert werden, ob eine schwerwiegende distale Humerusfraktur auch automatisch zu einer geringeren Patientenzufriedenheit führt bzw. welche Faktoren im Rahmen der Therapie einer distalen Humerusfraktur Einfluss auf das gesamte postoperative Outcome nehmen.

## 3. Material und Methoden

### 3.1 Elbow-Self-Assessment-Score

ESAS steht für „Elbow-Self-Assessment Score“. Dieser Fragebogen (Beirer, Friese et al. 2015) dient als Grundlage für diese Studie und ermittelt die subjektive Patientenzufriedenheit nach der Versorgung einer ellenbogennahen Verletzung, welche folglich in einer Zahl zwischen 0-100 dargestellt wird. Hierbei werden die erreichten Werte in einen Prozentrang konvertiert, so entsprechen 100 Punkte einem ESAS von 100% und somit einem exzellenten Ergebnis (Beirer, Friese et al. 2015). Der ESAS ist ein neuartiger, validierter, patientenbezogener Fragebogen, welcher mit einem PCC (Pearson correlation coefficient) von 0,70 mit den Ergebnissen des MEPS und 0,84 mit den Ergebnissen von dem Quick-DASH-Score korreliert und somit gewisse Rückschlüsse auf die bisher standardmäßig benutzten Fragebögen bei Verletzungen des Ellenbogens zulässt (Beirer, Friese et al. 2015).

Der Fragebogen umfasst insgesamt 22 Fragen, aufgeteilt in 3 Unterkategorien; Schmerz (*Pain*) (Frage 1-7), Funktionalität des Ellenbogens (*Function*) (Fragen 8-17 sowie Frage 21 und 22) sowie die Lebensqualität des Patienten (*Quality of life*) (Frage 18-20).

Der vollständige Fragebogen („Münchener Ellenbogen Score“) inklusive Anweisungen befindet sich im Anhang.

Der endgültige ESAS-Punktwert wird mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$MW \text{ Pain} = \frac{\text{Werte der Fragen 1 bis 7}}{7}$$

$$MW \text{ Function} = \frac{\text{Werte der Fragen 8 bis 17,21,22}}{12}$$

$$MW \text{ Quality of life (QoL)} = \frac{\text{Werte der Fragen 18 bis 20}}{3}$$

$$\rightarrow X = \frac{MW\ Pain + MW\ Function + (MW\ QoL \times 2)}{4} \times 10$$

$$\rightarrow ESAS = 100 - X$$

Laut McHorney und Tarlov (McHorney and Tarlov 1995) liegt ein „Ceiling-effect“ bzw. „floor-effect“ vor, wenn mehr als 15% der Patienten den höchsten bzw. niedrigsten Score erreichen. Diese Definition wurde auch für die Ergebnisse dieser Arbeit übernommen.

### 3.2 Datenerhebung

Zur Ermittlung geeigneter Patientendaten wurde das klinikeigene SAP®-System nach der Codierung der Diagnose „Fraktur des distalen Humerus“ durchsucht.

Unter Berücksichtigung der definierten Einschlusskriterien (s. Tabelle 3) wurden die ausgewählten Patienten in einer Microsoft®- Excel®-Tabelle zusammengetragen.

|  |
|--|
| Vorliegen einer distalen Humerusfraktur Typ AO 13-A, 13-B oder 13-C                        |
| Die Verletzung ist unabhängig von Voroperationen oder Mehrfachverletzungen bzw. Polytrauma |
| Alter: 0-120 Jahre   |

*Tabelle 3. Einschlusskriterien*

Kinder oder alte Patienten waren nicht grundsätzlich von der Studie ausgeschlossen. Voraussetzung war die Fähigkeit, eigenständig und zuverlässig den eigenen Ellenbogen anhand des Fragebogens evaluieren zu können. Außerdem musste die entsprechende Fraktur streng nach den AO-Prinzipen in einer der 3 Kategorien (13-A-C) klassifiziert werden können. Die distale Humerusfraktur an sich stellt eine komplexe Verletzung dar. Um eine zuverlässige, eigenständige Evaluierung dieser Verletzung zu erhalten, wurden nur Patienten berücksichtigt mit einer isolierten distalen Humerusfraktur. Distale Humerusfrakturen im Rahmen komplexer Mehrfachverletzungen oder eines Polytraumas können nicht zuverlässig isoliert evaluiert werden und wurden somit nicht berücksichtigt.

Die definierten Ausschlusskriterien sind in Tabelle 4 festgehalten.

|  |
|--|
| Fraktur nicht streng nach AO 13- A-C klassifizierbar (z.B. Impressionsfrakturen, osteochondrale Abscherfrakturen etc.) |
|--|

|  |
|--|
| Isolierte Fraktur des Processus coronoideus  |
| Pathologische Fraktur  |
| Periprothetische Fraktur des distalen Humerus  |
| Suprakondyläre Humerusschaftfraktur (AO 12)  |
| Distale Humerusfraktur in Kombination mit Verletzungen des ipsilateralen Arms                  |
| Kombinationsverletzungen am Ellenbogen (z.B. Distale Humerusfraktur mit Radiusköpfchenfraktur) |
| Straftäter   |

Tabelle 4 Ausschlusskriterien

Zur Wahrung des Datenschutzes und zur Anonymisierung der Teilnehmer wurde ihnen eine fortlaufende Fallnummer vergeben. Diese Zahl war nur dem internen Studienteam bekannt und Dritten nicht zugänglich. Somit war eine sichere und anonyme Datenauswertung möglich. Sie ermöglichte jedoch auch im späteren Verlauf der Auswertung bei Bedarf eine interne Reidentifikation der Patienten, z.B. zur genauen Klassifikation der Fraktur und zur Erhebung studienrelevanter Daten. Diese sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

|   |
|---|
| Klassifikation der Fraktur nach AO 13- A/B/C  |
| Versorgung der Fraktur: operativ/ operativ+ Metallentfernung im Verlauf/konservativ   |
| Implantat: Osteosynthese (K-Draht, Schrauben, Platten (winkelstabil bzw. nicht-winkelstabil), Ankerfixierung, Totalendoprothese |
| Fixateur externe Ja/Nein (Datum)  |
| Revisionsoperation Ja/Nein (Datum)  |
| ESAS- Ergebnis in Punkten (0-100)   |
| Geschlecht (männlich/weiblich)  |
| Versichertenstatus (gesetzlich, privat, BG, andere)   |
| Unfall-Datum  |
| Operationsdatum   |
| Geburtsdatum  |
| Alter in Jahren   |
| Datum beim Ausfüllen des ESAS bzw. Aufnahme in die Studie   |
| Materialentfernung im Verlauf Ja/Nein (Datum)   |
| Datum der letzten Röntgenkontrolle  |

|                                     |
|-------------------------------------|
| Befund der letzten Röntgenkontrolle |
| ESAS-Auswertung                     |

*Tabelle 5 Erhobene Patientendaten*

Die Fragebögen wurden mit der jeweiligen Fallnummer versehen und zusammen mit einer Einverständniserklärung und einem Informationsblatt mit Erklärung der Studie den ausgewählten Patienten zugeschickt. Die Patienten wurden gebeten, im Falle einer Zustimmung, den Fragebogen sowie die Einverständniserklärung postalisch an unserer Abteilung zurückzuschicken. Die rückgesendeten Fragebögen bildeten die Grundlage für die Datenauswertung. Die Mindestrücklaufquote der Fragebögen wurde auf 35% festgesetzt.

Von der Auswertung ausgeschlossen wurden jene Patienten, welche sowohl postalisch als auch telefonisch nicht zu erreichen waren, kein Einverständnis erteilt haben, in Zwischenzeit verstorben oder durch Angehörige mittlerweile betreut waren und somit nicht mehr in der Lage eine eigenständige Evaluierung ihres Ellenbogens abzugeben.

Auch die isolierte Metallentfernung nach operativer Versorgung in einem anderen Krankenhaus wurde berücksichtigt. Dazu wurden die Patienten zunächst extern bei vorliegender distaler Humerusfraktur behandelt und stellten sich dann im Verlauf im Klinikum rechts der Isar vor. Hier wurde dann die Indikation zur Metallentfernung gestellt und durchgeführt.

### 3.3 Datenauswertung

#### 3.3.1 Radiologische Auswertung

Anhand der vorhandenen Röntgen- und CT-Bilder, inklusive schriftlichem radiologischen Befund, sowie in Durchsicht der OP-Berichte und Arztbriefe der Patienten wurden die Frakturen nach den AO-Kriterien klassifiziert bzw. die beschriebene Klassifikation übernommen. Zu diesem Zeitpunkt kam es auch zum Ausschluss jener Patienten, bei denen Frakturmuster nicht zu den Kriterien für eine distale Humerusfraktur passte, welche aber im klinikinternen SAP®-System unter der Diagnose einer distalen Humerusfraktur geführt wurden (s. Tabelle 4, Ausschlusskriterien).

#### 3.3.2 Statistik

Anhand der relevanten, zu untersuchenden Daten wurde eine entsprechende Microsoft®-Excel® Tabelle erstellt. Die Auswertung dieser Arbeit erfolgte mit den Programm Microsoft®-Excel® und IBM® SPSS®.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die distalen Humerusfrakturen nach AO klassifiziert und eingeteilt, da die einzelnen Gruppen aufgrund der unterschiedlichen Schweregrade der Verletzung nicht direkt miteinander verglichen werden können.

Die untersuchten Daten erlaubten nur eine rein deskriptive Auswertung der Ergebnisse, sodass keine statistische Auswertung aus dem IBM® SPSS® Programm in diese Arbeit übernommen wurde. Die Ergebnisse des ESAS für die Frakturschweregrade wurden mit dem Mittelwert angegeben, ebenso das Alter der Patienten.

## 4 Ergebnisse

Anhand der Suche im klinikinternen SAP®-System konnten 311 Patienten mit einer ICD-10 Codierung „Fraktur des distalen Humerus“ ermittelt werden. Eingeschlossen in die Studie wurden somit alle distalen Humerusverletzungen der letzten 12 Jahre, der älteste Fall stammt aus dem Jahr 2003, der letzte eingeschlossene Fall war im Jahr 2015.

146 Patienten schickten ihre Fragebögen inklusive Einverständniserklärung zurück. 124 Patienten waren nicht erreichbar. 19 Patienten verweigerten die Teilnahme an der Studie, 20 Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung verstorben und bei 2 Patienten stellte sich im Laufe der Auswertung eine irrtümliche ICD-10 Codierung heraus (s. Abb. 5). Diese wurden unmittelbar ausgeschlossen.

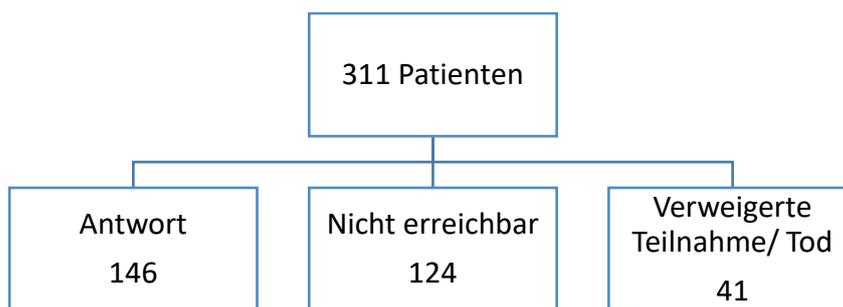


Abb. 5 Flowchart zur graphischen Darstellung der Zusammenstellung des Patientenkollektivs

Das endgültige Studienkollektiv enthielt nun 96 Patienten und somit 96 distale Humerusfrakturen, streng klassifizierbar nach AO 13-A-C.

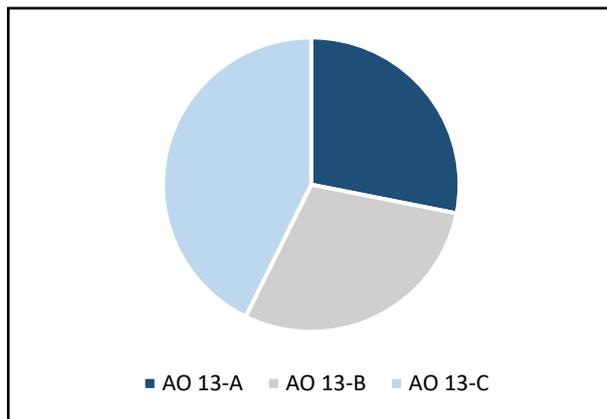
60 Patienten waren weiblich und 36 männlich. Das durchschnittliche Alter betrug 54 Jahre beim Erleiden der Verletzung.

### 4.1 Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO

Von den insgesamt 96 Frakturen waren 27 extraartikulär (Typ AO 13-A), 28 teilweise intraartikulär (Typ AO 13-B) und 41 Frakturen betrafen die gesamte Gelenkfläche (Typ AO 13-C) (s. Tabelle 6, Grafik 1).

|               | <b>AO 13-A</b> | <b>AO 13-B</b> | <b>AO 13-C</b> |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Anzahl</b> | 27             | 28             | 41             |

Tabelle 6. Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO



Grafik 1 Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO

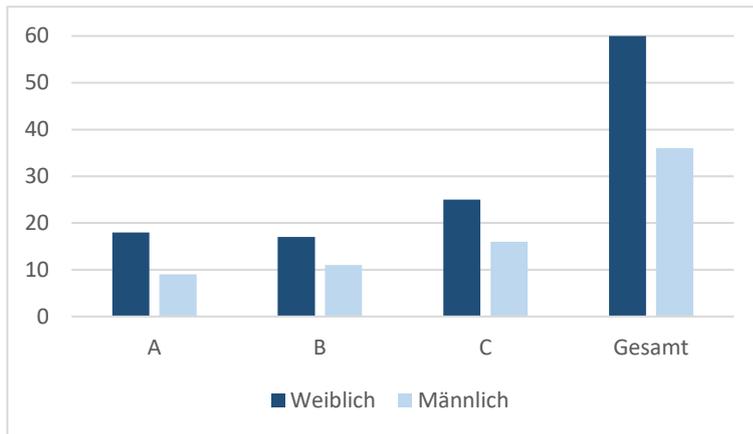
#### 4.2 Geschlechterverteilung und Einfluss auf den ESAS

Insgesamt umfasste das Patientenkollektiv 60 Frauen und 36 Männer, dies entsprach jeweils einem Prozentsatz von 62,5% bzw. 37,5%. Frauen waren also 1,6-Mal häufiger von einer distalen Humerusfraktur betroffen als Männer (s. Tabelle 7, Grafik 2).

Das durchschnittliche Alter der Patienten lag im Mittel bei  $54,4 \pm 21,1$  Jahren (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). Der jüngste Patient war 12 Jahre, der Älteste 90 Jahre alt (s. Tabelle 7). Die weiblichen Patientinnen hatten ein Durchschnittsalter von  $58,7 \pm 22,1$  Jahren (*12-90 Jahre*), die männlichen Patienten waren durchschnittlich  $47 \pm 17,4$  Jahre alt (*18-80 Jahre*).

|                 | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>Gesamt</b> |
|-----------------|----------|----------|----------|---------------|
| <b>Weiblich</b> | 18       | 17       | 25       | 60            |
| <b>Männlich</b> | 9        | 11       | 16       | 36            |
| <b>Alter</b>    | 48       | 48,5     | 61       | 54,4          |

Tabelle 7 Angabe der Anzahl der m/w Patienten pro Gruppe sowie Durchschnittsalter pro Gruppe



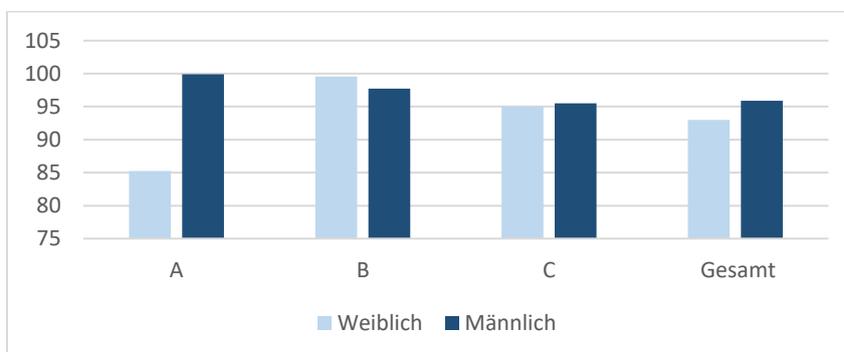
Grafik 2 Darstellung der Verteilung der m/w Patienten pro Gruppe in absoluten Zahlen

#### 4.2.1 Einfluss des Geschlechts auf den ESAS

Insgesamt betrachtet schnitten Männer und Frauen in der Auswertung des ESAS annähernd gleich ab, die Männer erzielten diskret bessere ESAS-Werte und beschrieben somit eine höhere subjektive Zufriedenheit (s. Tabelle 8, Grafik 3). Nach Unterteilung der Frakturen nach AO erzielten beider Geschlechter für AO 13-B und -C Frakturen annähernd ähnliche ESAS-Punkte, nur die Ergebnisse der AO 13-A Frakturen zeigten eine höhere Differenz (85,26 bzw. 99,93 Punkte) (s. Tabelle 8, Grafik 3). Zu beachten gilt allerdings, dass die Anzahl an weiblichen Patientinnen jeweils deutlich in der Überzahl war (s. Tabelle 7).

|          | A     | B     | C     | Gesamt |
|----------|-------|-------|-------|--------|
| Weiblich | 85,26 | 99,55 | 95,04 | 93     |
| Männlich | 99,93 | 97,75 | 95,52 | 95,89  |

Tabelle 8. ESAS-Mittelwerte für die AO-Gruppen aufgeteilt nach Geschlecht

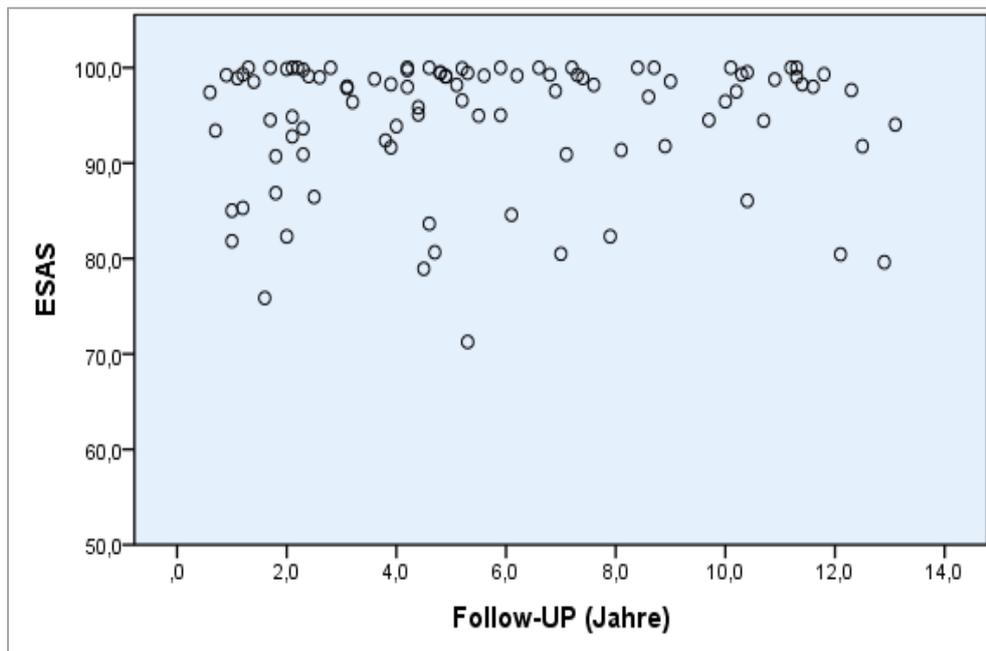


Grafik 3 Grafische Darstellung der ESAS-Mittelwerte nach Geschlecht

### 4.3 Variation der ESAS-Scores im Zeitraum des Follow-Up

Als Follow-Up-Zeit wurde in dieser Studie der Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt der operativen Versorgung und dem Tag der Beantwortung des Fragebogens gewählt. Dieser betrug im Durchschnitt 3,34 Jahre (0,6 Jahre -13,1 Jahre).

Über die gesamte Follow-Up-Zeit lagen die ESAS-Werte in einem sehr hohen Punktebereich (90-100 Punkte) mit einzelnen Ausreißern. Somit war aufgrund der regelmäßigen Verteilung der Ergebnisse kein Zeittrend in der Verteilung der Scores zu erkennen (s. Grafik 4).



Grafik 4 Darstellung der Verteilung der ESAS-Scores über den Zeitraum des Follow-Up's (OP-Zeitpunkt- Studienzeitpunkt) (Punktdiagramm)

### 4.4 Postoperativer Bewegungsgrad (ROM)

Die Referenz- bzw. Sollwerte für die Beweglichkeit eines gesunden Ellenbogens stellen sich wie folgt dar:

|                   |      |
|-------------------|------|
| <b>Flexion</b>    | 140° |
| <b>Extension</b>  | 0°   |
| <b>Pronation</b>  | 90°  |
| <b>Supination</b> | 90°  |

Tabelle 9. Referenzwerte für die maximale ROM (Aumüller, Aust et al. 2010)

Im Vergleich zu den Referenzwerten (s. Tabelle 9) kam es bei den posttraumatisch veränderten Ellenbögen in dieser Studie im Durchschnitt zu mehr oder weniger ausgeprägten Bewegungsdefiziten (s. Tabelle 10).

Posttraumatisch bzw. postoperativ zeigten sich vor allem mehr oder weniger ausgeprägte Flexions- und Extensionsdefizite. Je schwerwiegender die Fraktur, desto weniger konnte der Ellenbogen nach der operativen Versorgung flektiert werden. Das durchschnittliche Flexionsdefizit aller distalen Humerusfrakturen lag bei 15° (Flexion 125° ± 28°). Die Patienten mit extraartikulären Frakturen zeigten kein Extensionsdefizit. Mit zunehmender Beteiligung der Gelenkfläche stieg auch das residuale Streckdefizit. Bei Beteiligung der Gelenkfläche zeigte sich im Durchschnitt ein zurückbleibendes Streckdefizit von 14° ± 23°.

Pro- und Supination waren im Durchschnitt nur gering eingeschränkt. Die Pronation zeigte bei den AO B-Frakturen ein durchschnittliches Defizit von 2°, bei den AO 13 A- und C-Frakturen ein durchschnittliches Defizit von 7°. Die Supination zeigte für die AO 13 A- und B-Frakturen ein durchschnittliches Defizit von 2°, die AO 13 C-Frakturen ergaben ein Defizit von 5° (s. Tabelle 10).

|               | <b>Flexion</b> | <b>Extension</b> | <b>ROM E/F</b> | <b>Pronation</b> | <b>Supination</b> | <b>ROM Pro/Sup</b> |
|---------------|----------------|------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| <b>13 A</b>   | 133° ± 19°     | 0° ± 0°          | 133 °          | 83° ± 24°        | 88° ± 9°          | 171°               |
| <b>13 B</b>   | 130 ± 15°      | 14° ± 21°        | 116°           | 88° ± 9°         | 88° ± 9°          | 176°               |
| <b>13 C</b>   | 115° ± 38°     | 24° ± 27°        | 91°            | 83° ± 19°        | 77° ± 23°         | 163°               |
| <b>Gesamt</b> | 125° ± 28°     | 14° ± 23°        | 111°           | 84° ± 18°        | 83° ± 17°         | 171°               |

Tabelle 10. Durchschnittliche ROM + Standardabweichung für die AO-Gruppen und das Gesamtkollektiv

#### 4.5 Vergleich des ESAS abhängig von der gewählten Therapie

##### 4.5.1 Anzahl der jeweiligen Therapieoptionen aufgeteilt nach AO

Zu den Behandlungsmöglichkeiten zählten in dieser Studie die konservative, die operative Therapie sowie gegebenenfalls die zusätzliche elektive Metallentfernung im Verlauf. Der Vollständigkeit halber wurden auch die alleinigen Metallentfernung mit initialer, externer Versorgung erfasst.

Die konservative Behandlung war sehr selten (n=3) Therapie der Wahl und fand nur bei Frakturen mit niedrigem Schweregrad (AO 13-A) Anwendung. Die operative Therapie war bei distalen Humerusfrakturen eindeutig Methode der Wahl. Jeweils 19 Patienten mit AO 13- A

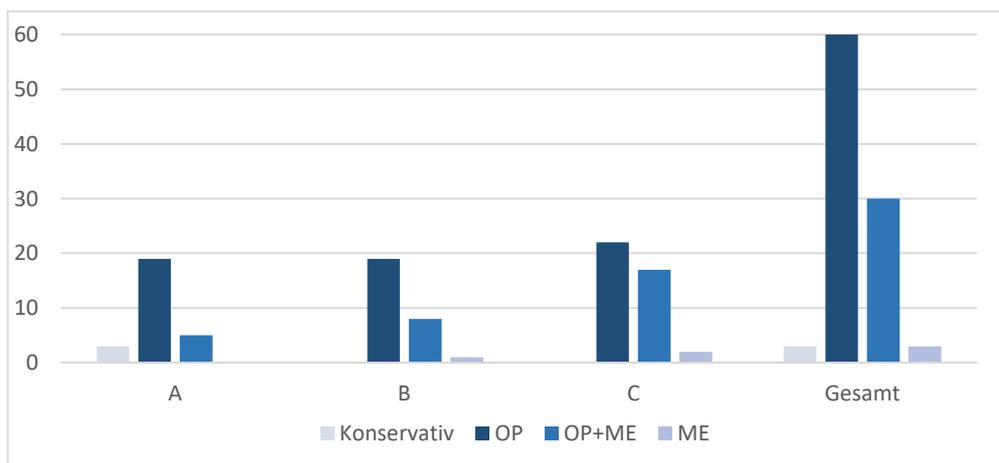
und B- Frakturen und 22 Patienten mit AO 13-C Frakturen wurden operativ versorgt (s. Tabelle 11, Grafik 5)).

Eine andere Therapieform stellte die Kombination aus Operation und einer Entfernung der Osteosynthese bzw. Metallentfernung (ME) im Verlauf (OP+ ME) dar. Die durchschnittliche Zeit bis zur elektiven Metallentfernung nach initialer Versorgung betrug 1,4 Jahre bzw. 16,8 Monate. Die Anzahl der Metallentfernungen stieg mit dem steigenden Grad der Frakturschwere und dem Ausmaß der Gelenkbeteiligung. Bei AO 13 C-Frakturen wurde deutlich mehr Materialentfernungen durchgeführt als bei den einfachen AO 13 A-Frakturen (n=17 bzw. n=5).

Die alleinige Metallentfernung nach operativer Versorgung ex domo fand bei einer AO 13-B und bei zwei 13-C-Frakturen statt (s. Tabelle 11).

|                    | AO A | AO B | AO C | Gesamt | % Gesamtergebnis |
|--------------------|------|------|------|--------|------------------|
| <b>Konservativ</b> | 3    | 0    | 0    | 3      | 3,13%            |
| <b>OP</b>          | 19   | 19   | 22   | 60     | 62,50%           |
| <b>OP+ME</b>       | 5    | 8    | 17   | 30     | 31,25%           |
| <b>ME</b>          | 0    | 1    | 2    | 3      | 3,13%            |

Tabelle 11. Verteilung der Behandlungsarten innerhalb der Gruppen (AO-Klassifikation A-C)



Grafik 5 Grafische Darstellung der Verteilung der Behandlungsarten

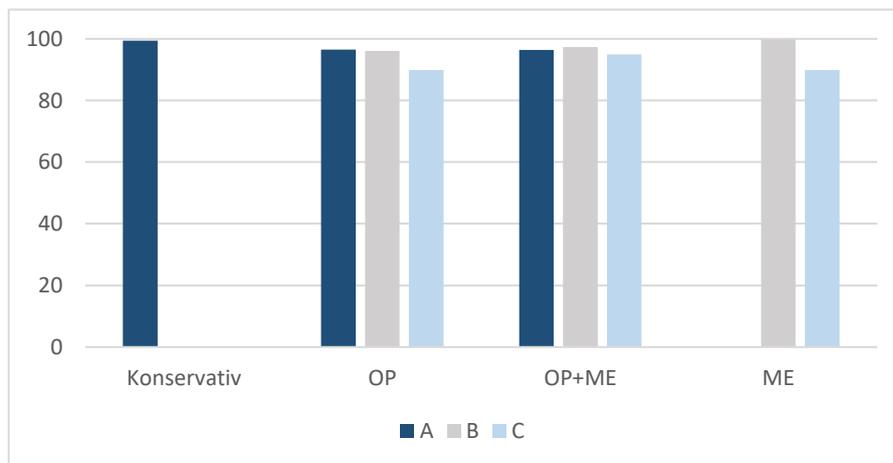
#### 4.5.2 Vergleich des ESAS für die Therapieoptionen aufgeteilt nach AO

Für jeden Frakturtyp, klassifiziert nach AO, und jede Therapieoption wurden die ESAS-Mittelwerte ausgerechnet. Die Mittelwerte fast aller Untergruppen lagen allgemein im sehr hohen Punktebereich (90-100 Punkte) (s. Tabelle 12, Grafik 6).

Die Option der operativen Versorgung der Fraktur mit anschließender Entfernung der Osteosynthese nach ausreichender knöcherner Konsolidierung erzielte die höchsten ESAS-Mittelwerte und somit die höchste subjektive Zufriedenheit. Die vollständig intraartikulär gelegenen Frakturen (Typ AO 13-C) zeigten tendenziell geringere ESAS-Mittelwerte, unabhängig vom Verbleib der Osteosynthese (s. Tabelle 12).

|                    | <b>AO A</b> | <b>AO B</b> | <b>AO C</b>   |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Konservativ</b> | 99,4 ± 0    |             |               |
| <b>OP</b>          | 96,56 ± 5,6 | 96,06 ± 5,4 | 89,89 ± 8,8   |
| <b>OP+ME</b>       | 96,37 ± 5,8 | 97,37 ± 2,8 | 94,98 ± 4,8   |
| <b>ME</b>          |             | 99,8 ± 0    | 89,87 ± 13,33 |

Tabelle 12. ESAS- Mittelwerte für die Behandlungsarten in den jeweiligen AO-Gruppen



Grafik 6 Verteilung der ESAS- Mittelwerte für die Behandlungsarten

## 4.6 Einfluss der AO-Klassifikation auf den ESAS

### 4.6.1. Gesamtes Patientenkollektiv ohne spezifische Aufteilung

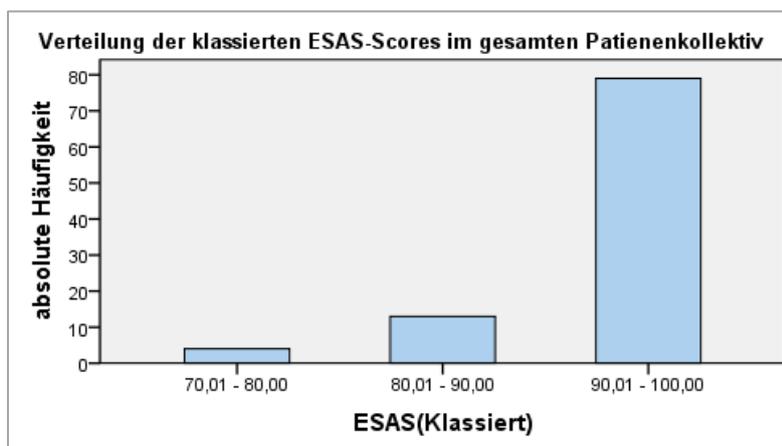
Insgesamt, ohne spezifische Aufteilung nach AO, betrug der errechnete ESAS-Mittelwert für die distalen Humerusfrakturen  $94,69 \pm 6,7$  Punkte (s. Tabelle 13). Der maximal erreichte ESAS lag bei 100 Punkten, der schlechteste Wert betrug 71,26 Punkte (s. Tabelle 13 und Grafik 7). 82,3% der ESAS-Werte (79 Patienten) lagen zwischen 90-100 Punkten. 13,5% der Werte (13 Patienten) lagen zwischen 80-90 Punkten und 4,2% der Scores (4 Patienten) befanden sich zwischen 70-80 ESAS-Punkten (s. Tabelle 14, Grafik 7).

|                                 | ESAS    |
|---------------------------------|---------|
| Gültig                          | 96      |
| Fehlend                         | 0       |
| Mittelwert                      | 94,6930 |
| Standardfehler des Mittelwertes | ,68494  |
| Standardabweichung              | 6,71103 |
| Minimum                         | 71,26   |
| Maximum                         | 100,00  |

Tabelle 13. Statistische Angaben zu den einzelnen Werten des ESAS im Gesamtpatientenkollektiv

| ESAS          | Häufigkeit | Prozent     |
|---------------|------------|-------------|
| 70-80         | 4          | 4,2%        |
| 80-90         | 13         | 13,5%       |
| 90-100        | 79         | 82,3%       |
| <b>Gesamt</b> | <b>96</b>  | <b>100%</b> |

Tabelle 14. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores insgesamt



Grafik 7 Grafische Darstellung der Tabelle 14 (Häufigkeit in absoluten Zahlen)

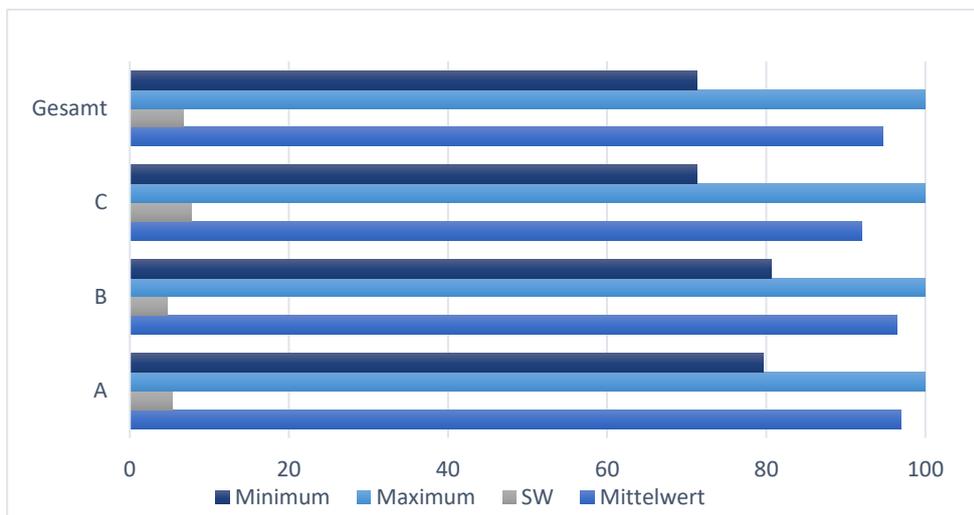
#### 4.6.2. Darstellung des ESAS unter Berücksichtigung der AO-Einteilung

Nach Unterteilung der Frakturen nach AO wurde in jeder Gruppe der Maximalwert im ESAS von 100 Punkten und somit die höchste subjektive Patientenzufriedenheit erreicht.

In der Gruppe der AO 13-A Frakturen betrug der Minimalwert  $96,9 \pm 5,34$  Punkte. Für AO 13-B Frakturen lag der Mittelwert bei  $96,48 \pm 4,7$  und für die AO 13-C bei  $92,05 \pm 7,8$  Punkte (s. Tabelle 15 und Grafik 8).

|                   | AO A            | AO B            | AO C            | Gesamt         |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <b>Mittelwert</b> | $96,9 \pm 5,34$ | $96,48 \pm 4,7$ | $92,05 \pm 7,8$ | $94,7 \pm 6,7$ |
| <b>Maximum</b>    | 100             | 100             | 100             | 100            |
| <b>Minimum</b>    | 79,61           | 80,65           | 71,26           | 71,26          |

Tabelle 15. Vergleich der ESAS-Mittelwerte, Maxima und Minima innerhalb der AO-Klassifikation und dem Gesamtkollektiv



Grafik 8 Vergleich der ESAS- Werte innerhalb der AO-Klassifikation

#### 4.6.2.1 AO

##### 13-A

Insgesamt 27 Patienten präsentierten Frakturen des Typ AO 13-A. Der Mittelwert in dieser Gruppe betrug  $96,84 \pm 5,3$  Punkte. Der maximal erreichte ESAS lag bei 100 Punkten, der schlechteste Wert betrug 79,61 Punkte (s. Tabelle 16). An der Normalverteilungslinie der Grafik 9 ist zu erkennen, dass die Scores nicht normalverteilt waren. 88,8% der Scores (24 Patienten) lagen im Bereich der 90-100 Punkte. 7,4% (2 Patienten) lagen im Bereich der 80-90 Punkten und 3,7% (1 Patient) im Bereich der 70-80 ESAS-Punkte (s. Tabelle 17, Grafik 9).

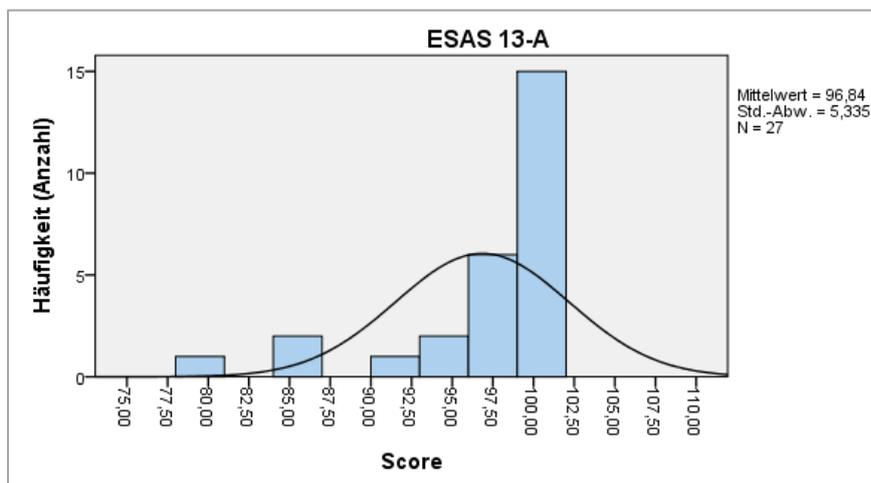
|      |         |    |
|------|---------|----|
| ESAS | Gültig  | 27 |
|      | Fehlend | 0  |

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| Mittelwert                      | 96,8438 |
| Standardfehler des Mittelwertes | 1,02681 |
| Standardabweichung              | 5,33547 |
| Minimum                         | 79,61   |
| Maximum                         | 100,00  |

Tabelle 16. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in AO 13-A

| ESAS AO 13-A  | Häufigkeit | Prozent     |
|---------------|------------|-------------|
| 70-80         | 1          | 3,7%        |
| 80-90         | 2          | 7,4%        |
| 90-100        | 24         | 88,8%       |
| <b>Gesamt</b> | <b>27</b>  | <b>100%</b> |

Tabelle 17. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-A

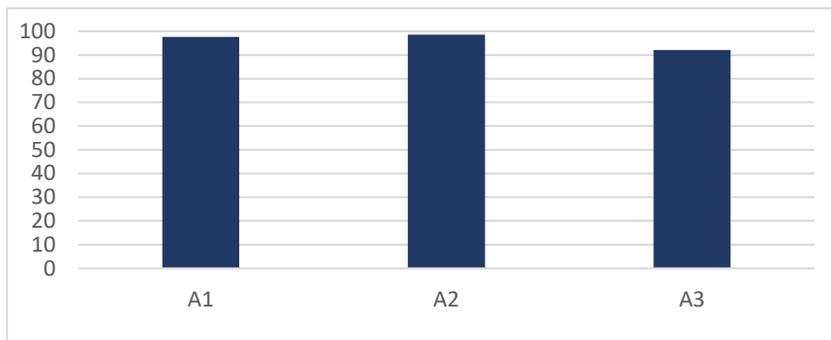


Grafik 9 Grafische Darstellung der Tabelle 17 (Häufigkeit in absoluten Zahlen)

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die AO 13-A Frakturen nochmal nach Schweregrad aufgeteilt. Für die AO 13-A1-Frakturen (17 Patienten, 62,91%) war der ESAS-Mittelwert  $97,71 \pm 3,8$  Punkte. Für die AO 13-A2 Gruppe (5 Patienten, 18,5%) betrug der ESAS-Mittelwert  $98,55 \pm 2,4$  und für die AO 13-A3 Frakturen (5 Patienten, 18,5%)  $92,19 \pm 9,3$  Punkten (s. Tabelle 18 und Grafik 10). Auch hier zeigt die komplexeste Fraktur die geringste subjektive Patientenzufriedenheit.

|                   | A1              | A2              | A3              |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mittelwert</b> | $97,71 \pm 3,8$ | $98,55 \pm 2,4$ | $92,19 \pm 9,3$ |
| <b>Anzahl</b>     | 17 (62,91%)     | 5 (18,5%)       | 5 (18,5%)       |

Tabelle 18. ESAS-Mittelwerte für die AO- Klassifikation A1-A3



Grafik 10 Grafische Darstellung der ESAS- Mittelwerte der AO- Klassifikation A1-A3, s. Tabelle 18

4.6.2.2 AO

### 13-B

Insgesamt 28 Patienten zeigten Frakturen vom Typ AO 13-B. Der ESAS-Mittelwert in dieser Gruppe lag bei  $96,48 \pm 4,7$  Punkte. Der maximal erreichte ESAS lag bei 100 Punkten, der schlechteste Wert betrug 80,65 Punkte (s. Tabelle 19). An der Normalverteilungslinie der Grafik 9 ist zu erkennen, dass die Scores nicht normalverteilt waren.

92,8% der Scores (26 Patienten) lagen im Bereich der 90-100 Punkte. 7,14% (2 Patienten) lagen im Bereich der 80-90 Punkte, keiner erreichte einen Wert unter 80 Punkten (s. Tabelle 20, Grafik 11).

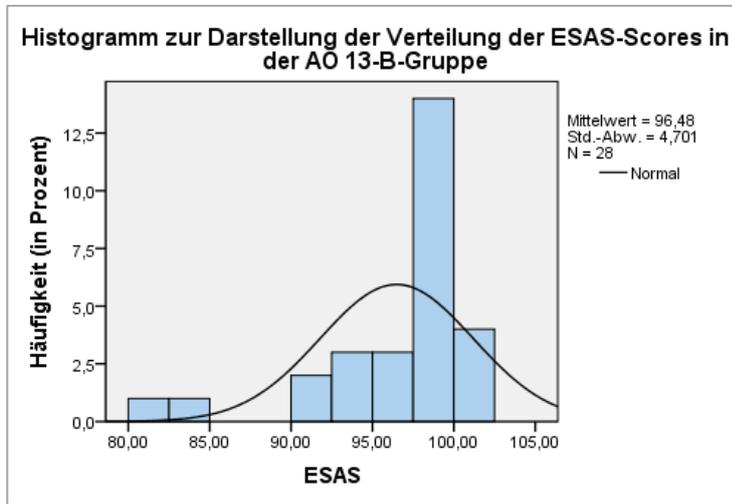
|                                 |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|
| ESAS                            | Gültig  | 28      |
|                                 | Fehlend | 0       |
| Mittelwert                      |         | 96,4835 |
| Standardfehler des Mittelwertes |         | ,88848  |
| Standardabweichung              |         | 4,70142 |
| Minimum                         |         | 80,65   |
| Maximum                         |         | 100,00  |

Tabelle 19. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in AO 13-B

| ESAS AO 13-B | Häufigkeit | Prozent |
|--------------|------------|---------|
| 70-80        | 0          | 0%      |
| 80-90        | 2          | 7,14%   |

|               |    |       |
|---------------|----|-------|
| <b>90-100</b> | 26 | 92,8% |
| <b>Gesamt</b> | 28 | 100%  |

Tabelle 20. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-B

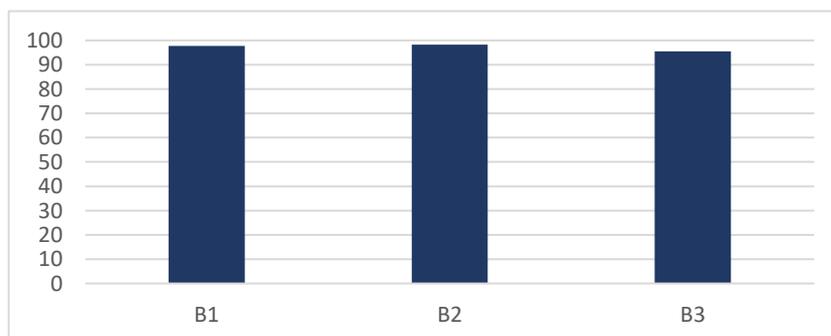


Grafik 11 Grafische Darstellung der Tabelle 20

Für die Frakturen vom Typ AO 13-B1 (6 Patienten, 21,42%) lag der ESAS-Mittelwert bei  $97,73 \pm 1,9$  Punkten. In der AO 13-B2 Gruppe (5 Patienten, 17,8%) lag der ESAS-Mittelwert bei  $98,22 \pm 2,5$  Punkten und in der Gruppe der Typ AO 13-B3 Frakturen (17 Patienten, 60,71%) bei  $95,52 \pm 5,7$  Punkten (s. Tabelle 21, Grafik 12).

|                   | <b>B1</b>       | <b>B2</b>       | <b>B3</b>       |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mittelwert</b> | $97,73 \pm 1,9$ | $98,22 \pm 2,5$ | $95,52 \pm 5,7$ |
| <b>Anzahl</b>     | 6 (21,42%)      | 5 (17,8%)       | 17 (60,71%)     |

Tabelle 21 ESAS-Mittelwerte für die AO- Klassifikation B1-B3



Grafik 12 Grafische Darstellung der ESAS- Mittelwerte der AO- Klassifikation B1-B3, s. Tabelle 21

#### 4.6.2.3 AO 13-C

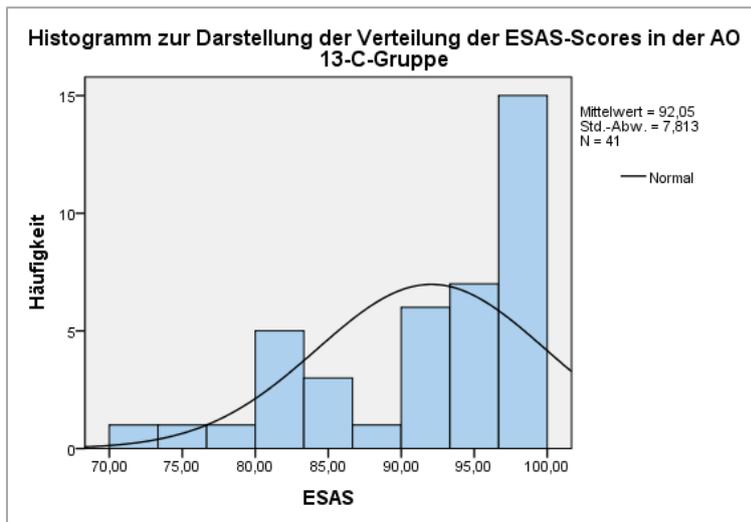
41 Patienten konnte eine Fraktur vom Typ AO 13-C zugeordnet werden. Der Mittelwert in dieser Gruppe betrug  $92,05 \pm 7,8$  Punkte. Der maximal erreichte ESAS lag bei 100 Punkten, der schlechteste Wert bei 71,26 Punkten (s. Tabelle 22). An der Normalverteilungslinie der Grafik 11 ist zu erkennen, dass die Scores nicht normalverteilt waren. 70,7% der Scores (29 Patienten) lagen im Bereich von 90-100 Punkten. 21,9% (9 Patienten) lagen im Bereich der 80-90 Punkten und 7,3% (3 Patienten) zwischen 70-80 ESAS-Punkten (s. Tabelle 23, Grafik 13).

|                                 |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|
| ESAS                            | Gültig  | 41      |
|                                 | Fehlend | 0       |
| Mittelwert                      |         | 92,0538 |
| Standardfehler des Mittelwertes |         | 1,22011 |
| Standardabweichung              |         | 7,81252 |
| Minimum                         |         | 71,26   |
| Maximum                         |         | 100,00  |

*Tabelle 22. Statistische Angaben zu ESAS-Werten in 13-C*

| ESAS AO 13-C  | Häufigkeit | Prozent |
|---------------|------------|---------|
| <b>70-80</b>  | 3          | 7,3%    |
| <b>80-90</b>  | 9          | 21,9%   |
| <b>90-100</b> | 29         | 70,7%   |
| <b>Gesamt</b> | 41         | 100%    |

Tabelle 23. Absolute Häufigkeit und Prozentzahl der Scores bei AO 13-C

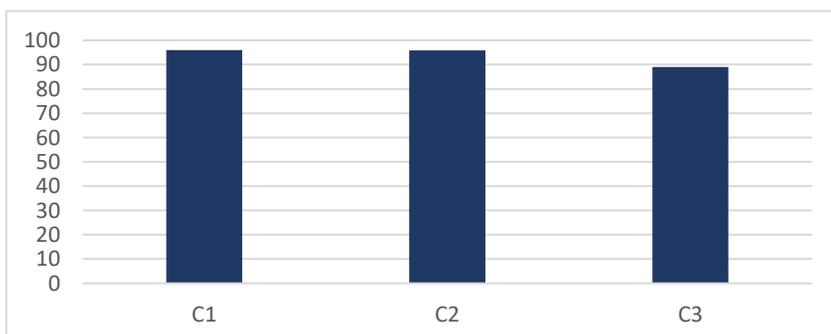


Grafik 13 Grafische Darstellung der Tabelle 23

Anschließend wurden die AO 13-C Frakturen nach detailliertem Schweregrad aufgeteilt. Für die AO 13-C1 Frakturen (6 Patienten, 14,63%) lag der ESAS-Mittelwert bei  $95,93 \pm 4,9$  Punkten. In der AO 13-C2 Gruppe (12 Patienten, 29,26%) betrug der ESAS  $95,88 \pm 4,2$  Punkte und in der Gruppe der Typ AO 13-C3 Frakturen (23 Patienten, 56,09 %)  $89,04 \pm 8,6$  Punkte (s. Tabelle 24, Grafik 14).

|                   | <b>C1</b>       | <b>C2</b>       | <b>C3</b>       |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mittelwert</b> | $95,93 \pm 4,9$ | $95,88 \pm 4,2$ | $89,04 \pm 8,6$ |
| <b>Anzahl</b>     | 6 (14,63%)      | 12 (29,26%)     | 23 (56,09%)     |

Tabelle 24 ESAS-Mittelwerte für die AO-Klassifikation C1-C3



#### 4.7 Einfluss der Wahl der Osteosynthese auf den ESAS

Die konservative Behandlung bei distalen Humerusfrakturen spielte in diesem Patientenkollektiv nur eine untergeordnete Rolle, ebenso wie die Kirschner-Draht-Osteosynthese oder die alleinige Fadenankerrefixation (s. Tabelle 25). Die operative Versorgung mittels Osteosynthese war die Therapie der Wahl. Die Schraubenosteosynthese wurde hauptsächlich bei den AO 13-B-Frakturen (n=20) eingesetzt, während die winkelstabilen Plattenosteosynthese vor allem bei den AO 13-C-Frakturen zum Einsatz kamen (n=29) (s. Tabelle 25). Die endoprothetische Versorgung war in 7 Fällen indiziert, davon wurden 6 Ellenbogenprothesen primär bei intraartikulären Trümmerfrakturen eingesetzt, eine als Revisionseingriff.

Die ESAS-Mittelwerte wurden sowohl abhängig von der ausgewählten Osteosynthese als auch getrennt für die Fraktуреinteilung nach AO erhoben. Die Grafiken 15-17 in diesem Abschnitt beziehen sich auf die Werte in Tabelle 25 und 26.

Die Kirschnerdrahtosteosynthese, die Ankerrefixation als auch die konservative Behandlung wiesen sehr hohe ESAS-Mittelwerte (über 95 Punkte, s. Tabelle 26) und somit eine, für dieses Studienkollektiv, sehr hohe Patientenzufriedenheit auf. Allerdings gilt die Beachtung der geringen Fallzahlen und die damit einhergehende geringe Reliabilität der errechneten Mittelwerte. Die Indikation zur Schraubenosteosynthese bestand hauptsächlich für die extra- und partiell intraartikulären Frakturen. Die ESAS-Mittelwerte lagen auch hier im sehr hohen Punktebereich (90-100), das Outcome für die AO 13-B Frakturen war gering schlechter als für die AO 13-A Frakturen. Die intraartikulären AO 13-C Frakturen erzielten eine sehr hohe subjektive Patientenzufriedenheit mit  $99,64 \pm 0,5$  Punkten, bei allerdings sehr geringer Fallzahl (s. Tabelle 25).

Die winkelstabile Plattenosteosynthese wurde am häufigsten indiziert, vor allem bei intraartikulären, distalen Humerusfrakturen (s. Tabelle 25). Hier zeigte sich ein ESAS-Mittelwert von  $90,74 \pm 7,85$  Punkten. Bei den extra- und partiell intraartikulären Frakturen lagen die ESAS-Mittelwerte, wie erwartet, höher (jeweils über 95 Punkte, s. Tabelle 26, Grafik 15-17). Die nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese zeigte eine sehr niedrige Fallzahl (s. Tabelle 25). Der Einzelfall der so versorgten AO 13-A- Fraktur ergab einen ESAS von 79,61 Punkten. Der ESAS-Mittelwerte der AO 13-C-Frakturen lag bei  $98,58 \pm 0,78$  Punkten (s. Tabelle

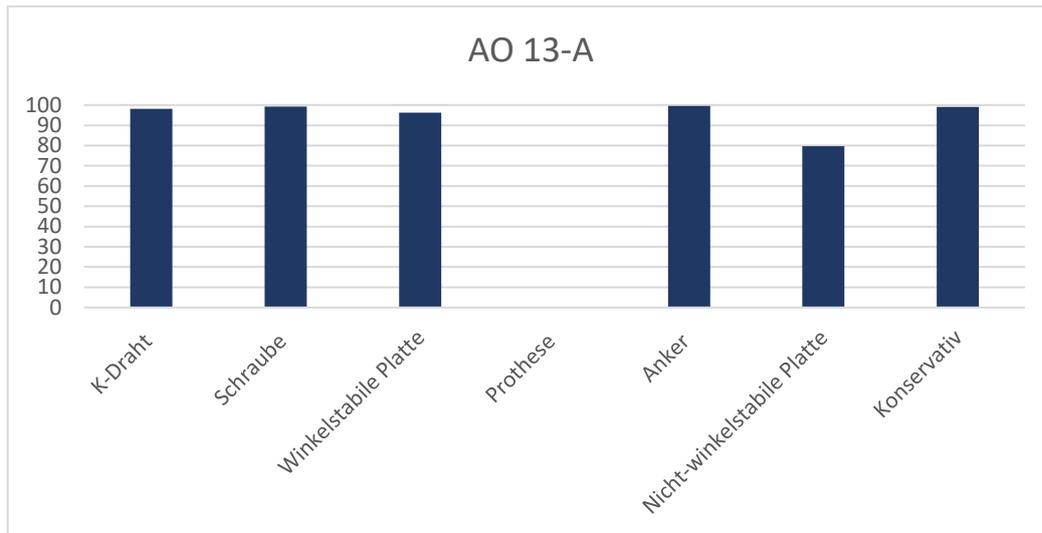
26). Im Falle der total-endoprothetischen Versorgung ergab sich für die AO 13-B-Fraktur ein ESAS-Wert von 92,37 Punkten, für die AO 13-C-Frakturen lag der ESAS- Mittelwert bei  $95,44 \pm 10,16$  Punkten (s. Tabelle 26, Grafik 15-17).

| Material                                 | AO 13A | AO 13B | AO 13C | Gesamt |
|--|--------|--------|--------|--------|
| K-Draht                                  | 1      | 0      | 0      | 1      |
| Schraube                                 | 10     | 20     | 2      | 32     |
| Winkelstabile Plattenosteosynthese       | 9      | 7      | 29     | 45     |
| Prothese                                 | 0      | 1      | 6      | 7      |
| Anker                                    | 3      | 0      | 0      | 3      |
| Nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese | 1      | 0      | 4      | 5      |
| Konservativ                              | 3      | 0      | 0      | 3      |

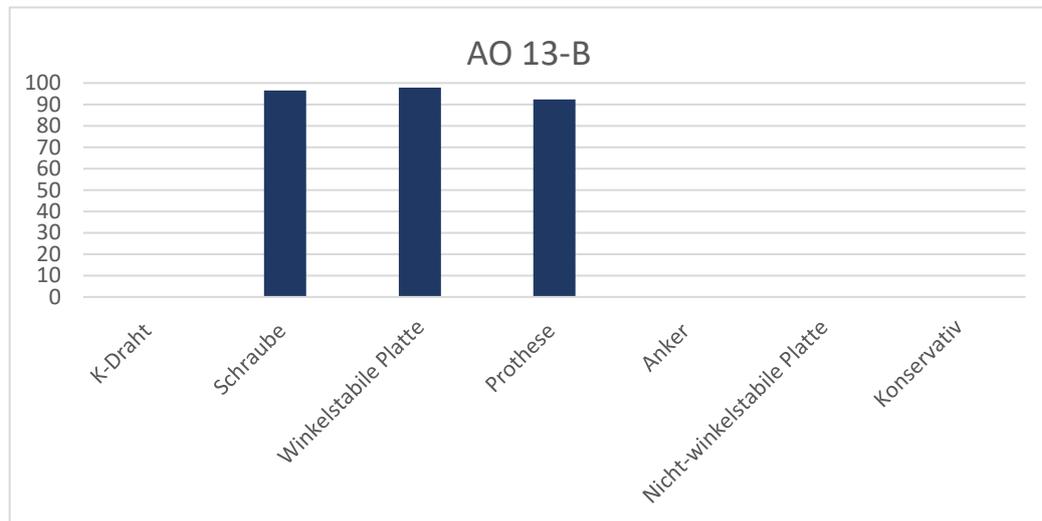
Tabelle 25. Anzahl der jeweiligen Osteosynthesen pro AO-Gruppe und im Gesamtkollektiv

|  | AO A             | AO B             | AO C              | Gesamt           |
|--|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| K-Draht                                  | $98,19 \pm 0$    |                  |                   | $98,19 \pm 0$    |
| Schraube                                 | $99,26 \pm 4,3$  | $96,48 \pm 5,34$ | $99,64 \pm 0,5$   | $96,81 \pm 4,88$ |
| Winkelstabile Plattenosteosynthese       | $96,30 \pm 5,32$ | $97,88 \pm 1,95$ | $90,74 \pm 7,85$  | $93,01 \pm 7,10$ |
| Prothese                                 |                  | $92,37 \pm 0$    | $95,44 \pm 10,16$ | $90,41 \pm 9,31$ |
| Anker                                    | $99,56 \pm 0,9$  |                  |                   | $99,04 \pm 0,99$ |
| Nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese | $79,61 \pm 0$    |                  | $98,58 \pm 0,78$  | $94,76 \pm 8,49$ |
| Konservativ                              | $99,1 \pm 0,9$   |                  |                   | $99,1 \pm 0,9$   |

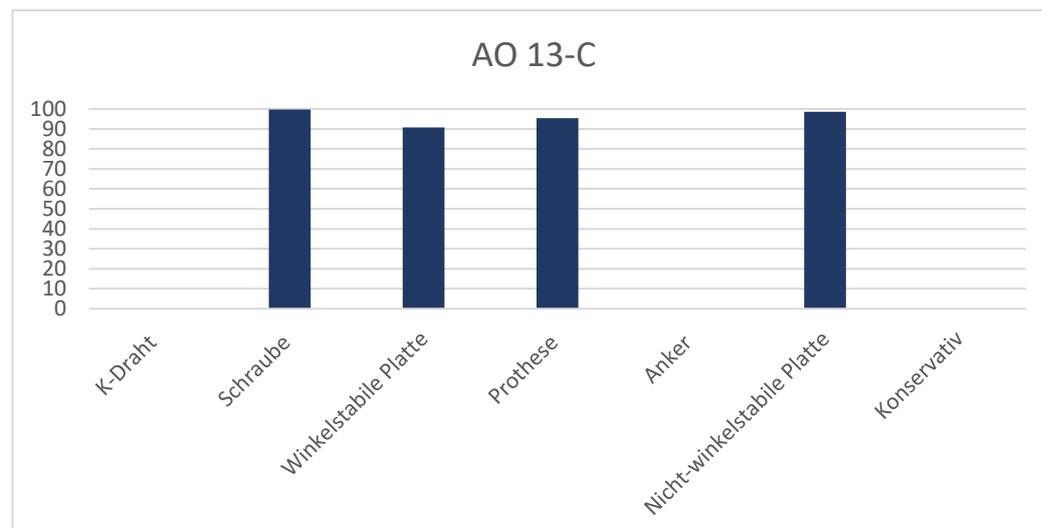
Tabelle 26 ESAS-Mittelwerte für die jeweilige Osteosynthese in den AO-Gruppen und im Gesamtkollektiv



Grafik 15 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei A-Frakturen



Grafik 17 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei B-Frakturen



Grafik 16 Darstellung der ESAS-Mittelwerte für die benutzten Implantate bei C-Frakturen

## 4.8 Operative Versorgung von distalen Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese

### 4.8.1 Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese auf das Outcome bei distalen Humerusfrakturen

Bevorzugt wurden die winkelstabilen Plattenosteosynthesen bei intraartikulären Typ AO 13-C Frakturen benutzt, in der vorgestellten Studie bei 29 Patienten. Die folgend genannten Werte beziehen sich auf die Tabelle 27. Den höchsten Punktwert des ESAS und somit die höchste subjektive Patientenzufriedenheit bei der Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese erzielten die Patienten mit AO 13-B Frakturen mit  $97,88 \pm 1,95$  Punkten. Der ESAS für die AO 13-C-Frakturen war mit  $90,74 \pm 7,85$  Punkten erwartungsgemäß niedriger, aber immer noch sehr gut.

Die AO 13-A Frakturen behielten nur ein geringes Flexionsdefizit. Die funktionelle Beweglichkeit war bei 90% der Patienten (9/10) vollständig erhalten. Je mehr von der Gelenkfläche des distalen Humerus betroffen war, desto mehr Bewegungsdefizite wurden von den Patienten angegeben. Für die AO 13-B Frakturen ergab sich im Durchschnitt ein Flexionsdefizit von  $20^\circ$ . Die geringste Flexion lag bei  $90^\circ$ , der maximale Wert bei  $140^\circ$ . Die durchschnittliche Extension für die Patienten mit Typ AO 13-B Frakturen lag bei  $19^\circ$ . Durchschnittlich ergab sich für die AO 13-B Frakturen eine Flexion-Extensions-Bewegung von  $101^\circ$ . Pronation und Supination waren lediglich gering eingeschränkt jeweils  $84^\circ$ .

Die AO 13- C-Frakturen präsentierten die größten Bewegungseinschränkungen. Die Flexion betrug im Durchschnitt  $119^\circ$ , die Extension lag bei  $25^\circ$ . Somit ergab sich eine durchschnittliche Flexion-Extensionsbewegung von  $94^\circ$ . Die Pronation ( $83^\circ$ ) fiel in diesem Fall besser aus als die Supinationsbewegung ( $80^\circ$ ).

| <b>Winkelstabile Plattenosteosynthese</b> | <b>AO A</b>      | <b>AO B</b>     | <b>AO C</b>    |
|---|------------------|-----------------|----------------|
| <b>Anzahl</b>                             | 9                | 7               | 29             |
| <b>ESAS-Mittelwert (Punkte)</b>           | 96,30 ± 5,32     | 97,88 ± 1,95    | 90,74 ± 7,85   |
| <b>Alter (Jahre; Zeitpunkt der OP)</b>    | 70,2             | 54,28           | 56,64          |
| <b>Durchschnittliche Flexion</b>          | 138° (120°-140°) | 120° (90°-140°) | 119° (0°-140°) |
| <b>Durchschnittliche Extension</b>        | 0°               | 19° (0°-45°)    | 25° (0°-45°)   |
| <b>Durchschnittliche ROM</b>              | 138°             | 101° (45°-140°) | 94° (20°-140°) |
| <b>Durchschnittliche Pronation</b>        | 90°              | 84° (45°-90°)   | 83° (45°-90°)  |
| <b>Durchschnittliche Supination</b>       | 90°              | 84° (45°-90°)   | 80° (45°-90°)  |

Tabelle 27. Outcome für die Versorgung der distalen Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese

#### 4.8.2 Vergleich des Outcomes von winkelstabilen und nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthesen bei distalen Humerusfrakturen

Die Anzahl der nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthese (oder Rekonstruktionsplatte) war, im Vergleich zu der winkelstabilen Plattenosteosynthese, deutlich niedriger (s. Tabelle 28). Diese wurden allerdings nur in den Jahren 2003-2005 eingesetzt und anschließend durch die winkelstabilen Systeme abgelöst.

Die Patienten waren in beiden Kohorten annähernd gleich alt. Auch die Beugung des verletzten Ellenbogens war, unabhängig von der Einteilung nach AO, sowohl für die winkelstabile als auch für die Rekonstruktionsplatten annähernd gleich. Das Streckdefizit fiel für die Rekonstruktionsplatten wesentlich größer aus als für die winkelstabilen Plattenosteosynthesen. Die detaillierten Werte finden sich in Tabelle 28. Im Vergleich der Gesamtbeweglichkeit (ROM) wies die nicht-winkelstabile Versorgung vor allem für die AO 13-A Frakturen eine wesentlich größere Bewegungseinschränkung auf (ROM 138° vs. ROM 0°). Zu beachten gilt hier allerdings, dass es sich hier um einen Einzelfall handelte. Die AO 13-C

Frakturen, welche mit nicht-winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgt wurden, zeigten sich vor allem Einschränkungen in der Supination von durchschnittlich 67° (Normwert 90°).

|                   | Winkelstabile<br>Plattenosteosynthese |                 |                 | Nicht-winkelstabile<br>Plattenosteosynthese |      |            |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|---|------|------------|
|                   | AO A                                  | AO B            | AO C            | AO A  | AO B | AO C       |
| <b>Anzahl</b>     | 9                                     | 7               | 29              | 1   |      | 4**        |
| <b>ESAS</b>       | 96,30 ±<br>5,32                       | 97,88 ±<br>1,95 | 90,74 ±<br>7,85 | 79,61 ±0                                    |      | 98,58±0,78 |
| <b>Alter</b>      | 70,2                                  | 54,28           | 56,64           | 77  |      | 57,7       |
| <b>Flexion</b>    | 138°                                  | 120°            | 119°            | 140°  |      | 125°       |
| <b>Extension</b>  | 0°                                    | 19°             | 25°             | 140°  |      | 33,7°      |
| <b>ROM</b>        | 138°                                  | 101             | 94°             | ∅*  |      | 91,3°      |
| <b>Pronation</b>  | 90°                                   | 84              | 83°             | 0°  |      | 90°        |
| <b>Supination</b> | 90°                                   | 84              | 80°             | 45°   |      | 67,5°      |

\*Einsteifung des Ellenbogens in 140° Flexion \*\* Rekonstruktionsplatten wurden zwischen 2003 und 2005 benutzt.

Tabelle 28. Ergebnisse für nicht-winkelstabile Plattenosteosynthesen im Vergleich zur winkelstabilen Platte

#### 4.9 Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese vs. Totale

##### Ellenbogenprothese auf den ESAS für Frakturen Typ AO 13-C

Als Ellenbogenprothese wurden den Patienten die Modelle von Latitude® als Hemiprothese (6-mal) sowie eine Coonrad-Morrey® totale Ellenbogenprothese (einmal) implantiert. Die winkelstabile Plattenosteosynthese wurde deutlich öfter implantiert (n=29) als die Ellenbogenprothese (n=6). Die jeweiligen ESAS- Mittelwerte lagen sehr nahe beieinander (90,74 ± 7,85 Punkte für die Plattenosteosynthese und 95,44 ± 10,16 Punkte für die Prothese) (s. Tabelle 29).

Im Vergleich der funktionellen Ergebnisse wurden für winkelstabile Plattenosteosynthesen deutlich bessere Ergebnisse erhoben als für die Ellenbogenprothese (s. Tabelle 29). Im Durchschnitt betrug die Flexion bei Patienten mit winkelstabiler Plattenosteosynthese 119°. Patienten mit Ellenbogenprothese erreichten durchschnittliche 83°. Allerdings fiel das Extensionsdefizit bei den Ellenbogenprothesen geringer aus (15°). Sowohl für die Osteosynthese als auch für die Prothese war die Pronation nur diskret eingeschränkt (83° bzw.

82°, s. Tabelle 29). Selbiges gilt für die Supination, die jedoch größere Einschränkungen aufwies (80° vs. 75°).

Die Patienten, die mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt wurden, waren im Durchschnitt deutlich jünger als die Patienten, die eine Ellenbogenprothese erhielten (56 bzw. 73 Jahre) (s. Tabelle 29).

| <b>Durchschnittswerte</b> | <b>Winkelstabile<br/>Plattenosteosynthese</b> | <b>Totale<br/>Ellenbogenprothese</b> |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| Anzahl                    | 29  | 6                                    |
| ESAS-Score (Punkte)       | 90,74 ± 7,85                                  | 95,44 ± 10,16                        |
| Alter (Jahre bei OP)      | 56,64   | 73                                   |
| Flexion                   | 119° (0-140°)                                 | 83° (0-140°)                         |
| Extension (Defizit)       | 25° (0°-45°)                                  | 15° (45° oder 0°)                    |
| ROM                       | 94° (20°-140°)                                | 68°                                  |
| Pronation                 | 83° (45°-90°)                                 | 82° (45°-90°)                        |
| Supination                | 80° (45°-90°)                                 | 75° (45°-90°)                        |

Tabelle 29. Auflistung und direkter Vergleich der winkelstabilen Plattenosteosynthese und der prothetischen Versorgung

#### 4.10 Einfluss eines Fixateur externe oder einer Revisionsoperation auf den ESAS

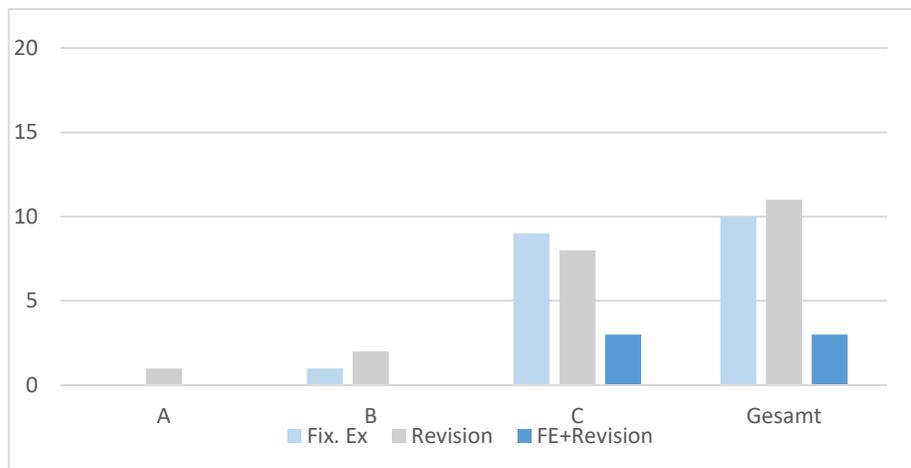
Die Primärversorgung mittels Fixateur externe kam vorwiegend bei den intraartikulären 13-C-Frakturen (n=9) zum Einsatz (s. Tabelle 30). Auch die Anzahl der Revisionsoperationen war für die AO 13-C Frakturen am höchsten (n=9). Bei Frakturen ohne oder nur mit teilweise Gelenkbeteiligung (AO 13-A oder -B) wurde nur sehr selten bis gar keine temporäre Versorgung mit einem externen Fixateur bzw. eine Revisionsoperation benötigt (s. Tabelle 30).

Sehr selten (n=3) schloss sich an die operative Ausversorgung nach primärem Fixateur externe eine notwendige Revisionsoperation an. Dies kam ausschließlich bei komplett artikulären AO 13-C-Frakturen vor.

|                         | <b>AO A</b> | <b>AO B</b> | <b>AO C</b> | <b>Gesamt</b> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Fixateur Externe</b> | 0           | 1           | 9           | 10            |
| <b>Revision</b>         | 1           | 2           | 9           | 11            |

|                     |   |   |   |   |
|---------------------|---|---|---|---|
| <b>FE+ Revision</b> | 0 | 0 | 3 | 3 |
|---------------------|---|---|---|---|

Tabelle 30 Verteilung der Fallzahlen für Fixateur externe, Revisions-OP oder Kombination aus FE+ Revision



Grafik 18 Verteilung der Fallzahlen für Fixateur externe, Revisions-OP oder Kombination aus FE+ Revision, Tabelle 30

Die

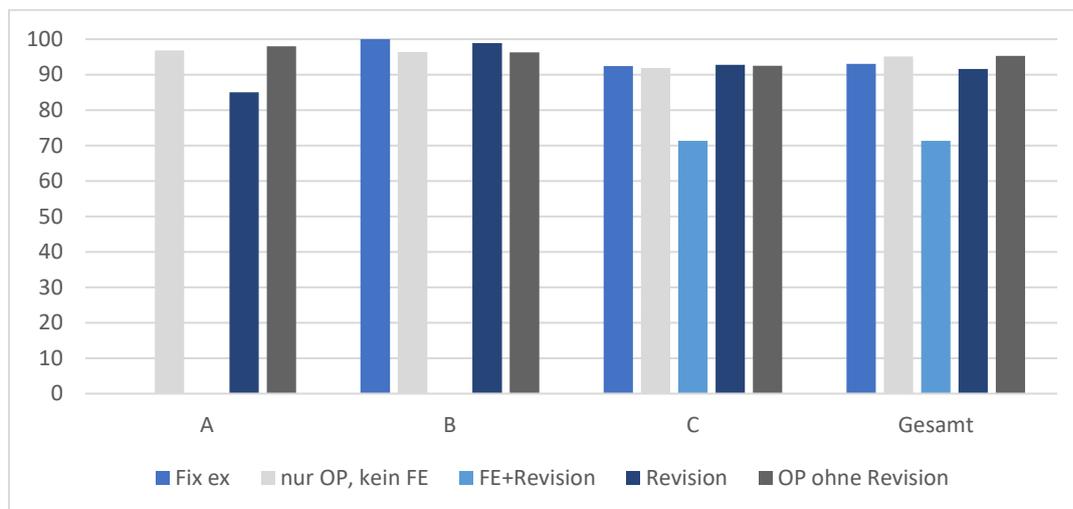
Notwendigkeit eines Fixateur externe oder einer Revisionsoperation bei extraartikulären Frakturen war nur einmal bis gar nicht notwendig (s. Tabelle 30). Im Vergleich der ESAS-Ergebnisse schnitt die Revisionsoperation mit einem Score von 85 Punkten deutlich schlechter ab als die Behandlungen, die mit einer Ausversorgung zurechtkamen  $98,0 \pm 4,8$  (s. Tabelle 31 und Grafik 19).

Für die partiell-intraartikulären Frakturen (Typ AO 13-B) waren sowohl Fixateur externe (n=1) als auch Revisionen (n=2) notwendig (s. Tabelle 30). Im Vergleich zur direkten operativen Versorgung mit  $96,35 \pm 4,73$  Punkten schnitt hier die Primärversorgung mittels Fixateurs externe mit 100 Punkten sogar besser ab (s. Tabelle 31). Zu beachten gilt allerdings, dass es sich hier um einen Einzelfall handelt. Auch die notwendige Revisionsoperation fiel mit  $98,9 \pm 0,2$  ESAS-Punkten minimal besser aus als die alleinige Ausversorgung mit  $96,3 \pm 4,8$  Punkten. Aber auch hier ist auf die minimale Fallzahl bei den Revisionen hinzuweisen.

Die Notwendigkeit einer vorübergehenden Stabilisierung des Ellenbogens bzw. einer notwendigen Revisionsoperation häuften sich bei den komplexen intraartikulären Frakturen (Typ AO 13-C). Hier fielen die ESAS-Ergebnisse für die Zweizeitige Versorgung mit Fixateur externe und Ausversorgung im Verlauf mit  $92,43 \pm 8,6$  Punkten annähernd so gut aus wie für die direkte Ausversorgung mit  $91,89 \pm 7,61$  Punkten. Die gleiche Beobachtung konnte für den Vergleich der direkten Ausversorgung ohne Revision mit  $92,48 \pm 7,3$  Punkten und einer Revision im Verlauf mit  $92,8 \pm 7,3$  Punkten gemacht werden. Das Ergebnis für die benötigte 3-fach-Versorgung fiel erwartungsgemäß schlechter aus mit  $71,3 \pm 0$  Punkten.

|                         | AO A        | AO B         | AO C         | Gesamt      |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Fixateur externe</b> |             | 100 ± 0      | 92,43 ± 8,6  | 93,01 ± 8,1 |
| <b>nur OP, kein FE</b>  | 96,84 ± 5,3 | 96,35 ± 4,73 | 91,89 ± 7,61 | 95,13 ± 8,5 |
| <b>FE+ Revision</b>     |             |              | 71,3 ± 0     | 71,3 ± 0    |
| <b>Revision</b>         | 85,0 ± 0    | 98,9 ± 0,2   | 92,8 ± 7,3   | 91,6 ± 8,9  |
| <b>OP ohne Revision</b> | 98,0 ± 4,8  | 96,3 ± 4,8   | 92,48 ± 7,3  | 95,25 ± 6,1 |

Tabelle 31. ESAS-Mittelwerte für die einzelnen Behandlungsoptionen in den AO-Gruppen und im Gesamtkollektiv



Grafik 19 Grafische Darstellung der Tabelle 31

## 5. Diskussion

Um die klinisch funktionellen Ergebnisse von Patienten mit distalen Humerusfrakturen, die sowohl operativ als auch konservativ am Klinikum rechts der Isar behandelt wurden, retrospektiv zu untersuchen, wurden 96 Patienten mit insgesamt 96 distalen

Humerusfrakturen in diese Studie eingeschlossen. Die Patienten evaluierten eigenständig mittels des Elbow-Self-Assessment-Score-Fragebogen die Funktionalität ihres betroffenen Ellenbogens und übermittelten so ihre subjektive Patientenzufriedenheit. Hierzu wurde ihnen der Fragebogen postalisch zugeschickt. Eine ärztliche Kontrolle bzw. Befunderhebung fand nicht statt. Die Ergebnisse dieser Studie basieren streng auf den subjektiven Angaben der Patienten im Fragebogen. Die Fragebögen wurden zunächst individuell ausgewertet und in Kombination mit den relevanten Patientendaten anschließend analysiert und die Ergebnisse in vorliegender Arbeit zusammengetragen.

Die distalen Humerusfrakturen wurden nach AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) klassifiziert, AO 13-A, 13-B sowie 13-C. Von den 96 Patienten waren 60 weiblich und 36 männlich, das Durchschnittsalter lag bei 54 Jahren. Die weiblichen Patientinnen waren 1,6-mal häufiger von distalen Humerusfrakturen betroffen als die männlichen.

Die operative Versorgung war Therapie der Wahl, hier wurden vor allem die winkelstabile Plattenosteosynthese eingesetzt. Je nach Frakturschwere und Indikation wurden die Frakturen alternativ mit einer Schraubenosteosynthese oder primär mit einer Ellenbogenprothese versorgt. Bei sehr schwerwiegenden Frakturen wurden diese temporär, bis zur zufriedenstellenden Weichteilkonsolidierung, mit einem Fixateur externe versorgt. Überwiegend wurden die distalen Humerusfrakturen allerdings primär osteosynthetisch ausversorgt. In ca. einem Drittel der Fälle (s. Tabelle 11, S.36) wurde die eingebrachte Osteosynthese im Verlauf wieder entfernt. Die konservative Therapie war nur in Einzel- bzw. Ausnahmefällen indiziert.

Zur Evaluation der postoperativen Ergebnisse und somit auch der Zufriedenheit der Patienten mit dem postoperativen Zustand wurde der ESAS (Elbow-Self-Assessment-Score) benutzt. Dieser verbindet die Abfrage der gängigen funktionellen Parameter, ähnlich dem Mayo-Elbow-Performance Score oder DASH. Zusätzlich berücksichtigt er auch subjektive Parameter wie die Abfrage der Lebensqualität der Patienten, bezogen auf den verletzten Ellenbogen.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die distalen Humerusfrakturen nach der AO-Klassifikation unterteilt und jeweils getrennt analysiert. Allgemein konnte dargestellt werden, dass der ESAS und somit die subjektive Patientenzufriedenheit nach der Versorgung von

distalen Humerusfrakturen in unserem Haus sehr hoch waren. Dies wurde auch bei schwerwiegenden intraartikulären Frakturen beobachtet.

### 5.1 Anzahl der jeweiligen Frakturen nach AO

Um die funktionellen Ergebnisse von Patienten mit distalen Humerusfrakturen, die am Klinikum rechts der Isar der TU München behandelt wurden, zu untersuchen, wurden 96 Patienten mittels Elbow-Self-Assessment-Score retrospektiv analysiert und deren Ergebnisse in vorliegender Arbeit zusammengetragen.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die distalen Humerusfrakturen nach AO unterteilt. So zeigten sich 27 Typ AO 13-A, 28 Typ AO 13-B und 41 Typ AO 13-C Frakturen. Anhand dieser Aufteilung nach Frakturschweregrad konnten so verschieden Aspekte der aktuellen Therapiestandards analysiert und verglichen werden (Tabelle 6, Seite 35).

### 5.2 Einfluss des Geschlechts auf den ESAS

In unserem Patientenkollektiv waren weitaus mehr Frauen (n=60) als Männer (n=36) betroffen, das durchschnittliche Alter lag bei 54 Jahren (Minimum 12 Jahre, Maximum 90 Jahre) (Tabelle 8, Seite 37). In unterschiedlichen Studien der gängigen Literatur (Korner, Lill et al. 2005, Greiner, Haas et al. 2008, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) waren jeweils mehr Frauen als Männer im Patientenkollektiv von distalen Humerusfrakturen betroffen. In der Studie von Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) waren 21 Frauen und 7 Männer und einem Durchschnittsalter von 69 Jahren (22 bis 92 Jahre) von distalen Humerusfrakturen betroffen, bei Greiner et al. (Greiner, Haas et al. 2008) 8 Frauen und 6 Männern mit einem Durchschnittsalter von 55.2 Jahren (21-83 Jahre), bei Korner et al. (Korner, Lill et al. 2005) 36 Frauen und 9 Männern mit einem Durchschnittsalter von 73 Jahren (61-92 Jahre), bei Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013) jeweils 24 Frauen und 20 Männern mit einem Durchschnittsalter von 51 Jahren (14-93 Jahre) (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010) bzw. 21 Frauen und 18 Männer mit einem durchschnittlichen Alter von 50 Jahren (14-87 Jahre) (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013). Wie auch in der Literatur (Korner, Lill et al. 2005, Greiner, Haas et al. 2008, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) erlitten die meisten Patienten bei beiden Geschlechtern eine Typ AO 13-C-Fraktur. In unseren Ergebnissen gibt es keine nennenswerte Diskrepanz in

den funktionellen Ergebnissen, sodass kein Geschlecht de facto besser abschnitt als das andere. Alle Patienten, Frauen und Männer, befanden sich im sehr guten Ergebnisbereich und zeigten damit mehr als wünschenswerte, posttherapeutische Ergebnisse.

In der vorgelegten Arbeit stieg mit steigendem Frakturschweregrad auch das Alter der Patienten. Auch in der Literatur (Jupiter JB 1993, Walz and Auerbach 2006, Bonnaire and Bula 2010, Plath, Förch et al. 2018) wird die distale Humerusfraktur als eine Fraktur der älteren Menschen beschrieben. Aufgrund der verminderten Knochenqualität und dem häufig damit assoziierten komplexen Frakturmuster stellt diese dann eine besondere therapeutische Herausforderung dar (Korner, Lill et al. 2005, Plath, Förch et al. 2018).

### 5.3 Variation der ESAS-Scores im Follow-Up

Anhand der graphischen Darstellung (Grafik 4, Seite 34) wird gezeigt, dass es keinen Zeittrend in den Outcomes nach distaler Humerusfraktur gab. Aufgrund klinischer Beobachtungen bestand die Annahme, dass Patienten, die erst rezent eine distale Humerusfraktur erlitten hätten und bei denen gegebenenfalls die funktionellen Einschränkungen oder gegebenenfalls die nervalen Beeinträchtigungen noch präsenter wären, das Ergebnis tendenziell schlechter einschätzten. Diese Annahmen konnte mit dieser Grafik aber widerlegt werden, da die Ergebnisse fast durchgängig alle im „sehr gut“ Bereich lagen, sowohl kurz nach dem operativen Eingriff (ungefähr 1-2 Jahre) als auch wenn die Versorgung schon über eine Dekade her war. Eine Studie die sich mit einem ähnlich langen, retrospektivem Zeitraum befasste, war die Arbeit von Doornberg et al. (Doornberg, Van Duijn et al. 2007). Der Zeitraum der Nachuntersuchung lag bei durchschnittlich 19 Jahren (12-30 Jahre). Hier konnte nachgewiesen werden, dass sich die funktionellen Ergebnisse nach distalen Humerusfrakturen Typ AO 13-C nicht wesentlich zwischen kurzfristigen und langfristigen Nachuntersuchungen unterscheiden (Doornberg, Van Duijn et al. 2007).

### 5.4 Postoperativer Bewegungsgrad

Die ROM nach distaler Humerusfraktur wurde im Fragebogen durch Patientenangaben, in welchem Ausmaß sie zum Zeitpunkt der Datenerhebung im betroffenen Arm bewegen konnten, erhoben. Hierzu zählten die Flexion, Extension, Pro- und Supination. Hier wurde jedoch keine Osteosynthesetechnik berücksichtigt (Tabelle 10, Seite 39). In keiner Frakturgruppe wurde im Durchschnitt die volle Flexion erreicht. Die Typ AO 13-A-Frakturen

sind die einzige Gruppe, welche durchschnittlich eine volle Streckung des Ellenbogens erreichte. Je höher der Schweregrad der Fraktur, desto stärker war das Bewegungsausmaß im Ellenbogen eingeschränkt. Die Pro- und Supination waren für alle Frakturschweregrade durchschnittlich nur gering eingeschränkt. In dieser Arbeit wurden die Bewegungsumfänge für die jeweiligen Frakturtypen nach AO-Klassifikation untersucht. Somit konnte eine bessere Differenzierung je nach Frakturschwere und den postoperativen Bewegungsumfängen unternommen werden. Die internationalen Studien beschränkten sich auf die Zusammenfassung der Frakturschweregrade oder untersuchten ausschließlich intraartikuläre C-Frakturen (Korner, Lill et al. 2005, Greiner, Haas et al. 2008, Rübberdt, Surke et al. 2008, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). In der Studie von Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) wurden retrospektiv 28 Patienten mit distalen Humerusfrakturen untersucht. Der komplette Bewegungsumfang (Flexion/Extension) in dieser Studie lag im Durchschnitt bei  $94,82 \pm 40,33^\circ$  (30-150°). Die Flexion betrug durchschnittlich  $119,82 \pm 18,56^\circ$  (90-145°), die Extension lag bei  $25,91 \pm 25,67^\circ$  (-5- 75°). Bei 9 Patienten betrug der gesamte Bewegungsumfang mehr als 100°, 14-mal lag er zwischen 50-100° und bei 3 Patienten unter 50° (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). Korner et al. (Korner, Lill et al. 2005) untersuchten 45 Patienten mit distalen Humerusfrakturen. Die Beweglichkeit des Ellenbogens ergab einen durchschnittlichen Bewegungsumfang von 100° (55°-135°) in der Flexion/Extension und 110° (60°-180°) für die Pronation/Supination. Von den 45 Patienten blieben nur 7 ohne Extensionsdefizit und konnten den Ellenbogen voll durchstrecken. Das Streckdefizit der restlichen Patienten lag zwischen 10°-50° und betrug im Durchschnitt 20°. Die Flexion war nur bei 9 Patienten uneingeschränkt, das Defizit betrug hier im Durchschnitt 20°. 20 Patienten der insgesamt 45 zeigten ein durchschnittliches Defizit von 30° (15-80°) in der Pro-/Supination, die restlichen zeigten keine Einschränkung in der Umwendbewegung (Korner, Lill et al. 2005).

Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010) untersuchten die Daten von 51 Patienten mit 52 distalen Humerusfrakturen. Der durchschnittliche Bewegungsumfang betrug in ihrem Patientenkollektiv  $110 \pm 23,8^\circ$  (50-145°). Die Flexion des betroffenen Ellenbogens war durchschnittlich bis  $127,5 \pm 17,2^\circ$  (80-145°) möglich, das mediane Extensionsdefizit lag bei  $10 \pm 14,1^\circ$  (0-40°). Die Pronation betrug im Mittel  $90 \pm 6,6^\circ$ , die Supination lag durchschnittlich bei  $90 \pm 10,1^\circ$  (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010). In der Studie von Rübberdt et al. (Rübberdt, Surke et al. 2008) wurden 11 Patienten mit ausschließlich intraartikulären distalen

Humerusfrakturen Typ AO 13-C3 nachuntersucht. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug  $14,7 \pm 4,8$  Monate (8-22). Der durchschnittliche Gesamtbewegungsumfang (Flexion/Extension) betrug  $78,2 \pm 26,8^\circ$ , die Pronation/Supination betrug  $138,2 \pm 54,2^\circ$ . (Rübberdt, Surke et al. 2008) In der Studie von Greiner et al. (Greiner, Haas et al. 2008) wurden 14 Patienten mit distalen Humerusfrakturen und operativer Versorgung mittels winkelstabilen Plattenosteosynthesen nachuntersucht. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 10 Monate. Die durchschnittlich gemessene Flexion betrug  $121 \pm 20,9^\circ$ , das durchschnittliche Extensionsdefizit lag bei  $17,9 \pm 10,3^\circ$ . Bis auf einen Patienten, der längere Zeit immobilisiert war, war kein weiterer Patient in der Pronations-/ Supinationsbewegung eingeschränkt. (Greiner, Haas et al. 2008). In der Studie von Rebuzzi et al. (Rebuzzi, Vascellari et al. 2010) zeigten sowohl die Typ AO 13-A als auch die AO 13-C Frakturen in jeweils 5 Fällen einen Bewegungsumfang bei mehr als  $100^\circ$  in der Beugung und Streckung. Im Durchschnitt lag der aktive Bewegungsumfang bei den Typ AO 13-A Frakturen bei  $120 \pm 34,5^\circ$  und bei den Typ AO 13-C Frakturen bei  $113 \pm 14,7^\circ$ . Bei Patienten mit AO 13-C Frakturen zeigte sich ein signifikant höheres Extensionsdefizit von  $15^\circ$  im Gegensatz zu  $7,8^\circ$  bei Typ 13-A Frakturen. Als Erklärungsansatz beschreiben die Autoren (Rebuzzi, Vascellari et al. 2010) die höhergradige Verletzung der Gelenkfläche bei den intraartikulären Frakturen sowie die zusätzliche Notwendigkeit einer Olecranonosteotomie zur operativen Adressierung der Gelenkfläche (Rebuzzi, Vascellari et al. 2010).

Die Ergebnisse dieser Arbeit bezüglich Bewegungsumfang des Ellenbogens nach distaler Humerusfraktur fallen ähnlich aus wie in den oben genannten Studien. Die Streck- und Beugebewegung ist am stärksten eingeschränkt, während die Unterarmdrehbewegungen (Pro- und Supination) meistens nur geringfügig betroffen sind. In den meisten Fällen bleibt ein leichtes Bewegungsdefizit zurück, was aber den Alltag der betroffenen Patienten nicht zwingend beeinträchtigen muss, was auch an den guten ESAS- Werten bzw. den Ergebnissen der anderen Studien zu lesen ist.

## 5.5 Vergleich des ESAS abhängig von der gewählten Therapie

Im Vergleich der jeweils zur Verfügung stehenden Behandlungsoptionen (operativ mit oder ohne Entfernung der Osteosynthese bzw. konservative Therapie) war zu beobachten, dass die Anzahl der operativen Eingriffe eindeutig überwog (Tabelle 11, Seite 40). In unserem Patientenkollektiv lag der Anteil an operativen Ausversorgungen der distalen

Humerusfrakturen bei 93,75% (62,5 % Operation mit Verbleib der Osteosynthese in situ). Die konservativ versorgten Frakturen (3 Patienten) beschränkten sich auf den Typ AO 13-A, also rein extraartikuläre Frakturen. Da in diesen Fällen die Gelenkfläche gar nicht betroffen war, war eine konservative Therapie in Ausnahmefällen akzeptabel (Otto 2003). Die Patienten, die ausschließlich im Klinikum rechts der Isar zur elektiven Materialentfernung vorstellig wurden (3,13%), nachdem ihre initiale Fraktur ex domo versorgt wurde, wurden hier auch berücksichtigt um den Vergleich zu analysieren, ob sich die Entfernung des Osteosynthesematerials positiv auf das funktionelle Ergebnis auswirkte. In der Auswertung des ESAS (Tabelle 12, Seite 41) fielen auf den ersten Blick die durchschnittlich sehr hohen Ergebnisse auf. Allerdings war die Tendenz zu erkennen, dass unabhängig von der Therapieoption die Fraktur vom geringsten Schweregrad auch funktionell im Score besser abschnitt. So zeigten die intraartikulären Frakturen vom Typ AO 13-C in allen Therapieoptionen die schlechtesten funktionellen Ergebnisse. Dass die konservativ geführten Patienten in ihrer Evaluation mit sehr guten Werten abschnitten, galt als mehr als erfreuliches Ergebnis, da sonst die Rechtfertigung der konservativen Therapie als alternative Behandlungsoption bei distalen Humerusfrakturen gänzlich in Frage zu stellen wäre. Die Frakturen mit operativer Versorgung und Verbleib der Osteosynthese in situ sowie die mit elektiver Entfernung des Materials unterschieden sich nicht wesentlich in ihren Ergebnissen. Somit brachte, zumindest in unserer Studie, die Entfernung des Osteosynthesematerials keinen direkt feststellbaren Vorteil mit sich. Die Entfernung des Materials sollte also individuell auf den Patienten abgestimmt werden.

Burkhart et al. (Burkhart, Siebenlist et al. 2018) untersuchten in ihrer Übersichtsarbeit die Ergebnisse von konservativen Therapien bei unter anderem distalen Humerusfrakturen. Dabei stellten sie direkt klar, dass die operative Versorgung von distalen Humerusfrakturen das Standardverfahren darstellt. In der konservativen Therapie wurde zunächst eine Oberarmgippschiene mit dem Ellenbogen in Funktionsstellung angelegt. Nach 14 Tagen Ruhigstellung erfolgte der Wechsel auf eine Schlinge in Kombination mit Physiotherapie (Burkhart, Siebenlist et al. 2018). Diese Art der Therapie wurde allerdings nur als Option bei multimorbiden Patienten mit geringem funktionellen Anspruch angesehen (Burkhart, Siebenlist et al. 2018). Gleiches galt für die Studie von Lauder et al., die auch die konservative Therapie den älteren, multimorbiden und funktionell anspruchslosen Patienten vorbehielten (Lauder and Richard 2020). Jawa et al. (Jawa, McCarty et al. 2006) zeigten in ihrer Studie

eindeutige Vorteile der operativen Therapie gegenüber der mehrwöchigen konservativen Therapie mit Ruhigstellung des Ellenbogens in einem Gips. Es wurden 40 Patienten mit distalen Humerusfrakturen untersucht, wovon 19 operativ mittels Plattenosteosynthese und 21 Patienten konservativ mit einem Gips versorgt wurden. Jawa et al. (Jawa, McCarty et al. 2006) kamen zum Schluss, dass die operative Therapie distaler Humerusfrakturen deutlich bessere und vorhersehbare Stellungen der Frakturenden liefert und auch eine schnellere Rückkehr der Funktionalität des Ellenbogens gewährleistet. Auch in der Studie von Lee et al. (Lee, Kim et al. 2014) mit 67 Patienten im Alter zwischen 22 und 90 Jahren (Durchschnitt 55,4 Jahre) wurde gezeigt, dass bei intraartikulären distalen Humerusfrakturen des Typs AO 13-C die offene Reposition und die Anlage einer Doppelplattenosteosynthese in 90°- oder 180°-Konfiguration den Goldstandard darstellt. (Lee, Kim et al. 2014)

Die Ergebnisse der in dieser Studie konservativ geführten Patienten fielen deutlich besser aus als in vergleichbaren Studien. Im Vergleich zu den operativen Eingriffen waren die Ergebnisse der konservativen Therapie besser. Allerdings muss man im Vergleich auch beachten, dass in der vorliegenden Studie nur 3 % der Patienten konservativ behandelt wurden und somit die Aussagekraft sehr gering ist. Aufgrund dieser Zahl konnten die Beobachtungen der anderen oben genannten Studien bestätigt werden, dass die konservative Behandlung von distalen Humerusfrakturen eine Ausnahme darstellt und nur bei bestimmten Indikationen (*siehe Einleitung, Kapitel 1.3.7.3 Konservative Therapie*) angebracht ist.

Die Ergebnisse der operativ versorgten distalen Humerusfrakturen dieser Studie im Vergleich mit anderen Arbeiten erfolgt in den nächsten Abschnitten.

## 5.6 Einfluss der AO-Klassifikation auf den ESAS

Insgesamt lagen die ESAS-Werten dieser Studie überwiegend in sehr guten Bereichen (90-100 Punkte). Das schlechteste ESAS-Ergebnis lag bei 71,26 Punkten, was nach Umrechnung 71,26% entspricht und ein befriedigendes Ergebnis darstellt. Trotz zunehmender Frakturschwere und sogar intraartikulärer Beteiligung (Typ AO 13-C) wurde insgesamt 15-mal (15,63 %) der Maximalwert des ESAS von 100 Punkten bzw. 100% erreicht, 10-mal für die Typ AO 13-A Frakturen, 4-mal für die Typ AO 13-B und einmal für die Typ AO 13-C Frakturen. Die Minimalwerte für jede Kategorie schwankten um die 70-80 ESAS-Punkte, die Mittelwerte wiederum befanden sich alle in einem sehr guten Ergebnisbereich. Die geringen Standardabweichungen zeigten nur geringe Schwankungen und insgesamt ein sehr gutes,

funktionelles Ergebnis. Mit fortschreitender Frakturschwere wurde der ESAS-Wert zwar schlechter, dies allerdings in nur geringer Abweichung vom Maximalwert. In der Studie von Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013) wurden 46 ausschließlich Typ AO 13-C Frakturen mit winkelstabilen Plattenosteosynthesetechniken behandelt. 46,2 % der Patienten erzielten exzellente Resultate im MEPS, weitere 46,2 % schnitten „gut“ ab. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013). Auch schon in der Studie von 2010 von Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010) konnten in 43,2 % der Fälle ein exzellentes und in 52,3 % der Fälle ein gutes Ergebnis im MEPS erreicht werden. In diesem Patientenkollektiv waren jeweils 6 Typ AO 13-A, 5 AO 13-B und 34 AO 13-C-Frakturen vorhanden (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010). Ducrot et al. (Ducrot, Ehlinger et al. 2013) untersuchten 46 Patienten mit 15 extra- und 31 intraartikulären Frakturen. Im MEPS wurden durchschnittlich 87 Punkte (70-100) erreicht und 95% der Patienten zeigten ein exzellentes bis sehr gutes Resultat (Ducrot, Ehlinger et al. 2013).

In diesen Studien (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Ducrot, Ehlinger et al. 2013, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013) wurden in den durchschnittlichen Ergebnissen im MEPS allerdings keine Rücksicht auf eine separate Einteilung der Frakturen nach AO genommen, sondern das Patientenkollektiv als Ganzes betrachtet. Unsere Ergebnisse deckten sich allerdings mit den ebenfalls guten bis sehr guten funktionellen Ergebnisse der internationalen Literatur.

## 5.7 Einfluss der Wahl der Osteosynthese auf den ESAS

Im Hauptteil dieser Arbeit ging es darum, welchen Einfluss die einzelnen Osteosynthesen auf das funktionelle Ergebnis von distalen Humerusfrakturen hatten. Die detaillierten Ergebnisse sind den Tabellen 25 und 26 (Seite 45 und 46) zu entnehmen. Die winkelstabile Plattenosteosynthese war in unserem Patientenkollektiv Mittel der Wahl, dicht gefolgt von den Schraubenosteosynthesen, beides etablierte Standards in der Versorgung von distalen Humerusfrakturen. Die nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthesen stammten aus den ersten nachverfolgten Operationen dieser Studie aus dem Jahr 2004. Diese wurden vollständig durch die winkelstabilen Plattenosteosynthesen ersetzt. Alle anderen Osteosynthesemöglichkeiten oder sogar die konservative Behandlung machten nur einen minimalen Anteil der möglichen Therapien aus. Besonders hervorzuheben ist allerdings, dass unsere Ergebnisse nicht auf die Grundgesamtheit übertragen werden können, da z.B. im Falle von Ankerrefixation oder K-Drahtosteosynthese die Fallzahl bei 1 oder 2 Patienten lag und somit keine valide Aussage

getroffen werden konnte. Auch Wenzl et al. (Wenzl, Raimund et al. 2007) zeigten, dass Alternativen wie Kirschner-Draht-Osteosynthesen oder einzelne Schrauben keine ausreichende Stabilität bieten und somit nicht zur adäquaten Versorgung von distalen Humerusfrakturen bei erwachsenen Patienten dienen. Zur optimalen Stabilisierung werden entweder anpassbare Rekonstruktionsplatten oder LCDCP-Platten benötigt. Bei schlechter Knochenqualität seien die winkelstabilen Implantate die beste Lösung (Wenzl, Raimund et al. 2007).

Ellenbogenprothesen kommen in den letzten Jahren primär vermehrt zum Einsatz, werden aber in domo immer noch zurückhaltend eingesetzt. Diese Art der Versorgung wird in einem untenstehenden Abschnitt detailliert beschrieben. In unseren Ergebnissen konnte man nach Unterteilung der Frakturen nach AO beobachten, dass die Ergebnisse, unabhängig von den verwendeten Osteosynthesen, in einem sehr guten Bereich lagen und somit kein verwendetes Implantat negativ hervorstach. Auch konnte man daraus schließen, dass die Frakturen korrekt gemäß ihres Schweregrades operiert und somit der Grundstein für ein gutes Resultat bereits intraoperativ gelegt wurde.

In ihrer Studie von 1995 untersuchten Papaioannou et al. (Papaioannou, Babis et al. 1995) 75 Patienten mit distalen Humerusfrakturen vom Typ AO 13-C. Der Studienzeitraum erstreckte sich über 13 Jahre (1979 – 1992). In diesem Zeitraum kam es zu einer Anpassung der AO-Kriterien zur Behandlung von distalen Humerusfrakturen. Von der AO wurde nun anstatt einer Schraubenosteosynthese eine operative Versorgung mittels Drittelrohrplatte oder „Dynamic-Compression“-Plattenosteosynthese empfohlen. 21 Patienten (28%) erhielten eine Schraubenosteosynthese und 54 Patienten (72%) wurden mit Plattenosteosynthesen versorgt. Die Versorgung mit einer Schraubenosteosynthese ergab für 2 Patienten exzellente Ergebnisse, 6 schnitten gut ab und 13 wurden als schlecht eingestuft. Die Versorgung mit Plattenosteosynthesen empfohlen nach AO ergab 29 exzellente Outcomes, 13 schnitten hier gut ab und 12 ergaben ein schlechtes Ergebnis. Die Studie kam zur Schlussfolgerung, dass das funktionelle Ergebnis von distalen Humerusfrakturen eindeutig von der Osteosynthese abhing und dass ein exzellentes Ergebnis nur mit einer adäquaten Stabilisierung der Fragmente, vor allem im Gelenkbereich, einherging. Dies sei nur mit der Anwendung einer Plattenosteosynthese zu erreichen (Papaioannou, Babis et al. 1995).

Korner et al. (Korner, Lill et al. 2005) untersuchten ein Kollektiv von 45 geriatrischen Patienten über 60 Jahren mit distalen Humerusfrakturen, welche alle operativ mittels Plattenosteosynthesen behandelt wurden. Alle AO 13-A2, 13-A3 und 13-C-Frakturen wurden mittels winkelstabiler Doppelplattenosteosynthese versorgt, während für die AO 13-B2 und 13-B3-Frakturen sogenannte „single-plate“ (Korner, Lill et al. 2005) Osteosynthesen zum Einsatz kamen. Die Ergebnisse wurden mittels MEPS erhoben. Hier erzielten 9 Patienten ein exzellentes Ergebnis, bei 17 Patienten fiel das funktionelle Outcome gut aus und bei 13 Patienten wurde die Funktionalität als befriedigend eingestuft. Für 6 Patienten fiel das Ergebnis laut MEPS schlecht aus. Der MEPS-Wert betrug durchschnittlich 83 Punkte (43-100) (Korner, Lill et al. 2005).

In Anbetracht unserer Ergebnisse kann man zusammenfassend sagen, dass die Wahl der Osteosynthese sehr wohl Einfluss auf das postoperative funktionelle Ergebnis hat und andere Osteosynthesen als die etablierten Standardverfahren nur nach individueller Entscheidung eingesetzt werden sollten.

## 5.8 Operative Versorgung von distalen Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese

In diesem Abschnitt wurden die funktionellen sowie ESAS- Ergebnisse unserer Patienten verglichen, welche mit winkelstabilen bzw. nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthesen versorgt wurden. Dies unter Berücksichtigung der jeweiligen Einteilung der Frakturen nach AO. Alle Werte finden sich in *Tabelle 27. Outcome für die Versorgung der distalen Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese (Seite 53)* sowie *Tabelle 28. Ergebnisse für nicht-winkelstabile Plattenosteosynthesen im Vergleich zur winkelstabilen Platte (Seite 54)*. Die Anzahl der winkelstabilen Platten (45) überwog deutlich die Anzahl der nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthese (5). Letztere wurden nur in den ersten erfassten Fällen dieser Arbeit eingesetzt und schließlich durch die winkelstabile Alternative ersetzt. Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 56 Jahren (bzw. 72,3 Jahre für Typ AO 13-A, 54,28 Jahre für Typ AO 13-B und 57,1 für AO 13-C Frakturen). Dies passt auch zur generellen Annahme, dass die distale Humerusfraktur, dabei vor allem die schweren intraartikulären Frakturen, eine Fraktur des mittleren bis höheren Alters ist (Jupiter JB 1993, Walz and Auerbach 2006, Bonnaire and Bula 2010).

Die Ergebnisse im ESAS wiederum waren für alle Frakturtypen im sehr guten Bereich. Trotzdem konnte man beobachten, dass bei winkelstabilen Plattenosteosynthesen mit progredienter Gelenkbeteiligung der ESAS-Score sank. Die nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese ergab für die AO 13-A Fraktur einen eher moderaten ESAS von 79,61 Punkten, während die AO 13-C Frakturen einen durchschnittlichen ESAS von 98,58 Punkten ergaben. Hier ist allerdings auf die geringe Fallzahl (n=4) zu achten. Für die Pro- und Supination waren bei den winkelstabilen Plattenosteosynthesen kaum Defizite zu erkennen (83°-90°). Im Fall der nicht-winkelstabilen Plattenosteosynthesen litten die 13-Typ A-Frakturen vor allem unter einer eingeschränkten Supination (45°). Die Typ AO 13-C Frakturen zeigten auch hier eine Einschränkung von durchschnittlich 67,5° Supination. Bei Betrachtung der Streckung war zu erkennen, dass die Frakturen mit Gelenkbeteiligung (Typ AO 13- B und C) für beide Osteosynthesevarianten jeweils ein Extensionsdefizit zeigten (min. 19° Defizit, max. 33,7°). Ein merkliches Flexionsdefizit zeigte sich auch erst mit zunehmender Gelenkbeteiligung.

Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) untersuchten die klinischen Ergebnisse von distalen Humerusfrakturen, welche mit multidirektional- winkelstabilen Plattenosteosynthesen versorgt wurden. Sie untersuchten retrospektiv 28 Patienten, wovon 21 mit multidirektional-winkelstabile Plattenosteosynthesen sowie 7 mit winkelstabile Rekonstruktionsplatten therapiert wurden. Der Mittelwert des DASH-Scores lag bei  $38,40 \pm 28,81$  Punkten (0-85,72). Außerdem bestand ein signifikanter, moderat linearer Zusammenhang zwischen dem DASH und dem Alter der Patienten. Der MEPS lag im Durchschnitt bei  $72,31 \pm 22,19$  Punkten (30-100). Als die Patienten subjektiv ihre Einschätzung zur Funktionalität ihres verletzten Ellenbogens abgeben mussten, schätzten sich 2 als sehr gut ein, 7 befanden ihre Funktion als gut, 8 gaben ein befriedigendes Ergebnis an, 5 schätzten sich als mangelhaft und 4 als schlecht ein. Die Studienergebnisse von Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) zeigen laut den Autoren, dass auch mit winkelstabilen Plattenosteosynthesen, obwohl sie als Goldstandard zur Behandlung von distalen Humerusfrakturen gelten, nicht standardmäßig gute Ergebnisse erzielt werden können. Als Möglichkeiten für die eher moderat ausfallenden Ergebnisse ihrer Studie nennen die Autoren das höhere Alter ihres Patientenkollektivs, gestützt unter anderem auf den signifikanten, linearen Zusammenhang zwischen DASH und Alter der Patienten. Im Vergleich zu anderen Studien (Korner, Lill et al. 2005, Greiner, Haas et al. 2008, Rübberdt, Surke et al. 2008, Rebuzzi,

Vascellari et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013) fallen die Ergebnisse laut den Autoren (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) deutlich schlechter aus.

Greiner et al. (Greiner, Haas et al. 2008) untersuchten 14 Patienten, das Durchschnittsalter lag bei 55,2 Jahren (21-83), es handelte sich also um ein deutlich jüngeres Patientenkollektiv als bei Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). Auch hier wurden alle Patienten operativ mit winkelstabilen Plattenosteosynthesen behandelt. Das Patientenkollektiv beinhaltete 12 Typ AO 13-C Frakturen und 2 Typ AO 13-B Frakturen. Die Patienten erreichten durchschnittlich einen MEPS-Wert von  $91 \pm 11,7$  Punkten (70-100). Der DASH-Score lag im Durchschnitt bei  $18,5$  Punkten  $\pm 11,5$ . Die funktionelleren Ergebnisse ergaben für den therapierten Ellenbogen eine durchschnittliche Flexion von  $121^\circ \pm 20,9$ , das durchschnittliche Extensionsdefizit lag bei  $17,9^\circ \pm 10,3$  (Greiner, Haas et al. 2008).

Rübberdt et al. (Rübberdt, Surke et al. 2008) untersuchten 11 Patienten mit einem Altersdurchschnitt von  $44 \pm 11,3$  Jahren und ausschließlich intraartikulären distalen Humerusfrakturen Typ AO 13-C, welche mittels LCP®- Plattenosteosynthese versorgt wurden. Der MEPS zeigte für 36,4% der Patienten ein exzellentes oder gutes Ergebnis. Der durchschnittliche DASH-Score betrug hier  $51,5 \pm 21,8$  Punkte. Die erzielten Ergebnisse müssten laut Autoren auch in Bezug auf die frühe Nachuntersuchungszeit berücksichtigt werden. Laut den Autoren sei ein seriöser Vergleich mit anderen Studien nur sinnvoll, wenn der Nachuntersuchungszeitpunkt mindestens 2 Jahre postoperativ stattfindet und somit den endgültigen Zustand des betroffenen Ellenbogens darstellt (Rübberdt, Surke et al. 2008).

Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010) untersuchten 51 Patienten mit 52 distalen Humerusfrakturen und einem durchschnittlichen Alter von 51 Jahren (14-93 Jahre), welche ausschließlich mit anatomisch präformierten LCP®- Plattenosteosynthesen der Firma Synthes® behandelt wurden. Im MEPS konnte in 43,2% ein exzellentes und in 52,3% ein gutes Ergebnis erzielt werden. In jeweils 1 Fall wurde ein befriedigendes sowie schlechtes Ergebnis erzielt. Die Typ AO 13-C Frakturen stellten den größten Anteil an den Frakturen (n=24), aber auch hier war in 8 Fällen das Ergebnis exzellent und in 13 Fällen gut. Der DASH-Score lag im Median bei  $14,2 \pm 19,9$  Punkten (0-65,8 Punkte). Anhand der Ergebnisse des MEPS und des DASH konnten diese Ergebnisse als sehr gut eingestuft werden (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010). Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013) untersuchten 2013 nochmals retrospektiv die Ergebnisse von 38 Patienten mit 39 distalen Humerusfrakturen Typ

AO 13-C und einem Durchschnittsalter von 50 Jahren (14-87 Jahre), welche mit winkelstabilen LCP®-Platten der Firma Synthes® behandelt wurden. Der durchschnittliche MEPS lag bei 85 Punkten, für 92% der Frakturen konnte das funktionelle Ergebnis somit als exzellent oder gut eingestuft werden. Durchschnittlich lag der DASH-Wert bei 22.5 Punkten. Die Autoren kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass gute bis exzellente Resultate bei den Patienten erreicht wurden, da die operative Versorgung mit winkelstabilen LCP®-Platten bei distalen Humerusfrakturen eine ausreichende Stabilität zur frühfunktionellen Physiotherapie bietet und somit die Therapie der Wahl darstellt (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013).

In der Studie von Korner et al. (Korner, Lill et al. 2005) wurden 45 geriatrische Patienten nachuntersucht. Der MEPS betrug durchschnittlich 83 Punkte (43-100 Punkte). Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die funktionellen Ergebnisse abhängig vom steigenden Schweregrad der Fraktur schlechter werden. Sie fassten aufgrund der sehr guten funktionellen Ergebnisse zusammen, dass das hohe Alter der Patienten keine Kontraindikation zur offenen Versorgung einer distalen Humerusfraktur mittels Plattenosteosynthese sei und dass der Erhalt des Gelenks im Vordergrund stehe (Korner, Lill et al. 2005). Sur et al. (Sur, Kim et al. 2020) konnten die Ergebnisse vorheriger Studien bestätigen, dass die winkelstabile Doppelplattenosteosynthese bei komplexen Typ AO 13-C Humerusfrakturen das Mittel der Wahl darstellt, da hier eine ausreichende Übungsstabilität gewährleistet wird. Von ihren 17 Patienten schnitten 12 im MEPS exzellent, 3 gut, 1 ausreichend und 1 schlecht ab (Sur, Kim et al. 2020).

Durch die Korrelation des ESAS mit dem MEPS und dem DASH sowie einer ähnlichen Zusammensetzung des Patientenkollektivs stimmten die überwiegend exzellenten und sehr guten Ergebnisse dieser Studie durchaus mit den Resultaten der oben aufgeführten Studien überein. In der Hinsicht kann man also sagen, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese zu sehr guten postoperativen funktionellen Ergebnissen führt, auch im geriatrischen Patientenkollektiv.

## 5.9 Einfluss der winkelstabilen Plattenosteosynthese vs. Totale

### Ellenbogenprothese auf den ESAS für Frakturen Typ AO 13-C

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit lag im Vergleich der Ergebnisse der Typ AO 13-C Frakturen, welche mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese oder mit einer

Ellenbogenprothese (6x Latitude® Hemiprothese und 1x Coonrad-Morrey-TEP®) operativ versorgt worden sind. Die angegebenen Werte beziehen sich auf Tabelle 29, Seite 50. Der primäre Einbau einer Ellenbogenprothese bei distalen Humerusfrakturen erfolgt in unserem Haus deutlich zurückhaltender (6,25%) als die Verwendung von winkelstabilen Plattenosteosynthesen (30,2%). Die Patienten, welche primär mit einer Ellenbogenprothese versorgt wurden, waren im Durchschnitt 16,3 Jahre älter als die restlichen Patienten. Dies deckt sich auch mit der Literatur, dass die primäre Endoprothetik bei distalen Humerusfrakturen eher dem geriatrischen Patientenkollektiv vorbehalten ist (Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017, Plath, Förch et al. 2018). In Bezug auf den ESAS fiel das Ergebnis für beide Therapien sehr gut aus. Durchschnittlich 90,74 Punkte für die winkelstabile Plattenosteosynthese und 95,44 Punkte für die primäre Implantation der Prothese. Im Extensionsdefizit zeigte die Prothese sogar eine geringere Streckhemmung als die winkelstabile Plattenosteosynthese. In allen anderen Bereichen der Bewegung, vor allem aber in der Flexion, war die totale Ellenbogenprothese der winkelstabilen Platte aber deutlich unterlegen. So konnten die Patienten mit eingebauter Prothese im Durchschnitt nur noch Streck- und Beugebewegungen in einem Umfang von insgesamt 68° durchführen. Im Vergleich dazu betrug der Beuge- und Streckumfang bei den Plattenosteosynthesen immerhin durchschnittlich 89° (s. Tabelle 29, Seite 55). Obwohl die postoperativen Bewegungseinschränkungen nach Einbau einer totalen Ellenbogenprothese nicht zu vernachlässigen sind, so scheint ihr Einbau vor allem bei älteren Patienten mit mehrfragmentären distalen Humerusfrakturen durchaus gerechtfertigt zu sein, vor allem im Hinblick auf das gute Ergebnis im ESAS. Nicht zu vergessen ist allerdings, dass die Implantation der Prothese lebenslanglich die maximale Belastung des Arms auf 5kg beschränkt (Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017, Plath, Förch et al. 2018). Das entwickelte Konzept der totalen Endoprothese am Ellenbogen geht auf Cobb und Morrey (Cobb and Morrey 1997, Plath, Förch et al. 2018) zurück, welche 1997 ihre Ergebnisse, zusammengetragen aus der Untersuchung an 21 Patienten mit einem Follow-Up von 3,3 Jahren, publizierten. Schmidt-Horlohé et al. (Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017) gaben an, dass aufgrund der demografischen Entwicklung mit immer älter werdender Bevölkerung die Fälle von distalen Humerusfrakturen mit begleitend schlechter Knochenqualität immer weiter zunehmen würden und in diesen Fällen die adäquate Versorgung mittels Platten- oder Schraubenosteosynthese nicht mehr regelhaft möglich wäre. Bei richtiger Indikation und adäquater Patientenselektion wäre die

endoprothetische Versorgung angebracht (Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017), da bei geriatrischen Patienten in bis zu 30% ein Versagen der Plattenosteosynthese beobachtet werden würde (Korner, Lill et al. 2005, Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017). Für Plath et al. (Plath, Förch et al. 2018) ergab die Endoprothetik am Ellenbogen die Möglichkeit, besonders im geriatrischen Patientengut, eine unmittelbar postoperativ belastungsstabile Situation herzustellen und den älteren Patienten somit schnell und ohne großen rehabilitativen Mehraufwand zur Wiedererlangung der Selbständigkeit im Alltag zu verhelfen (Plath, Förch et al. 2018).

Als weitere wichtige Vorteile der Endoprothese gegenüber der Fixierung mittels Plattenosteosynthese wären die verkürzte Operationszeit und die relativ gut vorhersehbaren funktionellen Ergebnisse zu nennen (Korner, Lill et al. 2005, Müller, Kamineni et al. 2005, McKee, Veillette et al. 2009, Burkhart, Müller et al. 2010, Plath, Förch et al. 2018), welche die Ellenbogenprothese eben vor allem im geriatrischen Patientengut als Alternative anbieten. Der große Nachteil der Endoprothetik am Ellenbogen liegt in der lebenslangen Belastungslimitierung von 2,5-5 kg (Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017, Plath, Förch et al. 2018). Aufgrund der höheren funktionellen Ansprüche jüngerer Patienten und der höheren Lockerungs- und Revisionsfrequenz sollten die totalen Ellenbogenendoprothesen den älteren Patienten vorbehalten sein (Celli and Morrey 2009, Skyttä, Eskelinen et al. 2009).

In mehreren Studien (Cobb and Morrey 1997, Gambirasio, Riand et al. 2001, Garcia, Mykula et al. 2002, Ducrot, Ehlinger et al. 2013, Schmidt-Horlohé, Hoffmann et al. 2017) mit einem Nachuntersuchungszeitraum von bis zu 3 Jahren lagen die MEPS-Ergebnisse zwischen 83 und 95 Punkten und waren somit als gut bis sehr gut zu bewerten. Diese Ergebnisse stimmten somit mit den ESAS-Werten der vorliegenden Studie überein. Die Komplikationsraten variierten stark in den jeweiligen Studien und wurden mit Werten zwischen 5-53% angegeben, in 7% der Fälle waren Revisionen notwendig (Gambirasio, Riand et al. 2001, Garcia, Mykula et al. 2002, Ducrot, Ehlinger et al. 2013).

Die Endoprothetik hat als Ergänzung zu der plattenosteosynthetischen Versorgung bei distalen Humerusfrakturen durchaus ihre Daseinsberechtigung. Bei gerechtfertigter Indikation (*siehe Einleitung, Abschnitt 1.7.4 Operative Therapie, Ellenbogengelenkprothese*) stellt sie aufgrund gut vorhersehbarer, funktioneller Ergebnisse eine gute Alternative zur Plattenosteosynthese dar. Nichtsdestotrotz bleibt die winkelstabile Plattenosteosynthese bei

geeigneter Knochenqualität auch im geriatrischen Patientenkollektiv das Mittel der Wahl (Plath, Förch et al. 2018).

5.10 Einfluss eines Fixateur externe oder einer Revisionsoperation auf den ESAS  
Ein Fixateur externe gehört zur primären Notfallversorgung der distalen Humerusfrakturen (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010, Kösters, Raschke et al. 2015). Kriterien für die Anlage eines Fixateur externe sind unter anderem eine offene Fraktur, instabile Frakturen oder im Falle von distalen Humerusfrakturen auch der fehlende Zugriff auf ein erfahrenes Operationsteam (Rueger, Janssen et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Beller, Maier et al. 2010, Kösters, Raschke et al. 2015) (*siehe Einleitung, Kapitel 1.7.4 Operative Therapie, Fixateur externe*). Die genaue Indikation für einen Fixateur externe bei den Patienten der vorliegenden Arbeit wurden nicht eruiert. Insgesamt 10-Mal wurde in dieser Studie primär ein Fixateur externe angebracht, einmal bei einer Fraktur Typ AO 13-B und 9-Mal bei Typ AO 13-C Frakturen. Der ESAS betrug je 100 Punkte bzw. 100% für die 13-B-Fraktur und durchschnittlich 92,43 Punkte für die Typ AO 13-C Frakturen (Tabelle 31, Seite 52). Somit wurden auch für die vorübergehend ruhigestellten Frakturen ein sehr gutes Ergebnis erzielt.

Zu einer Revision kommt es meistens im Rahmen von postoperativen Komplikationen. In vorliegender Studie kam es in 11 Fällen zu einer Revisionsoperation. Davon waren 4 Arthrolysen aufgrund postoperativer Gelenksteife, 2 chirurgische Debridements aufgrund von Wundheilungsstörungen und 2 Schraubenwechsel. In Tabelle 28 wird auf die ESAS-Werte für die Revisionsoperationen eingegangen. Trotz nochmaliger Operation sind die funktionellen Ergebnisse alle im sehr guten Bereich. In vergleichbaren Studien wurden hauptsächlich folgende Komplikationen beschrieben: postoperative Neuropathie des N.ulnaris und N.radialis, welche sich in den meisten Fällen aber spontan zurückgebildeten (Papaioannou, Babis et al. 1995, Korner, Lill et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007, Greiner, Haas et al. 2008, Rebuzzi, Vascellari et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018), sowie Osteosyntheseversagen bzw. Implantatlockerung (Papaioannou, Babis et al. 1995, Korner, Lill et al. 2003, Rübberdt, Surke et al. 2008, Rebuzzi, Vascellari et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018). Seltener Komplikationen waren Fälle von verzögerte Knochenheilung (Greiner, Haas et al. 2008, Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010, Kuhlwilm, Schulz et al. 2018), Pseudarthrosen

(Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2010), Knochennekrosen (Schmidt-Horlohé, Bonk et al. 2013), heterotope Ossifikation (Papaioannou, Babis et al. 1995, Rebuzzi, Vascellari et al. 2010) und Wundinfekte (Papaioannou, Babis et al. 1995, Korner, Lill et al. 2005, Wenzl, Raimund et al. 2007). In der Studie von Kuhlwilm et al. (Kuhlwilm, Schulz et al. 2018) korrelierte der MEPS negativ linear mit der Anzahl der Komplikationen, was bedeutet, dass eine höhere Anzahl der Komplikationen mit einem schlechteren funktionellen Ergebnis einhergehen. Bei Greiner et al. (Greiner, Haas et al. 2008) kam es nur zu einer geringeren Anzahl von minderschweren Komplikationen, welche auch keinen schwerwiegenden Einfluss auf den MEPS hatten.

Auch wenn Komplikationen auftraten, war das somit nicht per se ein Kriterium für ein schlechtes Endergebnis nach distalen Humerusfrakturen. Viel mehr kam es auf das individuelle Management der jeweiligen Komplikation an und so konnten auch im Nachhinein sehr gute Endergebnisse eintreten.

#### 5.11 Methodenkritik und Fehlerquellen

Anhand der Ergebnisse dieser Studie wird ein Ceiling-Effekt deutlich. Nach McHorney und Tarlov (McHorney and Tarlov 1995), liegt ein Ceiling- bzw. Floor-Effekt vor, wenn mehr als 15% der Patienten den höchsten bzw. niedrigsten Wert erreicht haben. In dieser Studie wurde insgesamt 15-Mal der Maximalwert von 100 Punkten bzw. 100% im ESAS erreicht. Dies entspricht 15,6%. Keiner der Patienten erzielte einen ESAS von 0, also besteht kein Floor-Effekt.

Alleine von der Anatomie des distalen Humerus und den Frakturmechanismen würde man sich ein homogeneres Bild der Ergebnisse erwarten. Dass die Frakturen mit weniger Gelenkbeteiligung ein sehr gutes funktionelles und ESAS-Ergebnis zeigen und dass mit steigender Frakturschwere dann die Ergebnisse weniger gut ausfallen würden. Der ESAS allerdings lag durchgehend im sehr hohen Punktebereich. Auch bei den intraartikulären Typ AO 13-C- Frakturen waren fast ausschließlich sehr gute ESAS-Scores vorhanden. Im Rahmen der beobachteten Streckdefizite stimmten diese auch teilweise mit der Erwartung überein, nämlich dass die Extensionsdefizite mit zunehmender Beteiligung der Gelenkfläche deutlich zunehmen würden.

Dadurch dass es sich um eine subjektive, patientenbezogene Einschätzung handelte und die Patienten nicht klinisch, sondern nur über den Fragebogen evaluiert wurden, warf dies

mögliche Fehlerquellen auf. Weil keine direkte Kontrolle bei dem Ausfüllen des Fragebogens bestand, könnte die mögliche Motivation zum korrekten und gewissenhaften Ausfüllen der Teilnehmer in Frage gestellt werden. Auch muss man hinterfragen ob die befragten Patienten jede Frage richtig verstanden und somit richtig evaluiert haben. Da kein direkter Ansprechpartner zur Verfügung stand, besteht die Möglichkeit, dass die Patienten möglicherweise „nach bestem Wissen und Gewissen“ geantwortet haben und Werte angekreuzt haben, von denen sie dachten, dass diese von Ihnen erwartet wurden, die jedoch nicht der Realität entsprachen. Dies sind allerdings nur Möglichkeiten und Vermutungen, die möglicherweise einzelne Diskrepanzen in den Angaben erklären würden.

Ein Punkt, der die Vergleichbarkeit mit anderen internationalen Studien störte, war die ausschließliche Nutzung des ESAS-Fragebogens. In der Literatur wurden standardmäßig der Mayo Elbow Performance Score (MEPS) und der Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score (DASH) zur Evaluation herangezogen. Der ESAS verbindet zwar die wichtigsten Elemente dieser beiden Scores miteinander, allerdings konnten die Ergebnisse diese Studie nicht 1:1 auf die Outcomes vergleichbarer Studien übertragen werden und es konnte nur ein ungefährer Vergleich erhoben werden.

Dadurch dass der ESAS ein subjektiver Fragebogen ist und auch die Lebensqualität eingeschlossen wird, stellt dies auch ein Faktor dar, der den Score negativ beeinflussen kann. So muss man das Alter des Patienten bzw. auch seinen funktionellen Anspruch bedenken. Ein geriatrischer Patient mit geringem funktionellem Anspruch fühlte sich von resultierenden postoperativen Bewegungsdefizite vielleicht nicht so in seiner Lebensqualität eingeschränkt und bewertete sein Outcome subjektiv nicht als schlecht. Ein junger, sportlich aktiver Patient mit hohem Leistungsanspruch und einer geringgradig artikulären Fraktur mit minimalem Extensionsdefizit könnte dadurch in seiner sportlichen Aktivität so sehr eingeschränkt werden, dass dies für ihn eine Minderung der Lebensqualität darstellen würde und er somit das Outcome subjektiv als schlecht beurteilen würde. So könnten Frakturen, bei denen aufgrund ihres Mechanismus eigentlich ein gutes funktionelles Ergebnis zu erwarten wäre, einen eher schlechten ESAS hervorbringen, weil die subjektive Einschätzung des Patienten bei der Evaluation im Vordergrund stand und die objektive klinische Beurteilung fehlte.

Der Zeitaspekt des Follow-Ups muss auch bedacht werden. In den genannten internationalen Studien waren die Follow-Up-Zeiten teilweise sehr kurz gewählt, sodass noch gar kein

Endstadium der Heilung erreicht worden war. In der vorgelegten Arbeit wurden Patienten befragt, deren Frakturen teilweise schon 12 Jahre zurücklagen. Hier könnte sich möglicherweise ein Gewohnheitszustand bzgl. möglicher Funktionseinschränkungen eingestellt haben, sodass diese als nicht so störend empfunden würden. Eine Person, die frisch mit einem bewegungseingeschränkten Gelenk konfrontiert wird, könnte diesen Zustand dann möglicherweise als störender und subjektiv schlimmer empfinden. Somit könnte eine gewisse Diskrepanz im ESAS bei gleichen oder weniger schwerwiegendem Bewegungsdefizit entstehen.

Zudem ist anzumerken, dass aufgrund des teilweisen sehr langen zurückliegenden Zeitraums, viele Patienten mit studienrelevanter Fraktur im Nachhinein aufgrund unbekanntem Umzugs oder zwischenzeitlichem Tod nicht mehr eingeschlossen werden konnten. Bei einem noch größeren Patientenkollektiv würden eventuell verlässlichere Aussagen getätigt werden können bzw. die Einzelfälle aus dieser Studie sozusagen bestätigt oder widerlegt werden.

Die Anzahl der Patienten in den untersuchten Kategorien ließ keine allgemein gültigen Aussagen zu. Mit teilweise 3 Patienten als Kollektiv (z.B. K-Draht-Osteosynthese oder konservative Behandlung) konnte kein aussagekräftiger Mittelwert gebildet werden, der einigermaßen auf eine Grundgesamtheit rückschließen lässt. Bei dann exzellenten oder möglicherweise auch sehr schlechten Ergebnissen musste von Einzelfällen ausgegangen werden. Auch wenn in dieser Arbeit die konservative Behandlung sehr gute Ergebnisse erzielt hatte, so musste man doch die allgemein eher schlechteren Resultate aus den internationalen Studien berücksichtigen, welche mit einem aussagekräftigeren Patientenkontingent durchgeführt worden sind.

## 6. Zusammenfassung

Die distale Humerusfraktur stellt aufgrund ihrer Anatomie und dem Frakturmechanismus immer noch eine Herausforderung für den behandelnden Operateur dar. Die Fraktur ist mit einer Inzidenz von nur 3-6 Frakturen pro 100.000 Einwohner relativ selten und macht knapp 2% aller Frakturen des Menschen aus. Häufig ist ein Hochrasantstrauma der Grund für die komplexen Frakturen, aber auch ein höheres Alter der Patienten und die damit einhergehende schlechtere Knochenqualität stellen mögliche Ursachen für eine zunehmende Inzidenz der Fraktur des distalen Humerus dar.

Zur Evaluation des posttherapeutischen Outcomes der Patienten mit distalen Humerusfrakturen, welche in der Klinik für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar behandelt worden sind, wurde der ESAS-Fragebogen benutzt. Dieser beruht im Sinne eines Patient related Outcome Measure (PROM) auf der subjektiven Einschätzung des einzelnen Patienten bezüglich der Funktionalität des betroffenen Ellenbogens und berücksichtigt zusätzlich die subjektiv empfundene Lebensqualität in Bezug auf den betroffenen Ellenbogen. Außerdem vereint er die wichtigsten Punkte der international standardisiert angewandten Fragebögen, dem „Mayo Elbow Performance Score“ (MEPS) und dem „Disabilities of the arm, shoulder and hand score“ (DASH). In dieser Arbeit wurden retrospektiv 96 Patienten, davon 60 Frauen und 36 Männer mit einem durchschnittlichen Alter von 54 Jahren (12-90 Jahre) untersucht. Die Dauer des Follow-Ups betrug im Durchschnitt 3,34 Jahre (0,6-13,1 Jahre). Die distalen Humerusfrakturen wurden mithilfe der existierenden Röntgen- und CT-Bildern sowie den entsprechenden OP-Berichten nach AO klassifiziert und den ausgewählten Patienten wurde der ESAS-Fragebogen zugeschickt, mit dem sie den Status ihres ehemals verletzten Ellenbogens eigenständig evaluieren konnten. Maximal 100 Punkte konnten erreicht werden, dies entspräche einem perfekten Ergebnis. Die Anwendung von diesem validierten

Fragebogen stellte die erste Verwendung in einer größeren Studie dar. Aus diesen Angaben und den Informationen der implantierten Osteosynthesen wurden die jeweiligen Outcomes berechnet und somit konnten die funktionellen Ergebnisse bezüglich ESAS und verwendeten Osteosynthesen verglichen werden. Prinzipiell ist bei der Therapie von distalen Humerusfrakturen sowohl ein konservatives als auch operatives Vorgehen möglich.

In Hinblick auf die konservative Therapie konnten in dieser Arbeit zwar exzellente Resultate erzielt werden, die geringe Anzahl an Patienten ( $n=3$ ) ließ allerdings keinen Rückschluss auf eine Grundgesamtheit zu. Es handelte sich ausschließlich um extraartikuläre AO 13-A-Frakturen und der durchschnittliche ESAS betrug  $99,4 \pm 0$  Punkte. Aufgrund der geringen Fallzahl konnten die Ergebnisse nur für diese Studie geltend gemacht werden, die sich auf die behandelten distalen Humerusfrakturen im Klinikum rechts der Isar bezieht. Die internationale Literatur beschreibt, dass die konservative Therapie nur besonderen Indikationen wie z.B. schwerwiegenden Kontraindikationen gegenüber operativen Verfahren, Multimorbidität der Patienten verbunden mit erhöhter Mortalität oder nicht-dislozierte Frakturen ohne Gelenkbeteiligung vorbehalten sein soll.

In Bezug auf den internationalen operativen Standard, der winkelstabilen Plattenosteosynthese, konnte für alle distalen Humerusfrakturen auch im Vergleich zu anderen, ähnlichen Studien exzellente bis sehr gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden, sowohl auf den ESAS als auch in Bezug auf die Beweglichkeit des betroffenen Ellenbogens. Vor allem auch bei intraartikulären Typ AO 13-C-Frakturen, welche standardmäßig mittels winkelstabiler Doppelplattenosteosynthese und Olecranonosteotomie versorgt werden, waren die ESAS-Werte in einem sehr guten bis exzellenten Bereich mit einem ESAS-Score von  $98,58 \pm 0,78$  Punkten. Die Implantation einer Ellenbogenprothese als alternative Versorgung von distalen Humerusfrakturen in einem hauptsächlich geriatrischen Kollektiv erzielte sehr gute bis exzellente ESAS-Werte mit durchschnittlich  $90,41 \pm 9,31$  Punkten. Die vorgelegten ESAS-Ergebnisse des Vergleichs der Versorgung mit winkelstabilen Plattenosteosynthesen und einer Ellenbogenprothese konnten die internationale Literatur in ihrer These unterstützen, nämlich dass die Ellenbogenprothese, bei adäquat evaluierter Indikation, eine valide Therapieoption darstellt. Es ist aber im Kontext der gängigen Literatur festzuhalten, dass der Gelenkerhalt, insbesondere bei einem nicht-geriatrischen Kollektiv mit einem hohen funktionellen Anspruch und erforderlicher Belastbarkeit des Ellenbogens, immer

vordergründig anzustreben ist. Allgemein betrachtet lagen 82,3 % aller Ergebnisse im exzellenten Bereich, 13,5% fielen gut aus und nur 4,2% der funktionellen Ergebnisse waren zufriedenstellend. Kein ESAS lag in den vorgelegten Daten unter 70 Punkten, somit konnte kein schlechtes Ergebnis in dieser Studie verzeichnet werden.

Die Anzahl der Komplikationen in der vorgelegten Arbeit fiel gering aus. In der Art der Komplikationen, nämlich überwiegend postoperative N. ulnaris-Läsion oder notwendige Arthrolyse stimmten die Angaben dieser Arbeit mit den verglichenen Studien der gängigen Literatur überein. Die ESAS-Werte fielen trotz dessen auch im Vergleich eher gut aus.

Die unmittelbare Vergleichbarkeit dieser Arbeit mit internationalen Studien ist in der Hinsicht eingeschränkt, da in unserer Arbeit ausschließlich der ESAS als Evaluationstool benutzt wurde. Andere internationale Studien verwendeten die etablierten Scores MEPS und DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score). Ein ungefährender Vergleich ist aber dank einer Korrelation des ESAS mit dem MEPS und dem DASH möglich. Durch die spezifische Untersuchung der ROM wurde diese Vergleichbarkeit nochmal verstärkt.

Zusammenfassend kann erhoben werden, dass die Patienten, welche aufgrund einer distalen Humerusfraktur in unserer Abteilung für Unfallchirurgie im Klinikum rechts der Isar behandelt worden sind, zufrieden bis sehr zufrieden mit ihrem Therapieergebnis waren. Dies spricht auch für unsere korrekte Indikationsstellung und den gewählten Behandlungsplan. Anhand der Ergebnisse des ESAS wurde auch deutlich, dass für die Bewertung eines Behandlungsergebnisses und somit auch Wahl der Therapie, nicht ausschließlich die ärztlich objektiven Befunde zählen, sondern auch die individuellen Lebensumstände der Patienten berücksichtigt werden sollte. Nur somit erreicht man eine subjektiv als gut empfundene Lebensqualität und dies steigert somit auch die Zufriedenheit der Patienten mit ihrem Behandlungsergebnis. Durch den Einsatz von Patient related outcome measures (PROM) bekommt das subjektive Empfinden der Patienten eine große Bedeutung in der Interpretation von objektiven Befunden, sodass es hier zu Diskrepanzen in der Wahrnehmung der Ergebnisse kommen kann. Inwiefern die subjektive Wahrnehmung von der objektiven Befunderhebung abweicht, aus welchen subjektiven Gründen ein funktionell eingeschränktes Gelenk trotzdem zu einer hohen Patientenzufriedenheit führen kann oder welchen Einfluss ein funktionell eingeschränktes Gelenk auf die subjektiv wahrgenommene Lebensqualität hat, wäre Gegenstand zukünftiger Forschung.

## Danksagung

Hiermit möchte ich mich bedanken bei meinem Doktorvater, Prof. Dr. med. Chlodwig Kirchhoff und meinem Mentor, Dr. med. Arne Buchholz, für die Überlassung des Themas, die tatkräftige Unterstützung bei der Korrektur meiner Dissertation und dem Anfertigen des Papers, welches im Rahmen dieser Doktorarbeit eingereicht wurde.

Außerdem gilt ein Dank Herrn Julian Zapf als direkter Doktorandenbetreuer, vor allem in der Anfangszeit für die Heranführung an das Thema und Unterstützung in den ersten Schritten der Dissertation.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, nicht nur für die moralische und emotionale Unterstützung in jeglichen Phasen der Dissertation, sondern auch für die bedingungslose Unterstützung in bisher jeglichen Phasen meines Lebens, aber vor allem während des ganzen Studiums und meiner bisherigen Zeit als Assistenzärztin.

## Literaturverzeichnis

(AWMF)-Leitlinienkommission, A. d. W. M. F., d. D. G. f. U. e. V. (DGU), H. Prof. Dr. Karl-Heinz Frosch, M. Priv.-Doz. Dr. Christian Kammerlander, M. Dr. Tobias Helfen and B. Dr. Martin Hoffmann (2017). "Leitlinien Unfallchirurgie- Oberarmkopffraktur."

Ali, A. M., E. Y. Hassanin, A.-E.-R. A. El-Ganainy and T. Abd-Elmola (2008). "Management of intercondylar fractures of the humerus using the extensor mechanism-sparing paratricipital posterior approach." Acta Orthopaedica Belgica **74**(6): 747.

Aumüller, G., G. Aust, J. Engele, J. Kirsch and G. Maio (2010). Schulter, Oberarm und Ellenbogen - Ellenbogengelenk (Articulatio cubiti). Duale Reihe Anatomie, Georg Thieme Verlag. **2**: 405-410.

Bail, H., P. Schwabe and S. Greiner (2015). "Distale Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **17**(1): 120-125.

Bauer, G. and I. Hoellen (1997). "Die distale intraartikuläre Humerusfraktur, Diagnostik, Operationstechnik und Ergebnisse." Aktuelle Traumatologie **27**(4): 125-131.

Beaton, D. E. and R. R. Richards (1996). "Measuring function of the shoulder. A cross-sectional comparison of five questionnaires." J Bone Joint Surg Am **78**(6): 882-890.

Beaton, D. E., J. G. Wright, J. N. Katz and U. E. C. Group (2005). "Development of the QuickDASH: comparison of three item-reduction approaches." JBJS **87**(5): 1038-1046.

Beirer, M., H. Friese, A. Lenich, M. Cronlein, G. H. Sandmann, P. Biberthaler, C. Kirchhoff and S. Siebenlist (2015). "The Elbow Self-Assessment Score (ESAS): development and validation of a new patient-reported outcome measurement tool for elbow disorders." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.

Beller, J., D. Maier, M. Arand and T. Geyer (2010). "Behandlungsstrategie bei distalen Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **12**(S3): 273-278.

Benninghoff, A., D. Drenckhahn and J. Waschke (2008). Taschenbuch anatomie, Elsevier, Urban & Fischer.

Bonnaire, F. and P. Bula (2010). "Distale Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **12**(2): 96-103.

Broberg, M. A. and B. F. Morrey (1987). "Results of treatment of fracture-dislocations of the elbow." Clinical orthopaedics and related research(216): 109-119.

Burkhart, K., S. Siebenlist, M. Hackl, S. Greiner, C. Gerhardt, A. Lenich, K. Wegmann, K. Mader, B. Hollinger and L. Müller (2018). "Konservative Therapie in der Ellenbogentraumatologie." Obere Extremität: 1-8.

Burkhart, K. J., L. P. Müller, C. Schwarz, S. G. Mattyasovszky and P. M. Rommens (2010). "Behandlung der komplexen intraartikulären Fraktur des distalen Humerus mittels Latitude- Ellenbogenprothese." Operative Orthopädie und Traumatologie **22**(3): 279-298.

Capuano, L., S. Poulain, P. Hardy, U. Longo, V. Denaro and N. Maffulli (2011). "No correlation between physicians administered elbow rating systems and patient's satisfaction." The Journal of sports medicine and physical fitness **51**(2): 255-259.

Celli, A. and B. F. Morrey (2009). "Total elbow arthroplasty in patients forty years of age or less." JBJS **91**(6): 1414-1418.

Cobb, T. K. and B. F. Morrey (1997). "Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients." JBJS **79**(6): 826-832.

DGOU- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, A. T. S. P. T. u. R. d. D. (2016). "Nachbehandlungsempfehlungen 2016." 32.

Dietz, S.-O., T. E. Nowak, K. J. Burkhart, L. P. Müller and P. M. Rommens (2011). "Distale Humerusfraktur beim älteren Menschen." Der Unfallchirurg **114**(9): 801.

Doornberg, J. N., P. J. Van Duijn, D. Linzel, D. C. Ring, D. Zurakowski, R. K. Marti and P. Kloen (2007). "Surgical treatment of intra-articular fractures of the distal part of the humerus: functional outcome after twelve to thirty years." JBJS **89**(7): 1524-1532.

Douglas, K., L. K. Cannada, K. R. Archer, D. B. Dean, S. Lee and W. Obrebsky (2012). "Incidence and risk factors of heterotopic ossification following major elbow trauma." Orthopedics **35**(6): e815-e822.

Ducrot, G., M. Ehlinger, P. Adam, A. Di Marco, P. Clavert and F. Bonomet (2013). "Complex fractures of the distal humerus in the elderly: is primary total elbow arthroplasty a valid treatment alternative? A series of 20 cases." Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research **99**(1): 10-20.

Elmadag, M., M. Erdil, K. Bilsel, M. A. Acar, N. Tuncer and I. Tuncay (2014). "The olecranon osteotomy provides better outcome than the triceps-lifting approach for the treatment of distal humerus fractures." European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology **24**(1): 43-50.

Gambirasio, R., N. Riand, R. Stern and P. Hoffmeyer (2001). "Total elbow replacement for complex fractures of the distal humerus." Bone & Joint Journal **83**(7): 974-978.

Gambirasio, R., N. Riand, R. Stern and P. Hoffmeyer (2001). "Total elbow replacement for complex fractures of the distal humerus: an option for the elderly patient." The Journal of bone and joint surgery. British volume **83**(7): 974-978.

Garcia, J., R. Mykula and D. Stanley (2002). "Complex fractures of the distal humerus in the elderly: the role of total elbow replacement as primary treatment." The Journal of bone and joint surgery. British volume **84**(6): 812-816.

Got, C., J. Shuck, A. Biercevicz, D. Paller, M. Mulcahey, M. Zimmermann, T. Blaine and A. Green (2012). "Biomechanical comparison of parallel versus 90-90 plating of bicolmn distal humerus fractures with intra-articular comminution." The Journal of hand surgery **37**(12): 2512-2518.

Greiner, S., N. Haas and H. Bail (2008). "Outcome after open reduction and angular stable internal fixation for supra-intercondylar fractures of the distal humerus: preliminary results with the LCP distal humerus system." Archives of orthopaedic and trauma surgery **128**(7): 723-729.

Hackl, M., V. Rausch, C. Ries, L. Müller and K. Wegmann (2018). "Olekranonfrakturen." Der Unfallchirurg: 1-12.

Helfet, D. L. and R. N. Hotchkiss (1990). "Internal fixation of the distal humerus: a biomechanical comparison of methods." Journal of orthopaedic trauma **4**(3): 260-264.

HELFET, D. L. and G. J. SCHMELING (1993). "Bicondylar Intraarticular Fractures of the Distal Humerus in Adults." Clinical Orthopaedics and Related Research **292**: 26-36.

Huang, T.-L., F.-Y. Chiu, T.-Y. Chuang and T.-H. Chen (2004). "Surgical treatment of acute displaced fractures of adult distal humerus with reconstruction plate." Injury **35**(11): 1143-1148.

Jawa, A., P. McCarty, J. Doornberg, M. Harris and D. Ring (2006). "Extra-articular distal-third diaphyseal fractures of the humerus: a comparison of functional bracing and plate fixation." JBJS **88**(11): 2343-2347.

Jester, A., A. Harth, G. Wind, G. Germann and M. Sauerbier (2005). "Disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) questionnaire: determining functional activity profiles in patients with upper extremity disorders." Journal of hand surgery **30**(1): 23-28.

JUPITER, J. B. (1994). "Complex Fractures of the Distal Part of the Humerus and Associated Complications." JBJS **76**(8): 1252-1264.

Jupiter JB, M., B. F. (1993). Morrey BF, ed. The Elbow and its Disorders, Philadelphia, PA: W.B. Saunders.

King, G. J., R. R. Richards, J. D. Zuckerman, R. Blasier, C. Dillman, R. J. Friedman, G. M. Gartsman, J. P. Iannotti, J. P. Murnahan and V. C. Mow (1999). "A standardized method for assessment of elbow function." Journal of shoulder and elbow surgery **8**(4): 351-354.

Korner, J., H. Lill, L. P. Müller, M. Hessmann, K. Kopf, J. Goldhahn, O. Gonschorek, C. Josten and P. M. Rommens (2005). "Distal humerus fractures in elderly patients: results after open reduction and internal fixation." Osteoporosis international **16**(2): S73-S79.

Korner, J., H. Lill, L. P. Müller, P. M. Rommens, E. Schneider and B. Linke (2003). "The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures--biological, biomechanical and surgical aspects." Injury **34**: B20-30.

Kösters, C., M. Raschke and B. Schliemann (2015). "Die distale Humerusfraktur--wann und welche Osteosynthese?" Trauma und Berufskrankheit **17**(1): 2-6.

Kuhlwilm, V., A. Schulz and F. Renken (2018). "Ergebnisse der multidirektional-winkelstabilen Versorgung distaler Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **20**(2): 134-144.

Lauder, A. and M. J. Richard (2020). "Management of distal humerus fractures." European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology: 1-18.

Lee, S. K., K. J. Kim, K. H. Park and W. S. Choy (2014). "A comparison between orthogonal and parallel plating methods for distal humerus fractures: a prospective randomized trial." European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology **24**(7): 1123-1131.

Longo, U. G., F. Franceschi, M. Loppini, N. Maffulli and V. Denaro (2008). "Rating systems for evaluation of the elbow." British Medical Bulletin **87**(1): 131-161.

Mader, K., D. Pennig, T. Gausepohl and A. Wolke (2004). "Arthrolysis of the elbow joint." Der Unfallchirurg **107**(5): 403-411; quiz 412-403.

Mariusz Bonczar, D. R., David Ring. (2007). "Distal humerus - Partial articular, lateral sagittal." Retrieved 08.12.2018, from <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?bone=Humerus&segment=Distal&classification=13-Partial%20articular,%20lateral%20sagittal&showPage=indication>.

McHorney, C. A. and A. R. Tarlov (1995). "Individual-patient monitoring in clinical practice: are available health status surveys adequate?" Quality of life research **4**(4): 293-307.

McKee, M. D., C. J. Veillette, J. A. Hall, E. H. Schemitsch, L. M. Wild, R. McCormack, B. Perey, T. Goetz, M. Zomar and K. Moon (2009). "A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction--internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients." Journal of Shoulder and Elbow Surgery **18**(1): 3-12.

Mittlmeier, T. and M. Beck (2009). "Bewegungsfixateur am Ellenbogen." Der Unfallchirurg **112**(5): 506-512.

Morger, R. (1972). "Verletzungen am kindlichen Ellenbogen." Z. Kinderchir.[Suppl.] **11**: 717-736.

Müller-Mai, C. and A. Ekkernkamp (2010). Distaler Oberarm in Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen: 41-56, Springer-Verlag.

Müller-Mai, C. and A. Ekkernkamp (2010). Klassifikationen in der Unfallchirurgie in Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen: 1-12, Springer-Verlag.

Müller, L. P., S. Kamineni, P. M. Rommens and B. F. Morrey (2005). "Primäre totale Ellenbogenprothese zur Versorgung distaler Humerusfrakturen Primary Total Elbow Replacement for Fractures of the Distal Humerus." Oper Orthop Traumatol **17**: 119-142.

Müller, M., F. Greve, P. Rittstieg, M. Beirer and P. Biberthaler (2020). "Documentation of self-reported patient outcomes in trauma surgery: Clinical benefits of patient reported outcome measures." Der Unfallchirurg: 1-6.

Müller, M. E., M. Allgöwer, R. Schneider and H. Willenegger (1977). Appendix A- Die umfassende Klassifikation der langen Röhrenknochen in Manual der Osteosynthese/ AO-Technik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Nauth, A., M. D. McKee, B. Ristevski, J. Hall and E. H. Schemitsch (2011). "Distal humeral fractures in adults." JBJS **93**(7): 686-700.

Niemeyer, A. and J.-F. Marx (2020). "Patient reported outcome measurements in orthopedics and trauma surgery: Chances and risks for statutory quality assurance." Der Unfallchirurg: 1-6.

Nowak, T., S. Dietz, K. Burkhart, L. Müller and P. Rommens (2012). "Frakturen des Ellenbogengelenkes." Der Chirurg **83**(2): 181-198.

Otto, W. (2003). "Behandlungsstrategie bei distalen Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **5**: s17-s21.

Papaioannou, N., G. C. Babis, J. Kalavritinos and T. Pantazopoulos (1995). "Operative treatment of type C intra-articular fractures of the distal humerus: the role of stability achieved at surgery on final outcome." Injury **26**(3): 169-173.

Penzkofer, R., S. Hungerer, F. Wipf, G. Von Oldenburg and P. Augat (2010). "Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures." Clinical Biomechanics **25**(10): 972-978.

Plath, J. E., S. Förch, T. Haufe and E. J. Mayr (2018). "Ellenbogenfraktur im Alter—Erhalt oder Ersatz?" Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie **156**(01): 30-40.

Rebuzzi, E., A. Vascellari and S. Schiavetti (2010). "The use of parallel pre-contoured plates in the treatment of A and C fractures of the distal humerus." Musculoskeletal surgery **94**(1): 9-16.

Robinson, C. M., R. M. Hill, N. Jacobs and G. Dall (2003). "Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment." Journal of orthopaedic trauma **17**(1): 38-47.

Rübberdt, A., C. Surke, T. Fuchs, U. Frerichmann, L. Matuszewski, V. Vieth and M. Raschke (2008). "Preformed plate-fixation system for type AO 13C3 distal humerus fractures: clinical experiences and treatment results taking access into account." Der Unfallchirurg **111**(5): 308-322.

Rüedi, T. P. and W. M. Murphy (2000). "AO principles of fracture management." Davos: AO Publishing & Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag.

Rueger, J., A. Rücker and D. Briem (2007). "Distale humerusfraktur." Der Chirurg **78**(10): 959-972.

Rueger, J. M., A. Janssen, F. Barvencik and D. Briem (2005). "Distale Humerusfraktur." Der Unfallchirurg **108**(1): 49-58.

Sathyamoorthy, P., G. J. Kemp, A. Rawal, V. Rayner and S. P. Frostick (2004). "Development and validation of an elbow score." Rheumatology **43**(11): 1434-1440.

Schmidt-Horlohé, K., A. Bonk, P. Wilde, L. Becker and R. Hoffmann (2010). "Funktionelle Ergebnisse nach winkelstabiler Osteosynthese der distalen Humerusfraktur mit einem anatomisch präformierten Doppelplattensystem." Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie **148**(03): 300-308.

Schmidt-Horlohé, K., A. Bonk, P. Wilde, L. Becker and R. Hoffmann (2013). "Promising results after the treatment of simple and complex distal humerus type C fractures by angular-stable double-plate osteosynthesis." Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research **99**(5): 531-541.

Schmidt-Horlohé, K., R. Hoffmann and P. Wilde (2017). "Endoprothetik bei distalen Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **19**(2): 177-183.

Skyttä, E. T., A. Eskelinen, P. Paavolainen, M. Ikävalko and V. Remes (2009). "Total elbow arthroplasty in rheumatoid arthritis: a population-based study from the Finnish Arthroplasty Register." Acta orthopaedica **80**(4): 472-477.

Stannard, J. P., A. H. Schmidt, P. J. Kregor, A. Wentzensen, F. Gebhard, P. A. Grützner, S. Ruchholtz and U. Stöckle (2011). Spezielle Unfallchirurgie, Georg Thieme Verlag.

Sur, Y. J., Y. Kim and H. Y. Park (2020). "Results of plate fixation for transcondylar fracture of the distal humerus: a rare pattern of fractures." JSES International.

Taeger, G. and D. Nast-Kolb (2001). "Distale Humerusfrakturen beim Kind." Der Unfallchirurg **104**(5): 435-445.

The, B., I. H. Reininga, M. El Moumni and D. Eygendaal (2013). "Elbow-specific clinical rating systems: extent of established validity, reliability, and responsiveness." Journal of Shoulder and Elbow Surgery **22**(10): 1380-1394.

von Laer, L., R. Kraus and W. E. Linhart (2012). Frakturen und luxationen im wachstumsalter, Georg Thieme Verlag.

Wagner, F., T. Hölz, L. Hohloch, N. Suedkamp and K. Reising (2018). "Neues Hakenplattensystem für Olekranonfrakturen und-osteotomien." Obere Extremität **13**(1): 38-44.

Walz, M. and F. Auerbach (2006). "Die distale intraartikuläre Humerusfraktur beim alten Menschen." Der Unfallchirurg **109**(11): 940-947.

Weise, K. (2000). "Was man über die kindliche Fraktur des Ellbogengelenks wissen sollte." Trauma und Berufskrankheit **2**(1): S51-S56.

Weise, K., E. Schwab and T. M. Scheufele (1997). "Ellenbogenverletzungen im Kindesalter." Der Unfallchirurg **100**(4): 255-269.

Wenzl, M. E., F. Raimund, S. Fuchs, A. Paech and C. Jürgens (2007). "Distale Humerusfrakturen." Trauma und Berufskrankheit **9**(2): S183-S191.

#### BILDZITATE

**Abb.1, S.9:** Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M. and Wesker K. (2011). „Knöcherner Anatomie des Ellenbogengelenks“, Prometheus- Lernatlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 3. Auflage, S.276, Abb. A, Copyright 2011 Georg Thieme Verlag

**Abb.2, S.15 :** Müller-Mai, C. and A. Ekkernkamp (2010). „Kodierungsweg nach der alphanumerisierten AO-Klassifikation" (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 1.5, S. 7), Klassifikationen in der Unfallchirurgie in Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen, S.1-12, Copyright 2010 Springer-Verlag.

**Abb.3, 1.16 :** Müller-Mai, C. and A. Ekkernkamp (2010). „Extra- und intraartikuläre Frakturen, distaler Oberarm“ (Müller-Mai and Ekkernkamp 2010, Abb. 4.1, Seite 43), Distaler Oberarm in Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen, S.41-56, Copyright 2010 Springer-Verlag.

Anhang



# Münchner Ellenbogen Score

Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie  
Klinikum rechts der Isar München  
H.J.B. Friese, M. Beizer, S. Siebenlist, P. Biberthaler

Patienten ID

|   |                          |                          |                           |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Datum:</b>   |                          |                          |                           |                          |
| <b>Geschlecht:</b>  |                          | <b>männlich</b>          |                           | <b>weiblich</b>          |
|   |                          | <input type="checkbox"/> |                           | <input type="checkbox"/> |
| <b>Welcher Ellenbogen ist betroffen?</b>  |                          | <b>rechts</b>            | <b>links</b>              | <b>beide</b>             |
|   |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Falls beide Ellenbogen betroffen sind:<br/>Für welchen Ellenbogen füllen Sie den<br/>Fragebogen aus?</b> |                          |                          | <b>rechts</b>             | <b>links</b>             |
|   |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Berufstätig:</b>   | <b>Ja</b>                | <b>Nein</b>              | <b>Rentner(_____%MdE)</b> | <b>Hausfrau</b>          |
|   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |
| <b>wenn "ja": In welchem Beruf?</b>   |                          |                          |                           |                          |
| <b>wenn "nein": Aufgrund Ihres Ellenbogens?</b>   |                          |                          |                           |                          |
|   |                          |                          | <b>Ja</b>                 | <b>Nein</b>              |
|   |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Nehmen Sie Medikamente zur Linderung<br/>der Schmerzen in Ihrem Ellenbogen ?</b>                         |                          |                          |                           |                          |
|   |                          |                          | <b>Ja</b>                 | <b>Nein</b>              |
|   |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |
| <br><b>Wenn ja, welche?</b>   |                          |                          |                           |                          |

1. Wie stark waren die maximalen Schmerzen in Ihrem Ellenbogen in den letzten 4 Wochen?

Keine  Unerträglich

2. Wie stark waren die durchschnittlichen Schmerzen in Ihrem Ellenbogen in den letzten 4 Wochen?

Keine  Unerträglich

3. Wie oft hatten Sie in den letzten 4 Wochen Schmerzen in Ihrem Ellenbogen?

Nie  Immer

4. Wie oft hatten Sie in den letzten 4 Wochen nächtliche Schmerzen in Ihrem Ellenbogen?

Nie  Immer

5. Wie oft hatten Sie in den letzten 4 Wochen Schmerzen in Ruhe in Ihrem Ellenbogen?

Nie  Immer

6. Nahmen in den letzten 4 Wochen die Schmerzen in Ihrem Ellenbogen zu, wenn Sie diesen bewegten?

Gar nicht  Unerträglich

7. Mein Ellenbogen kribbelte und/oder war taub in den letzten 4 Wochen (Bitte auch ausfüllen, wenn Sie Kribbeln oder Taubheit an dem zugehörigen Unterarm oder der Hand empfunden haben!)?

Nie  Unerträglich

8. Bitte markieren Sie jede Ihnen mögliche Bewegung mit einem Kreuz (mehrere Kreuze möglich)!



9. Bitte markieren Sie jede Ihnen mögliche Bewegung mit einem Kreuz (mehrere Kreuze möglich)!



10. Wie viel Kilogramm können Sie in einer Einkaufstasche mit ihrem betroffenen Ellenbogen in der abgebildeten Position für ca. 5 Sekunden halten?



\_\_\_\_\_ (Hier bitte Kilogramm eintragen)

11. Wie stark war das Gefühl der Instabilität in Ihrem Ellenbogen in den letzten 4 Wochen?

Keine Instabilität  Unerträglich

12. Haben Sie das Gefühl, dass Ihr Ellenbogen die Kraft Ihres Armes einschränkt?

Gar nicht

Komplett

13. Mein Ellenbogen behindert mich beim Tragen von Gegenständen.

Nie

Unmöglich

14. Mein Ellenbogen behindert mich beim Anziehen/Wechseln meiner Bekleidung.

Nie

Unmöglich

15. Mein Ellenbogen behindert mich bei der täglichen Körperhygiene /-pflege.

Nie

Unmöglich

16. Mein Ellenbogen behindert mich bei der Zubereitung meiner Nahrung.

Nie

Unmöglich

17. Mein Ellenbogen behindert mich bei meiner Fortbewegung.

Nie

Unmöglich

18. Ich habe das Gefühl, dass ich wegen meines Ellenbogens weniger Lebensqualität habe.

Überhaupt nicht Ja, sehr

19. Ich grübele oft über meinen Ellenbogen bzw. die damit verbundenen Schmerzen.

Überhaupt nicht Immer

20. Mein Ellenbogen behindert mich bei Sport und Freizeitaktivitäten.

Nie Unmöglich

21. Behindert Sie Ihr Ellenbogen bei der Arbeit?

Nie Unmöglich

22. Haben Sie Beschwerden beim Abstützen auf dem betroffenen Arm

Ohne Probleme Unmöglich

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**