

Diplomarbeit

**Outcome nach Platten-Osteosynthese von
supradiakondylären Humerusfrakturen (AO 13 C1 - 3)**

eingereicht von

Peter Wenzelburger

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Paul Puchwein

Dr.med.univ. Karina Hönck

Graz, 31.05.2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 31.05.2024

Peter Wenzelburger eh.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, um mich bei all jenen zu bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und diese Arbeit ermöglicht haben.

Zu aller erst möchte ich mich ganz herzlich bei Dr.med.univ. Karina Hönck für die Anleitung der Untersuchungen, für die Betreuung und Unterstützung bei meiner Diplomarbeit bedanken. Ebenso geht mein Dank an Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Paul Puchwein für die Hauptbetreuung dieser Arbeit.

Herzlich möchte ich meinen Eltern danken, die mir dieses Studium ermöglicht und mich auf dem gesamten Weg unterstützt haben. Ich konnte mich in jeder Lebenslage auf eure bedingungslose Unterstützung, euren Rat und euren Beistand verlassen.

Ein besonderer Dank geht an meine Freundin Astrid und meine Freund*innen, welche mich auf dem Weg durchs Medizinstudium begleitet haben und mir zur Seite standen.

Danke, dass ihr immer ein offenes Ohr, Zeit und motivierende Worte für mich hattet.

Zusammenfassung

Einleitung:

Die distale Humerusfraktur ist eine seltene, aber aufgrund ihrer Komplexität, eine anspruchsvoll zu versorgende Fraktur. Die supradiakondyläre Fraktur weist zwei Alterspeaks auf, einmal in jungen Jahren mit Polytraumen und dann bei älteren durch Stürze. Durch die steigende Lebenserwartung und die damit verbundene steigende Aktivität bis ins hohe Alter, muss die Versorgung immer höheren Belastungen standhalten. Zudem erschwert die im Alter zunehmende Osteoporoserate die Versorgung. Ziel dieser Studie ist die Evaluierung, ob die derzeit angewandten Osteosyntheseverfahren immer noch zufriedenstellende Ergebnisse liefern und als state of the art weiterhin vertretbar sind.

Methoden:

Für die Studie wurden retrospektiv Daten von 56 Patient*innen, welche vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2018 an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie der Medizinischen Universität Graz aufgrund einer distalen Humerus-C-Fraktur mittels Plattenosteosynthese operativ versorgt wurden, erhoben. Darüber hinaus wurden 16 Patient*innen für eine einmalige klinische und radiologische Nachuntersuchung zur Erhebung des funktionellen und subjektiven Outcomes, sowie zur Erfassung etwaiger Komplikationen, einberufen. Weitere fünf Proband*innen nahmen im Rahmen von Fragebögen teil. Drei davon retournierten zusätzlich Videos/Fotos des Bewegungsausmaßes ihrer Ellenbogengelenke. Die Datenauswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik. Ergänzend wurden die Ergebnisse mit bereits bestehenden Studien verglichen und diskutiert.

Ergebnisse:

Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Verletzung betrug 62,6 Jahre, etwa 21 % der Operierten waren bereits verstorben. Die Nachuntersuchung erfolgte im Schnitt nach ca. neun Jahren.

Bei den 19 komplett nachuntersuchten Patient*innen wurde im Durchschnitt ein Mayo Elbow Performance Score (MEPS) von 83,2 Punkten ermittelt. 74 % der Patient*innen hatten nach Cassebaum ein gutes oder sehr gutes Ergebnis, 53 % nach Jupiter. Der Flexion-Extension Gesamtbogen betrug 97° und der Pronation-Supination Gesamtbogen 140°. Der QuickDASH-Score betrug im Durchschnitt 23,3.

Bei 36 % der 56 Studienteilnehmer*innen kam es laut den MEDOCS-Daten im postoperativen Verlauf zu Komplikationen, bei der Betrachtung von 20 der 21 nachuntersuchten Patient*innen sogar bei 65 %, ein Patient wurde aufgrund mangelnder Röntgenbilder nicht berücksichtigt. Als häufigste Komplikation trat bei sechs von 13 Probanden eine Arthrose auf.

Schlussfolgerung:

Trotz des hohen Durchschnittsalters ergab die Untersuchung zufriedenstellende Ergebnisse. Es kann somit weiterhin an der Versorgung mit doppelter Plattenosteosynthese bei distalen Humerusfrakturen festgehalten werden. Im Vergleich lieferten Studien mit primärer Frakturversorgung durch Totalendoprothese des Ellenbogens keine signifikant besseren Ergebnisse.

Abstract

Introduction:

The distal humerus fracture is a rare fracture, but one that is challenging to treat due to its complexity. The supracondylar fracture has two age peaks, firstly at a young age with polytrauma and then in older people due to falls. Due to increasing life expectancy and the associated increase in activity into old age, the treatment must withstand ever greater stresses. In addition, the increasing rate of osteoporosis in old age makes treatment more difficult. The aim of this study is to evaluate whether the osteosynthesis procedures currently used still provide satisfactory results and are still justifiable as state of the art.

Methods:

For the study, retrospective data was collected from 56 patients who underwent surgery for a distal humerus C fracture using plate osteosynthesis at the Department of Orthopaedics and Traumatology at the Medical University of Graz between 1 January 2009 and 31 December 2018. In addition, 16 patients were called in for a one-off clinical and radiological follow-up examination to assess the functional and subjective outcome and to record any complications. A further five test subjects took part in questionnaires. Three of them also returned videos/photos of the range of motion of their elbow joints. The data was analysed using descriptive statistics. In addition, the results were compared with existing studies and discussed.

Results:

The mean age at the time of injury was 62.6 years, and around 21% of those operated on had already died. The follow-up examination took place after an average of around nine years.

An average Mayo Elbow Performance Score (MEPS) of 83.2 points was determined for the 19 patients who underwent complete follow-up examinations. 74% of the patients had a good or very good result according to Cassebaum, 53% according to Jupiter. The total flexion-extension arc was 97° and the total pronation-supination arc was 140°. The average QuickDASH score was 23.3.

According to the MEDOCS data, 36% of the 56 study participants experienced complications in the postoperative course, with this figure rising to 65 % when 20 of the 21

patients examined were analysed; one patient was not included due to a lack of X-ray images. The most common complication was osteoarthritis in six of 13 test subjects.

Conclusion:

Despite the high average age, the results of the study were satisfactory. Treatment with double plate osteosynthesis for distal humerus fractures can therefore continue to be used. In comparison, studies with primary fracture treatment using total elbow arthroplasty did not provide significantly better results.

Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungen und deren Erklärung.....	1
II.	Glossar.....	2
III.	Abbildungsverzeichnis	3
IV.	Tabellenverzeichnis	6
1	Einleitung	7
1.1	Grundlagen	9
1.1.1	Anatomie des Articulatio cubiti	9
1.1.1.1	Knöcherner Anteil.....	9
1.1.1.2	Bandapparat und Muskulatur.....	10
1.1.1.3	Beweglichkeit im Gelenk	11
1.1.1.4	Gefäßversorgung	11
1.1.1.5	Nervale Versorgung.....	12
1.1.2	Frakturklassifikation	14
1.1.2.1	AO-Klassifikation.....	14
1.1.2.2	Klassifikation nach Jupiter	17
1.1.2.3	Klassifikation von offenen Frakturen/Weichteilschäden	18
1.1.3	Ursache und Klinik von distalen Humerusfrakturen	19
1.1.4	Bildgebung und radiologische Frakturerkennung.....	21
1.1.4.1	Nativ-radiologische Darstellung des Ellenbogengelenkes:	21
1.1.4.2	Radiologische Frakturerkennung.....	22
1.1.4.3	Röntgenbilder eines mit doppelter Plattenosteosynthese versorgten Patienten	24
1.1.4.4	Röntgenbilder nach Versorgung mit Ellenbogenprothese.....	24
1.1.5	Therapiemöglichkeiten von C-Frakturen.....	25
1.1.5.1	Konservative Behandlung.....	25
1.1.5.1.1	Procedere	25
1.1.5.1.2	Komplikationen	26
1.1.5.1.3	Prognose.....	27
1.1.6	Operative Behandlung	27
1.1.6.1	Fixateur externe	28
1.1.6.2	Osteosynthese	29
1.1.6.3	Patient*innenlagerung im OP.....	29

1.1.6.4	Operativer Zugangsweg.....	30
1.1.6.4.1	Dorsaler Zugang ohne Olecranonosteotomie	30
1.1.6.4.2	Dorsaler Zugang mit Olecranonosteotomie	32
1.1.6.5	Operationstechniken bei C-Frakturen des distalen Humerus	35
1.1.6.5.1	Reposition und Osteosynthese	35
1.1.6.5.2	Ellenbogentotalendoprothese (TEA)	40
1.1.7	Postoperatives Management und Nachsorge	41
1.1.8	Prognose.....	42
1.1.9	Komplikationen.....	43
1.1.9.1	Pseudarthrose:.....	43
1.1.9.2	Infektionen.....	44
1.1.9.3	Nervenschaden.....	45
1.1.9.4	Osteosyntheseversagen.....	46
1.1.9.5	Heterotope Ossifikation.....	46
1.1.9.6	Posttraumatische Arthrose.....	47
1.1.9.7	Bewegungseinschränkung	47
1.1.9.8	Fehlstellung	47
2	Material und Methoden	49
2.1	Studiendesign und -ablauf.....	49
2.2	Haupt- und Nebenzielgrößen/Zielgrößen.....	49
2.3	Patient*innenkollektiv	49
2.4	Datenerhebung.....	50
2.4.1	Datensammlung	50
2.4.2	Patient*innen-Nachuntersuchung	52
2.5	Datenauswertung	54
2.5.1	Auswertung Cassebaum-Score	54
2.5.2	Auswertung Mayo Elbow Performance Score (MEPS).....	55
2.5.3	Auswertung Jupiter-Score.....	55
2.5.4	Auswertung QuickDASH-Score.....	56
2.5.5	Auswertung SF-36 Score	57
3	Ergebnisse/Resultate mit graphischen Darstellungen.....	58
3.1	Betrachtung der gesamten Studiengruppe	58
3.1.1	Geschlechterverteilung der Studienteilnehmer*innen (n = 56)	59
3.1.2	Altersverteilung der Studienteilnehmer*innen (n = 56)	59

3.1.3	Verletzungsspezifische Auswertung.....	60
3.1.3.1	Seitenverteilung der distalen Humerusfrakturen (n = 56)	60
3.1.3.2	Verletzungsursache (n = 56).....	60
3.1.3.3	Verletzungszeitpunkt (n = 56).....	60
3.1.3.4	Weichteilschaden (n = 56).....	61
3.1.3.5	Frakturklassifikation (n = 56).....	62
3.1.4	Informationen zur operationsspezifischen Auswertung.....	62
3.1.4.1	Time-to-surgery (n = 56)	62
3.1.4.2	Patientenlagerung im OP (n = 56)	63
3.1.4.3	Operativer Zugangsweg (n = 56).....	63
3.1.4.4	Verwendetes Osteosynthesematerial (n = 56)	64
3.1.4.5	Darstellung des N. ulnaris (n = 56)	64
3.1.4.6	Operationsdauer (n = 56).....	64
3.1.5	Postoperatives Management, Nachsorge	65
3.1.5.1	Postoperativer Krankenhausaufenthalt (n = 51)	65
3.1.5.2	Übungsstabilität postoperativ (n = 52)	66
3.1.5.3	Metallentfernung (n = 55)	66
3.1.5.4	Wundheilung (n=56)	66
3.1.6	Aufgetretene Komplikationen (n = 55).....	66
3.2	Ergebnisse der Nachuntersuchungen.....	67
3.2.1	Auswertung Fragebögen	68
3.2.1.1	Allgemeiner Fragebogen (n = 21) (siehe Anhang):.....	68
3.2.1.2	Auswertung SF-36 Score (n = 21):.....	70
3.2.1.3	Auswertung qDASH-Score (n = 21):	71
3.2.2	Auswertung der Nachuntersuchungen	72
3.2.2.1	Kraftgrade (n = 15).....	72
3.2.2.2	Range of Motion (n = 19):.....	72
3.2.2.3	Varus-/Valgusstellung (n = 15)	73
3.2.2.4	Scores	73
3.2.2.4.1	Mayo Elbow Performance Score (n = 19)	73
3.2.2.4.2	Cassebaum-Score (n = 19).....	74
3.2.2.4.3	Jupiter-Score (n = 19)	75
3.2.2.5	Komplikationen der Nachuntersuchten, anhand der Röntgenbilder und MEDOCS-Daten (n = 20).....	75

3.3	Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit den Fallserien von 1969 - 2008.....	76
3.3.1	Geschlechterverteilung	77
3.3.2	Verletzungsursache	77
3.3.3	Weichteilklassifikation	78
3.3.4	Frakturklassifikation	78
3.3.5	Operationszugang	79
3.3.6	Verwendetes Osteosynthesematerial	79
3.3.7	Zuggurtungsosteosynthese nach Olecranonosteotomie	80
3.3.8	Zeitpunkt der Operation nach Verletzung.....	81
3.3.9	Komplikationen.....	81
3.3.10	Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	82
3.3.11	Ergebnisse Cassebaum-Score	83
3.3.12	Ergebnisse Jupiter-Score.....	84
3.3.13	Subjektive Bewertung durch die Patient*innen.....	84
3.3.14	Weitere Vergleichsparameter ab Serie C bzw. D	85
4	Diskussion	86
4.1	Vergleich Serie E mit den Serien A - D	86
4.1.1	Alter zum Zeitpunkt der Verletzung	86
4.1.2	Range of Motion (ROM)	87
4.1.3	Scores	87
4.1.4	Komplikationen.....	89
4.1.5	Frakturspezifitäten	90
4.1.6	Schmerzen.....	90
4.1.7	Operationsspezifitäten.....	91
4.1.8	Conclusio	91
4.2	Vergleich Serie E mit Literatur	92
4.2.1	Alter	92
4.2.2	ROM	93
4.2.3	Scores, Schmerzen	93
4.2.4	Komplikationen und Reoperationsrate	94
4.2.5	Conclusio	95
4.3	Betrachtung der TEA als alternative Behandlungsmethode.....	95
4.3.1	ROM	96
4.3.2	Scores.....	96

4.3.3	Komplikationen.....	98
4.3.4	Conclusio	100
4.4	Implikationen für Theorie und Praxis	101
4.5	Kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode	102
4.6	Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten.....	103
4.7	Schlussfolgerungen	103
	Literaturverzeichnis.....	105

I. Abkürzungen und deren Erklärung

A./Aa.	Arteria/Arteriae
a.p.	anterior-posterior
Art.	Articulatio
CT	Computertomographie
EHA	Ellenbogen-Hemiarthroplastik
K-Draht	Kirschnerdraht
LC-DCP	Limited Contact Dynamic Compression Plate
LCP	Locking Compression Plate
LKH	Landeskrankenhaus
LKF	leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung
Lig./Ligg.	Ligamentum/Ligamenta
MEPS	Mayo Elbow Performance Score
M./Mn.	Musculus/Musculi
N./Nn.	Nervus/Nervi
ORIF	Open Reduction and Internal Fixation
PACS	Picture Archiving and Communication System
qDASH	quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
R.	Ramus
ROM	Range of Motion
TEA	Total Elbow Arthroplasty (engl.) = Ellenbogentotalendoprothese
V./Vv.	Vena/Venae

II. Glossar

Alignment	Anordnung von verschiedenen anatomischen Strukturen auf einer Linie (1)
Cerclage	Operatives Osteosyntheseverfahren bei dem ein Knochenfragment von Draht umschlungen und refixiert wird. Das Verfahren dient dazu, die Zugkräfte auf das Knochenfragment zu überwinden (2)
Chevron-Osteotomie	V-förmige Durchtrennung des Knochens (3)
Floating elbow	Instabile Fraktur des distalen Oberarms und des proximalen Unterarms (4)
Hämarthros	Blutiger Gelenkerguss (5)
ICD-10-Code	(engl. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) Mit dem Code werden medizinische Diagnosen weltweit einheitlich benannt und klassifiziert. Die zehn steht für die zehnte Revision (6)
Krepitation	Hör- und fühlbares Knistergeräusch beim Aneinanderreiben der Knochenfragmente bei Bewegungen eines Gelenks (7, 8)
Ligamentotaxis	Mittels Distraction der Fraktur werden die Knochenfragmente durch die intakten umgebenden Weichteile ausgerichtet (9)
Neurolyse	Chirurgisches Herauslösen des Nervs aus Verwachsungen bzw. zur Dekompression des Nervs (5)
Spongiosaplastik	Knochen transplantation von autogener Spongiosa, wird meist aus dem Beckenkamm entnommen (3)
Vessel Loop	Haltebänder zum Anschlingen und Zurückziehen von Strukturen wie Gefäßen, Nerven o.Ä. oder zum Kennzeichnen bei Gefäßeingriffen (10)
Volkman-Kontraktur	Ischämische Kontraktur der Beugemuskulatur am Unterarm, am häufigsten wird diese arterielle Insuffizienz durch ein <kompartmentsyndrom verursacht (11, 12)

III. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sicht auf das knöchernen Ellenbogengelenk	9
Abb. 2: Sicht auf den Bandapparat des Ellenbogengelenks	10
Abb. 3: Bewegungsumfänge im Ellenbogengelenk	11
Abb. 4: Nerven- und Gefäßverläufe im Bereich des Ellenbogens (links) und Nervenverläufe im ganzen Arm (rechts)	13
Abb. 5: AO-Klassifikation Einteilung in A-, B- und C-Frakturen	15
Abb. 6: AO-Klassifikation, weitere Einteilung in Gruppen	16
Abb. 7: AO Klassifikation, Einteilung der C-Frakturen in Untergruppen	16
Abb. 8: Jupiter-Klassifikation	17
Abb. 9: Ellenbogengelenk in a.p.-Strahlengang (links); Skizze des Röntgenbildes mit Beschriftung (rechts)	21
Abb. 10: Ellenbogengelenk in lateralem Strahlengang (links); Skizze des Röntgenbildes mit Beschriftung (rechts)	22
Abb. 11: Röntgenbilder eines Studienteilnehmers mit einer C3-Fraktur	22
Abb. 12: Vorderes und hinteres Fettpolsterzeichen.....	23
Abb. 13: Röntgenbilder einer operativ versorgten C3-Fraktur eines Studienteilnehmers ..	24
Abb. 14: Röntgenbilder einer mit Ellenbogenprothese und Osteosyntheseplatte versorgten distalen Humerusfraktur	24
Abb. 15: Patientenlagerung bei OP	29
Abb. 16: Hautschnitt.....	30
Abb. 17: Alonso-Llames Zugang	31
Abb. 18: Vorbereitung des Olecranon vor Olecranonosteotomie	32
Abb. 19: Olecranonosteotomie	33
Abb. 20: Olecranonosteotomie: Wegklappen des M. triceps mit Olecranonspitze.....	33
Abb. 21: Cevron-Cerclage mit Kirschnerdrähten.....	35
Abb. 22: Osteosynthese: Herstellung der Gelenkfläche mittels K-Drähten (links); Bohren der Schraubenlöcher (Mitte); Eingebachte Schraube parallel des K-Drahtes (rechts).....	36
Abb. 23: Fixierung des Gelenkblocks am Humerus mittels K-Drähten.....	37
Abb. 24: Fertige Plattenosteosynthese am distalen Humerus	38
Abb. 25: Schematische Darstellung einer gekoppelten Totalendoprothese	40

Abb. 26: Auswertung MEPS	55
Abb. 27: Fragen und Auswertung des qDASH-Scores	56
Abb. 28: Flussdiagramm der Studienteilnehmer*innen	59
Abb. 29: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Verletzung in Jahren	60
Abb. 30: Verletzungsjahr.....	61
Abb. 31: Verletzungsmonat.....	61
Abb. 32: Weichteilschaden.....	61
Abb. 33: Frakturklassifikation.....	62
Abb. 34: Operationszeitpunkt in Tagen.....	62
Abb. 35: Operationszeitpunkt <24 h, <1 Woche und >1 Woche	63
Abb. 36: Anzahl verwendeter Schrauben und Drähte zusätzlich zu den Platten	64
Abb. 37: Operationsdauer in Minuten	65
Abb. 38: Dauer des stationären Aufenthalts am LKH-Univ. Klinikum Graz nach der Operation	65
Abb. 39: Übungsstabilität nach OP	66
Abb. 40: Verteilung der Komplikationen	67
Abb. 41: Ja/Nein-Fragen des allgemeinen Fragebogens	68
Abb. 42: Schmerzen nach der Operation.....	69
Abb. 43: Aktuelle Schmerzen und deren Ursachen.....	69
Abb. 44: Zufriedenheit mit Funktionalität und Ästhetik.....	70
Abb. 45: Ergebnisse der Mittelwerte des SF-36 Scores	71
Abb. 46: Ergebnisse qDASH-Score	71
Abb. 47: Bewegungsausmaß Flexion/Extension	72
Abb. 48: Bewegungsausmaß Supination/Pronation	73
Abb. 49: Ergebnisse MEPS	74
Abb. 50: Ergebnisse Cassebaum-Score	74
Abb. 51: Ergebnisse Jupiter-Score	75
Abb. 52: Komplikationen der Nachuntersuchten	76
Abb. 53: Serienvergleich - Geschlechterverteilung.....	77
Abb. 54: Serienvergleich - Verletzungsursache	78
Abb. 55: Serienvergleich - Weichteilklassifikation.....	78
Abb. 56: Serienvergleich - AO-Klassifikation	79

Abb. 57: Serienvergleich - Verwendetes Osteosynthesematerial.....	80
Abb. 58: Serienvergleich - Verwendete Materialien zur Versorgung der Olecranonosteotomie	80
Abb. 59: Serienvergleich - Verteilung des Operationszeitpunkts	81
Abb. 60: Serienvergleich - Schmerzfreiheit oder Schmerzursachen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	83
Abb. 61: Serienvergleich – Ergebnisse des Cassebaum-Scores	83
Abb. 62: Serienvergleich - Ergebnisse des Jupiter-Scores	84
Abb. 63: Serienvergleich - Subjektive Patient*innen Zufriedenheit mit dem OP-Ergebnis	85

IV. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Frakturbezeichnung AO-Klassifikation	17
Tab. 2: „Schlagwörter“ für die Suche des Instituts für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation	50
Tab. 3: Erhobene Daten aus MEDOCS	52
Tab. 4 Kriterien für die Analyse der Röntgenbilder	54
Tab. 5: Auswertung Cassebaum-Score.....	55
Tab. 6: Auswertung Jupiter-Score	56
Tab. 7: Vergleich Ergebnisse Cassebaum-Score <65 Jahre vs. >65 Jahre	74
Tab. 8: Vergleich Ergebnisse Jupiter-Score <65 Jahre vs. >65 Jahre	75
Tab. 9: Serienvergleich - Fallzahl und Altersverteilung (in Jahren = a) zum Zeitpunkt der Verletzung	77
Tab. 10: Serienvergleich - Operationszugang	79
Tab. 11: Serienvergleich - Anzahl der jeweiligen Komplikationen	82
Tab. 12: weitere Vergleichsparameter ab Serie C bzw. D.....	85

1 Einleitung

Bei den distalen Humerusfrakturen handelt es sich um eine seltene Verletzung, die nur ca. 2 % aller Frakturen ausmacht (4, 13, 14, 15). Dennoch handelt es sich, aufgrund ihrer Komplexität und hohen Komplikationsrate, um eine bedeutende und viel diskutierte Fraktur. In den meisten Fällen ist eine aufwändige operative Rekonstruktion mit osteosynthetischer Versorgung der Fraktur notwendig.

In den vergangenen Jahren wurde viel diskutiert, ob eine primäre Versorgung mit einer Ellenbogentotalendoprothese (TEA), vor allem bei älteren Patient*innen, besser geeignet wäre als eine interne Fixierung mittels doppelter Plattenosteosynthese. Die Altersstruktur in Österreich und ganz Europa wandelt sich. Die Bevölkerung wird immer älter und dadurch wird auch die Häufigkeit der distalen Humerusfraktur ansteigen. Laut einer Studie aus Finnland wird sich die Anzahl der distalen Humerusfrakturen vom Jahr 2007 bis zum Jahr 2030 verdreifachen (16). Grundsätzlich haben ältere Personen einen schlechteren Heilungsverlauf als jüngere, wobei diese Tatsache durch die mit dem Alter ansteigende Rate der Osteoporose zusätzlich verschlechtert wird. Außerdem sind immer mehr Patient*innen bis ins hohe Alter aktiv, wodurch das Osteosynthesematerial dauerhaft größeren Belastungen standhalten muss.

Aktuell gibt es keine eindeutigen Studienergebnisse, welche für ein signifikant besseres Outcome nach einer der beiden Versorgungsmöglichkeiten sprechen. Zudem sind Studien bezüglich eines Langzeitoutcomes nach erfolgter Versorgung sehr selten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse resultiert folgende Fragestellung: Sind die derzeit am häufigsten angewandten Osteosyntheseverfahren bei distalen Humerusfrakturen bei Erwachsenen immer noch als state of the art vertretbar? Im Zuge dieser Studie soll das subjektive und objektive Outcome von Patient*innen nach einer Osteosynthese bei distalen Humerusfrakturen überprüft und mit einer bestehenden Fallserie am Landeskrankenhaus (LKH)-Univ. Klinikum Graz ab 1969 verglichen werden. Nach Erhebung und Analyse der Daten wird diskutiert, ob die aktuell angewandten Osteosyntheseverfahren zufriedenstellende Ergebnisse liefern, ob sie modifiziert werden können oder ob eine Änderung der Behandlungsstrategie, beispielsweise hin zur frühzeitigen Versorgung mittels Endoprothetik, anzustreben ist. In dieser Studie wollen wir die Hypothese überprüfen, dass die Versorgung der distalen Humerusfrakturen mittels

Plattenosteosynthese, trotz des steigenden Alters, zufriedenstellende funktionelle und subjektive Ergebnisse liefert.

1.1 Grundlagen

1.1.1 Anatomie des Articulatio cubiti

1.1.1.1 Knöcherne Anteile

Die Articulatio (Art.) cubiti ist ein zusammengesetztes Gelenk und besteht aus drei Teilgelenken, welche sich in einer gemeinsamen Gelenkkapsel und Gelenkhöhle befinden (17, 18). Bei den drei Teilgelenken handelt es sich um die Art. humeroulnaris, Art. humeroradialis und um die Art. radioulnaris proximalis. Die Art. humeroulnaris, welche aus dem distalen Anteil des Oberarmknochens, der Trochlea humeri, und dem proximalen Anteil der Elle, der Incisura trochlearis, gebildet wird, ist ein Scharniergelenk. In diesem Gelenk sind Bewegungen um die Transversalachse, Flexion und Extension, möglich. Bei der Art. humeroradialis, welche aus dem distalen Anteil des Oberarmknochens, dem Capitulum humeri, und dem proximalen Anteil der Speiche, der Fovea articularis, gebildet wird, handelt es sich um ein funktionell eingeschränktes Kugelgelenk. Es sind Flexion, Extension und Rotation möglich. Zwischen den proximalen Anteilen der Speiche (Circumferentia articularis radii) und der Elle (Incisura radialis) wird die Art. radioulnaris proximalis gebildet. Dies ist ein Zapfengelenk, welches die Umkehrbewegungen Pro- und Supination der Hand ermöglicht (18, 19). In seiner Gesamtheit wird das Ellenbogengelenk als Drehscharniergelenk bezeichnet. Das Ellenbogengelenk mit seinen drei Teilgelenken und seinen knöchernen Strukturen ist in Abb. 1 dargestellt.

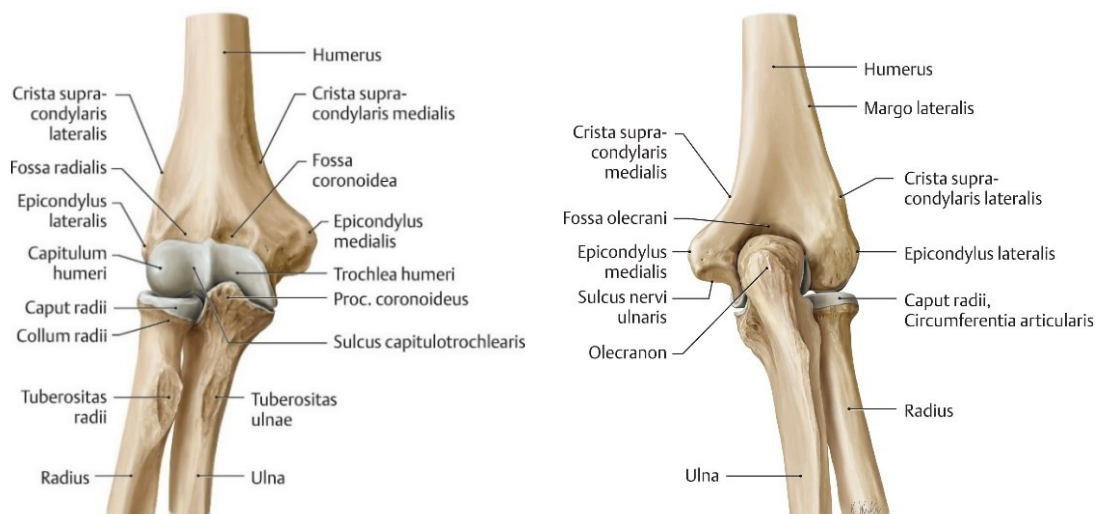


Abb. 1: Sicht auf das knöcherne Ellenbogengelenk von ventral (links) und dorsal (rechts) (17)

1.1.1.2 Bandapparat und Muskulatur

Das Ellenbogengelenk ist sowohl knöchern als auch über Bänder gesichert. Die knöcherne Führung wird durch die, in die Trochlea humeri eingepasste, Incisura trochlearis ulnae gewährleistet. Die Ligamenta (Ligg.) collateralia und das Ligamentum (Lig.) annulare sichern das Gelenk zusätzlich. Durch sie wird eine Ab- und Adduktion des Ellenbogengelenkes verhindert. Das Lig. annulare umfasst ringförmig die Circumferentia articularis des Radiuskopfes und ist am ventralen und dorsalen Rand der Incisura radialis der Ulna angeheftet. Es fixiert dabei den Radius an der Ulna und verhindert zusätzlich eine Luxation des Radiusköpfchen. Das dreieckige Lig. collaterale ulnare hat seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri und lässt sich in zwei stärkere Faserzüge unterteilen. Der vordere Strang setzt am Processus coronoideus und der hintere Strang am Seitenrand des Olecranon an. Vom hinteren Strang bedeckt verläuft der Nervus (N.) ulnaris. Zwischen den beiden Strängen befindet sich lockeres Gewebe, welches distal von queren Fasern, auch Cooper-Streifen genannt, begrenzt wird. Das Lig. collaterale radiale entspringt am Epicondylus laterale humeri und strahlt mit zwei Schenkeln über den vorderen und hinteren Teil des Lig. annulare in die Vorder- bzw. Hinterwand der Incisura radialis ulnae ein. Das radiale Band ist mit den oberflächlichen Extensoren verwachsen und hat keine Anheftung am Radius (17, 20). Die Trochlea ist um ca. 20° nach ventral verkippt (21). In der Abb. 2 ist der Bandapparat des Ellenbogengelenks von ventral, medial und lateral dargestellt.

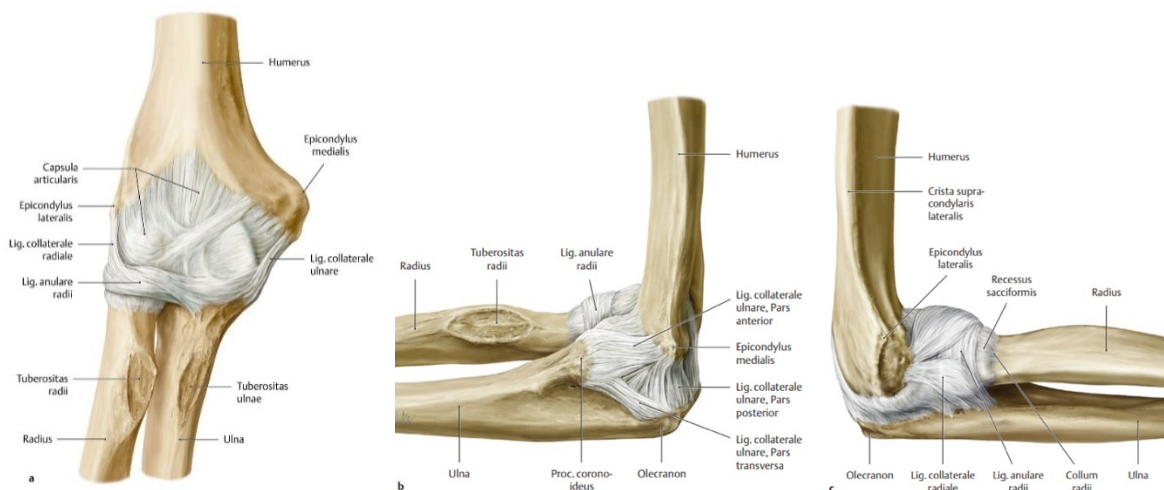


Abb. 2: Sicht auf den Bandapparat des Ellenbogengelenks von ventral (links), medial (Mitte) und lateral (rechts) (22)

Die wichtigsten Flexoren des Ellenbogengelenks sind der Musculus (M.) biceps brachii und der M. brachialis. Der M. triceps brachii ist hingegen der wichtigste Extensor.

1.1.1.3 Beweglichkeit im Gelenk

Wie oben erwähnt sind im Ellenbogengelenk zwei Bewegungen möglich, die Flexion/Extension und die Pronation/Supination. Die Bewegungsmaße eines Gelenkes werden mittels Gradmessungen angegeben, dabei wird eine Bewegung ausgehend von der Neutral-Null-Stellung ermittelt. Bei der Neutral-Null-Stellung lässt der*die Patient*in die Arme locker am Körper herunterhängen, die Daumen zeigen dabei nach vorne.

Für das Ellenbogengelenk ergeben sich dabei folgende physiologische Winkelgrade: Flexion von 150° und Extension von $0 - 10^\circ$, Pronation und Supination von je 90° . Eine Extensionsfähigkeit von über 0° , lässt sich vor allem bei Frauen und zum Teil bei Kindern beobachten (17). Mögliche Erklärung hierfür ist, dass Männer im Vergleich zu Frauen mehr Muskelmasse haben und die Muskulatur den limitierenden Faktor der Extension darstellt (23). Die Bewegungsumfänge nach Neutral-Null-Methode sind in Abb. 3 dargestellt. Um alltägliche Funktionen, wie das Führen der Hand zum Mund, durchführen zu können, sollte sowohl eine Bewegung zwischen 30° und 130° Flexionsstellung sowie eine Pro- und Supination von je 50° möglich sein (21, 24).

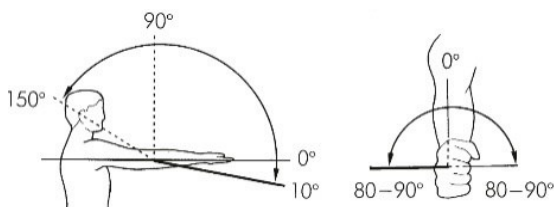


Abb. 3: Bewegungsumfänge im Ellenbogengelenk: links Flexion-Extension, rechts Pronation-Supination (25)

1.1.1.4 Gefäßversorgung

Die Blutversorgung der Ellenbogenregion erfolgt durch die Arteria (A.) brachialis (Fortsetzung der A. axillaris) und deren Äste. Dabei verläuft sie parallel mit dem N. medianus von medial kommend in die Mitte der Fossa cubitalis, wo sie von der Aponeurosis bicipitalis bedeckt ist. Anschließend teilt sie sich in der Fossa cubitalis in ihre beiden Endäste, in die A. radialis und die A. ulnaris auf, siehe Abb. 4 links. Der venöse

Abfluss erfolgt in den tiefen Venae (Vv.) brachialis und den oberflächlichen Vena (V.) basilica und V. cephalica (17).

1.1.1.5 Nervale Versorgung

In der Ellenbogenregion verlaufen drei wichtige Nerven: N. radialis, N. ulnaris und N. medianus (17). Die Nervenverläufe im Ellenbogenbereich sind in Abb. 4 zu sehen.

Der N. radialis verläuft zusammen mit der A. profunda brachii dorsal des Humerus und umschlingt lateral den distalen Humerus, sodass er anschließend vor dem Epicondylus lateralis verläuft. Oberhalb des Ellenbogengelenkes liegt der Nerv zwischen den Musculi brachialis und brachioradialis, im so genannten „Radialistunnel“.

Auf Höhe des Radiusköpfchens teilt sich der Nerv in den Ramus (R.) superficialis und R. profundus.

Der N. ulnaris verläuft dorsal des Epicondylus medialis direkt dem Knochen aufliegend und wird im Sulcus nervi ulnaris sehr oberflächlich, sodass er hier gut zu tasten ist. Dies hat außerdem zur Folge, dass er in diesem Bereich besonders bei Verletzungen des Ellenbogens, häufig in Mitleidenschaft gezogen wird. Nach distal verläuft er zwischen den beiden Köpfe des M. flexor carpi ulnaris.

Der N. medianus begleitet am Oberarm medial die A. brachialis und zieht unter der Aponeurosis bicipitalis/Lacertus fibrosus vor das Ellenbogengelenk. Anschließend tritt er zwischen den beiden Köpfen des M. pronator teres nach distal hindurch (15, 17, 26).

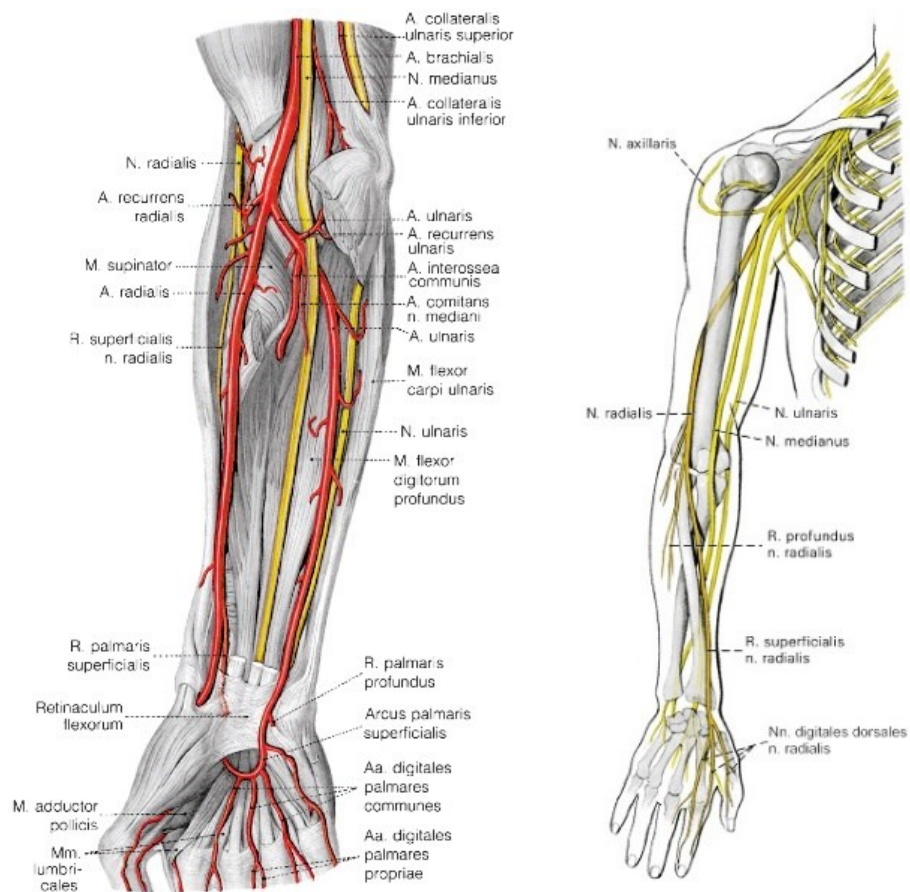


Abb. 4: Nerven- und Gefäßverläufe im Bereich des Ellenbogens (links) und Nervenverläufe im ganzen Arm (rechts) (25)

1.1.2 Frakturklassifikation

Eine Klassifikation beschreibt das Einordnen von Objekten anhand von vergleichbaren Merkmalen in Gruppen. Die Merkmale werden auf Übereinstimmungen oder auf Unterschiede untersucht und entsprechend in die gleiche oder in eine andere Gruppe zugeteilt. Dabei sind die Zuordnungskriterien klar geregelt. Viele Klassifikationen sind überregional anerkannt und ermöglichen dadurch ein einheitliches und schnelles Vergleichen unabhängig des Klinikums oder des Landes (27, 28).

Die Lage der Frakturfragmenten zueinander, lässt sich mit der AO-Klassifikation oder der Jupiter-Klassifikation beschreiben. Das Ausmaß des Weichteilschadens kann mit der Weichteilklassifikation nach Tscherne quantifiziert werden (13, 29).

1.1.2.1 AO-Klassifikation

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)-Klassifikation, wurde grundlegend von Maurice E. Müller entwickelt und wird deshalb zum Teil auch Müller-Klassifikation genannt. Sie dient dazu Frakturen von Röhrenknochen weltweit miteinander zu vergleichen und beinhaltet die für den Chirurgen wichtigen Informationen wie Ort und Schweregrad der Fraktur.

Die zweistellige Zahl z.B.: „13“ beschreibt die Lokalisation des Bruches. Die erste Ziffer (siehe Tab. 1) bezeichnet den Knochen, dabei steht „1“ für den Humerus, „2“ für den Unterarm und „3“ für den Femur. Die zweite Ziffer gibt Auskunft darüber, wo sich im Bereich dieses Knochens die Fraktur befindet. Dabei steht „1“ für das proximale Endsegment/Metaphyse, „2“ für das Mittelsegment/Diaphyse und „3“ für das distale Endsegment/Metaphyse. Der nachfolgende Buchstabe, A, B oder C, gibt Auskunft über den Typ der Fraktur. Zu beachten ist, dass es im Bereich der Diaphyse eine andere Einteilung als im Bereich der Metaphyse gibt. Bei Diaphysen wird zwischen einfachen, Keil- und multifragmentären Frakturen/Trümmerfrakturen unterschieden.

Metaphysenfrakturen werden hingegen in extraartikuläre, partiell artikuläre und in komplett/vollständig artikuläre (Gelenk-)frakturen eingeteilt.

Extraartikulär bedeutet, dass die Gelenkflächen von der Fraktur nicht betroffen sind. Wenn es sich um eine partiell artikuläre Fraktur handelt, ist die Gelenkfläche mitbetroffen, ein Teil der Gelenkfläche besitzt jedoch weiterhin eine durchgehende Verbindung zur

Diaphyse. Bei der komplett artikulären Fraktur ist die Gelenkfläche frakturiert und es besteht eine komplette Trennung von der Diaphyse (30).

In der Abb. 5 ist die AO-Klassifikation der Frakturen an Röhrenknochen dargestellt.

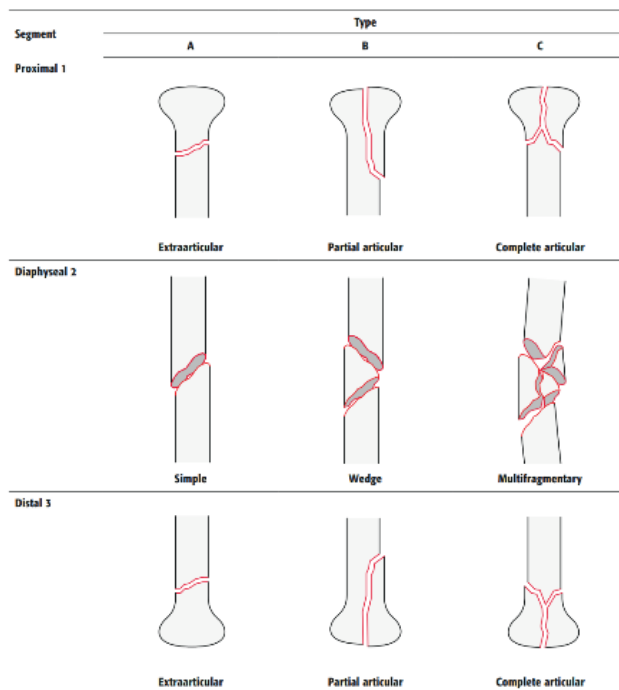


Abb. 5: AO-Klassifikation Einteilung in A-, B- und C-Frakturen (30)

Darüber hinaus kann die Fraktur noch genauer beschrieben werden. Hierzu werden abermals die Ziffern eins bis drei verwendet. In der ersten Zeile der Abb. 6: sind die A-Frakturen dargestellt, gut zu erkennen ist, dass die Gelenkfläche nicht von der Fraktur betroffen ist. Bei „A1“ ist nur ein Knochenfortsatz frakturiert, bei „A2“ ist die Metaphyse komplett durchtrennt und bei „A3“ bestehen zusätzlich zur metaphysären Fraktur Knochenfragmente. Die Zeile in der Mitte zeigt die partiell artikulären B-Frakturen, bei „B1“ ist der Epicondylus lateralis, bei „B2“ der Epicondylus medialis und bei B3-Frakturen die Trochlea in der Frontalebene abgebrochen. In der letzten Zeile der Abb. 6 sind die vollständig artikulären Frakturen, die C-Frakturen zu sehen.

Bei diesen hier im Detail behandelten Frakturen ist die weitere Beschreibung folgendermaßen definiert: Eine C1-Fraktur ist eine einfache Fraktur der Gelenkfläche und der Metaphyse (einfach artikulär, einfach metaphysär). Die C2-Fraktur setzt sich aus einer einfachen Gelenkfraktur und multifragmentären Frakturen der Metaphyse zusammen (einfach artikulär, metaphysär, multifragmentär). Im Falle der C3-Fraktur liegen

multifragmentären Gelenkfrakturen und multifragmentären Metaphysen-Frakturen (artikulär, multifragmentär) vor (30).

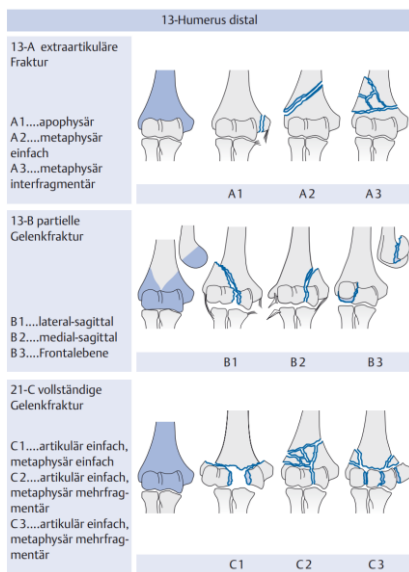


Abb. 6: AO-Klassifikation, weitere Einteilung in Gruppen (31)

Der Schweregrad der Fraktur nimmt mit späterem Buchstaben im Alphabet und aufsteigender Zahl zu (29). In der Abb. 7 wird die letzte Zeile der Abb. 6: nochmals im Detail betrachtet. Dabei lässt sich gut erkennen, dass die Anzahl der Trümmerfragmente in allen drei Spalten von links nach rechts zunimmt.

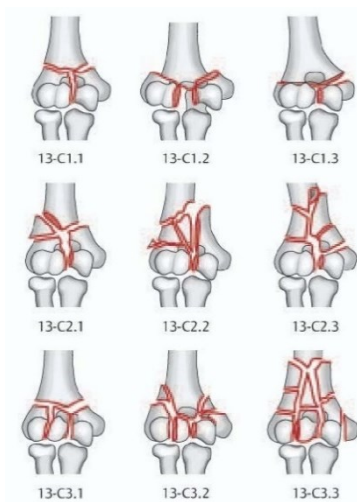


Abb. 7: AO Klassifikation, Einteilung der C-Frakturen in Untergruppen (29)

Um eine Fraktur klassifizieren zu können, können Informationen aus der Anamnese und klinischen Untersuchung erste Hinweise geben. Vor allem ist aber die Bildgebung, in der Regel Röntgenbilder, und die direkte Beobachtung bei der Operation relevant (30).

Zusammenfassend setzt sich die Frakturbezeichnung wie in Tab. 1: Frakturbezeichnung AO-Klassifikation Tab. 1 dargestellt zusammen:

1. Stelle	Anatomische Lokalisation (Knochen)
2. Stelle	Anatomische Lokalisation (Segment des Knochens)
3. Stelle	Frakturtyp
4. Stelle	Gruppe
5. Stelle	Untergruppe

Tab. 1: Frakturbezeichnung AO-Klassifikation (29)

1.1.2.2 Klassifikation nach Jupiter

Bei der Klassifikation nach Jupiter werden insgesamt sechs Untergruppen klassifiziert. Grob werden anhand des Frakturverlauf „T-“, „Y-“, „H-“ und Lambda-Frakturen unterschieden.

T-Frakturen können nochmals in hohe und tiefe Formen eingeteilt werden. Bei der hohen T-Fraktur verläuft die metaphysäre Querfraktur oberhalb der Fossa coronoidea, bei der tiefen T-Fraktur quer durch die Fossa. Zusätzlich haben beide auch einen artikulären Frakturanteil.

Die Y-Fraktur besitzt beidseits eine schräge Fraktur durch die Kondylen, die in der Fossa coronoidea zusammentreffen und gemeinsam ins Gelenk verlaufen.

Bei der H-Fraktur ist der Condylus lateralis schräg oder quer frakturiert und der mediale Kondylus wird oberhalb oder unterhalb durchtrennt. Die Trochlea ist an mehreren Stellen frakturiert.

Die Frakturlinie der medialen Lambda-Fraktur verläuft von medial oberhalb des Kondylus nach lateral durch den Kondylus. Zusätzlich besteht eine gerade nach proximal verlaufende transtrochantäre Frakturlinie. Die laterale Lambda-Fraktur verläuft entgegengesetzt von lateral supracondylär nach medial transcondylär.

In der Abb. 8 sind die genannten Frakturen nochmals bildlich dargestellt (29).



Abb. 8: Jupiter-Klassifikation (29)

1.1.2.3 Klassifikation von offenen Frakturen/Weichteilschäden

Offene Frakturen können je nach Schweregrad des Weichteilschadens nach Tscherne und Oestern in vier Grade eingeteilt werden.

- I: Knochen durchspießt von innen die Haut
- II: Hautwunde mit Hautweichteilschwellung
- III: Knochen liegt frei und Weichteile sind stark verletzt
- IV: subtotale oder totale Amputation (13, 29)

Weitergehend kann die Klassifikation nach Gustilo und Anderson in die Typen I bis III C erfolgen:

- I: Weichteilmantel wird von Innen durchspießt
- II: Weichteilmantel wird von außen durchspießt, Wunde >1 cm
- III: mit Weichteilquetschung, Hautverlust, Sehnen-, Gefäße- und Muskelverletzungen einhergehende große Gewalteinwirkung von außen
 - III A: vorhandene Weichteildeckung
 - III B: freiliegender Knochen mit großem Weichteilverlust
 - III C: operationsbedürftige Gefäßverletzung (29)

1.1.3 Ursache und Klinik von distalen Humerusfrakturen

Distalen Humerusfrakturen stellen mit ca. 2 % aller Frakturen eine seltene Verletzung dar (4, 13, 14, 15, 32). Bezogen auf den Humerus kommen etwa 1/3 der Frakturen im distalen Bereich vor. Davon sind etwa 40 % extraartikulär und 37 % bikondylär intraartikulär (13). Die Inzidenz bei Erwachsenen liegt bei etwa 5/100.000 pro Jahr (13, 32). Die distale Humerusfraktur tritt vermehrt in zwei typischen Altersgruppen auf.

Im jungen Alter zwischen 12 - 18 Jahren (13) bzw. 20 - 50 Jahren (15) sind vor allem Männer betroffen. Die Ursache für die Frakturen sind hochenergetische Hochrasanztraumata, dazu zählen beispielsweise Verkehrsunfälle mit dem Motorrad oder Mountainbike, sowie Stürze aus großer Höhe und Sportunfälle. Oft handelt es sich um offene Frakturen mit Begleitverletzungen und Weichteilschäden.

Im höheren Alter tritt die distale Humerusfrakturen vermehrt bei Frauen, mit oder ohne Osteoporose, auf. Die Ursache ist in der Regel niederenergetisch, wie beispielsweise bei einem Sturz aus dem Stand (4, 13, 14, 15, 21). Selbst bei einfachen Stürzen sind in ca. 30 % der Fälle offene Frakturen die Folge, wobei dies mit dem im Alter dünner werdenden Weichteilmantel begründet werden kann (15). Dabei stürzt die Person meistens so, dass die Krafteinwirkung direkt auf den gebeugten Ellenbogen trifft. In selteneren Fällen wird der Sturz mit der gestreckten Hand abgefangen, mit folgender Kraftweiterleitung in den Ellenbogen. Bei diesem Sturzmechanismus stehen Luxationen und proximale Unterarmfrakturen im Fokus (13, 33). Zu interkondylären Frakturen kommt es meist durch dorsale Krafteinwirkung auf den $>90^\circ$ gebeugten Ellenbogen (13). Eine Dislokation der Fraktur tritt bei zusätzlicher Rotation auf (34). Der genaue Bruchmechanismus lässt sich wie folgt erklären: Die Ulna wird gewaltsam in Richtung Trochlea vorgeschoben, wodurch Druck auf die Führungsleiste der Incisura trochlearis ulnae ausgelöst wird. In Folge resultiert daraus die Auseinandersprengung der Kondylen des Humerus. Bei Flexionsfrakturen befinden sich die Kondylen ventral des Schaftes, bei Extensionsfrakturen dorsal (33).

Klinische Zeichen einer Fraktur lassen sich in sichere und unsichere Frakturzeichen unterteilen. Zu den sicheren Frakturzeichen gehören offene Frakturen, abnorme Beweglichkeit, Fehlstellungen, Achsenabweichungen und Krepitation. Zu den unsicheren Frakturzeichen zählen Schwellungen, Schmerzen, Hämatome und Funktionsverlust (5, 21).

Bei Brüchen ist darauf zu achten, dass die Durchblutung und der sensomotorische Status schnellstmöglich überprüft werden, da die scharfkantigen Knochenfragmente Gefäße und Nerven, wie die A. brachialis, N. ulnaris und N. medianus, verletzen können (12, 14).

Klinisch zeigen sich die Begleitverletzungen durch Lähmungen, Parästhesien, Blässe oder durch fehlende periphere Pulse (34). Auch die umgebenden Weichteile sollten bei der klinischen Untersuchung immer mit untersucht werden.

Zusammenfassend stellt die exakte klinische Untersuchung einen unerlässlichen Bestandteil der weiteren Versorgung dar, da die Verletzungsschwere einen großen Anteil an der Auswahl der OP-Methode und der zeitlichen Versorgung hat (14).

1.1.4 Bildgebung und radiologische Frakturerkennung

Für die Beurteilung und Klassifikation einer Fraktur werden Röntgenbilder in mindestens zwei Ebenen, im anterior-posterioren (a.p.) und im lateralen Strahlengang benötigt. Die a.p. Aufnahme erfolgt in einer maximalen Streckung des Gelenkes sowie in Supinationsstellung des Unterarmes. Bei der seitlichen Aufnahme sollten sowohl der Ellenbogen als auch die Schulter um 90° flektiert und der Unterarm supiniert sein. In beiden Aufnahmen wird die Kondylenrolle zentriert dargestellt (24). Zusätzliche Schrägbilder oder Zugröntgenbilder können hilfreich sein (13). Bei Zugröntgenbildern wird in Analgesie ein longitudinaler Zug auf den gestreckten Arm ausgeübt. Sie können dazu beitragen hochqualitative Bilder für die Operationsplanung zu erhalten (14).

1.1.4.1 Nativ-radiologische Darstellung des Ellenbogengelenkes:

Als Basis für das Verständnis der radiologischen Frakturerkennung wird in den folgenden Röntgenbildern (Abb. 9: und Abb. 10:) ein gesundes Ellenbogengelenk eines Erwachsenen gezeigt.

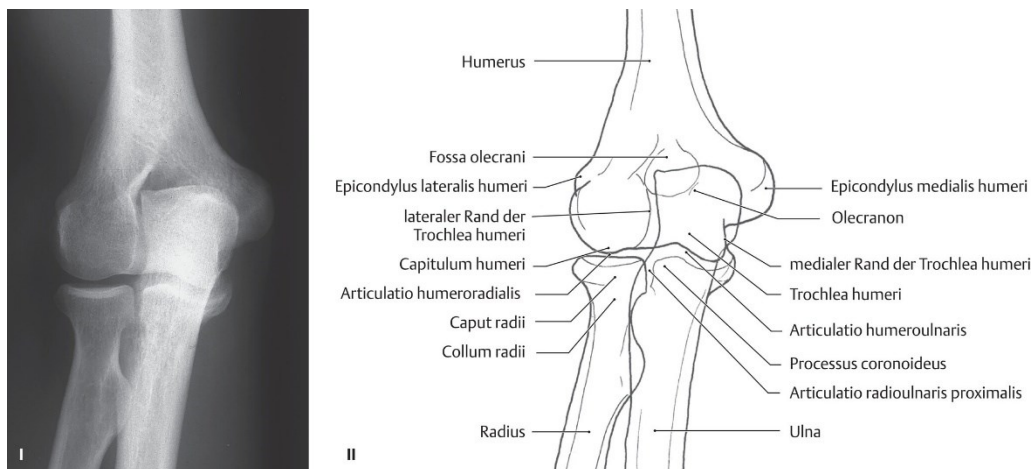


Abb. 9: Ellenbogengelenk in a.p.-Strahlengang (links); Skizze des Röntgenbildes mit Beschriftung (rechts) (17)

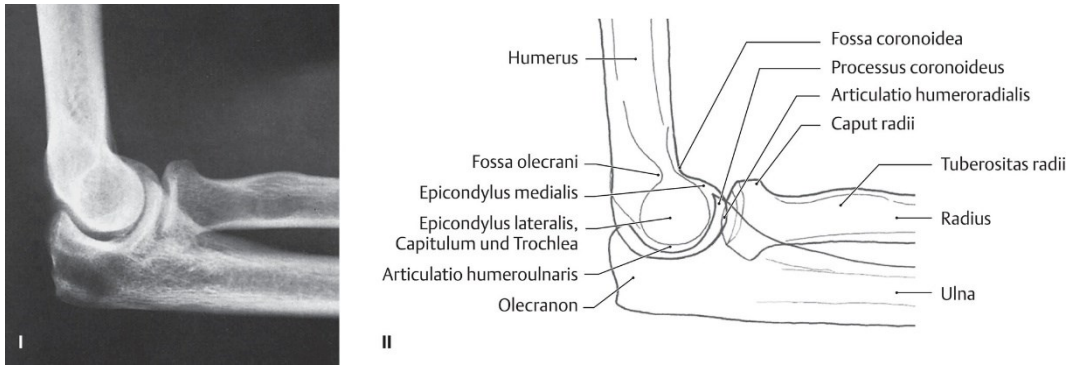


Abb. 10: Ellenbogengelenk in lateralem Strahlengang (links); Skizze des Röntgenbildes mit Beschriftung (rechts) (17)

1.1.4.2 Radiologische Frakturerkennung

Mittels der Röntgenbilder lassen sich Aussagen bezüglich Gelenkkongruität, Grad der Dislokation, Alignment, Fragmentanzahl und -anordnung treffen (35). In Abb. 11 ist eine C3-Fraktur im Röntgen in zwei Ebenen zu sehen. Im radiologischen Befund ist häufig von einer lateralen und medialen Säule die Rede. Die laterale Säule bildet das Capitulum, die mediale der Epicondylus medialis. Beide Säulen werden gelenksnah durch die Trochlea verbunden (35).

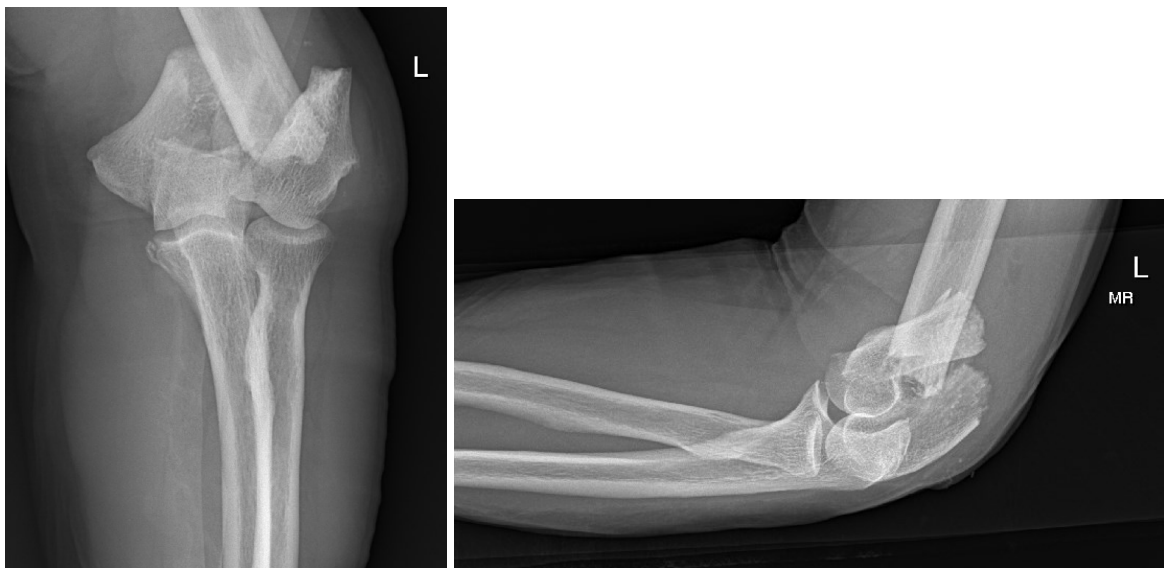


Abb. 11: Röntgenbilder eines Studienteilnehmers mit einer C3-Fraktur im a.p. (links) und im seitlichen Strahlengang (rechts)

Im seitlichen Röntgen kann bei nicht dislozierten Frakturen ein ventrales und dorsales Fettpolsterzeichen erkannt werden (13).

Als Fettpolsterzeichen („Fat pad sign“, siehe Abb. 12) wird die Verschattung in der Fossa coronoidea beziehungsweise olecrani bezeichnet. Sie kommt durch eine Verlagerung des Fettpolsters, aufgrund eines blutigen Gelenkergusses, zustande. Das hintere Fettpolster ist im Normalfall nicht sichtbar, das vordere ist hingegen in der Regel als schwache Aufhellung auch ohne Fraktur erkennbar (24, 35). Das Sichtbarsein der beiden Fettkörper deutet auf eine intraartikuläre Fraktur hin.



Abb. 12: Vorderes und hinteres Fettpolsterzeichen (36)

Eine ergänzende Computertomographie (CT) kann zur Operationsplanung bei komplexen Gelenkflächensituationen, bei unklaren oder komplexen Befunden, bei anhaltenden Beschwerden oder zur Evaluierung freier Gelenkkörper hilfreich sein. Mittels Surface-Rendering lassen sich aus den CT-Daten 3D-Rekonstruktionen des Gelenks, zur besseren Veranschaulichung, erzeugen (35).

Da die Art der Osteosynthese und des Operationszuganges von der exakten Klassifikation abhängt, sollte bei Verdacht auf Gelenkbeteiligung ein CT, gegebenenfalls mit einer 3D-Rekonstruktion durchgeführt werden (34).

Eine Magnetresonanztomographie ist bei Luxationen, zur Beurteilung der gelenksumgebenden Weichteile, bei nicht ossären Instabilitäten und zur Beurteilung von Knorpelflächen sinnvoll. Im Notfallsetting spielt sie jedoch eine untergeordnete Rolle (24, 35).

Besteht der Verdacht einer Gefäßverletzung, so sollte eine Angiografie durchgeführt werden (4).

1.1.4.3 Röntgenbilder eines mit doppelter Plattenosteosynthese versorgten Patienten

In Abb. 13: sind die postoperativen Röntgenbilder des Patienten von Abb. 11 zu sehen. Er wurde mittels doppelter Plattenosteosynthese versorgt.

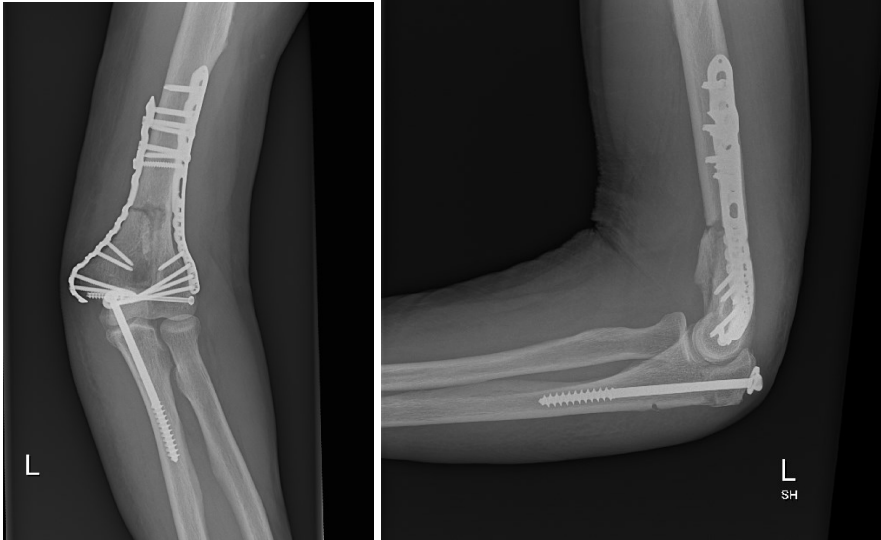


Abb. 13: Röntgenbilder einer operativ versorgten C3-Fraktur eines Studienteilnehmers, a.p. Strahlengang (links), seitlicher Strahlengang (rechts)

1.1.4.4 Röntgenbilder nach Versorgung mit Ellenbogenprothese

Die operative Versorgung einer distalen Humerusfraktur mit Ellenbogenprothese und zusätzlicher Osteosyntheseplatte ist in Abb. 14: Röntgenbilder einer mit Ellenbogenprothese und Osteosyntheseplatte versorgten distalen Humerusfraktur Abb. 14 dargestellt.

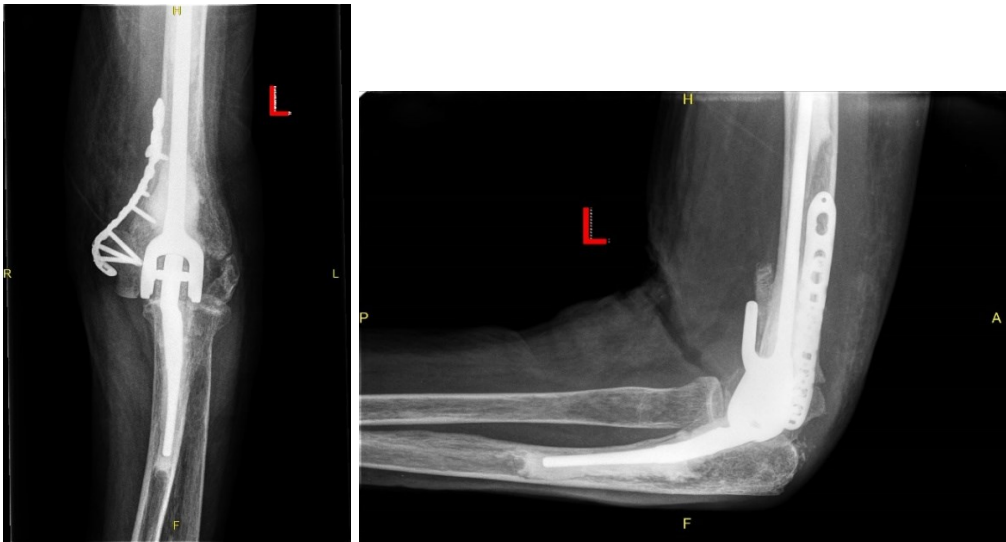


Abb. 14: Röntgenbilder einer mit Ellenbogenprothese und Osteosyntheseplatte versorgten distalen Humerusfraktur , a.p. Strahlengang (links), seitlicher Strahlengang (rechts)

1.1.5 Therapiemöglichkeiten von C-Frakturen

Als Therapieoptionen stehen konservative und operative Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung. Aufgrund der Komplexität der C-Frakturen wird hauptsächlich die operative Versorgung durchgeführt.

1.1.5.1 Konservative Behandlung

Die konservative Behandlung kann bei nicht dislozierten oder nur minimal verschobenen stabilen Frakturen in Betracht gezogen werden. Durch die meist hohe Komplexität der Frakturen stellt die konservative Behandlung aber eine Ausnahme dar (37). Bei A-Frakturen ist die konservative Therapie deutlich häufiger sinnvoll als bei C-Frakturen (4, 13, 15, 24, 33, 38).

Zudem kann eine konservative Therapie bei schwerwiegenden Kontraindikationen für eine Operation, wie Multimorbidität, prätraumatischer Gebrauchsunfähigkeit, einem schlechten Allgemeinzustand oder Begleiterkrankungen, die einzige Behandlungsoption darstellen (13, 21). Bei älteren Patient*innen mit schweren Trümmerfrakturen, oft in Kombination mit Osteoporose oder Osteopenie, ist das stabile Einbringen des Osteosynthesematerials technisch nicht immer möglich. Auch hier ist die konservative Therapie das Mittel der Wahl (4, 13, 14, 15, 33). Auch bei immobilen Patient*innen liefert die konservative Behandlung relativ gute Ergebnisse (30).

1.1.5.1.1 Procedere

Zuerst erfolgt die Frakturposition unter Analgesie oder Analgosedierung. Dabei wird zunächst in Streckstellung, dann in zunehmender Beugstellung, Zug auf den Unterarm ausgeübt, wobei die Gelenkfläche nach ventral gedrückt wird (33). Zur anschließenden Immobilisierung wird der Ellenbogen in 90° Flexion, soweit die Weichteilschwellung dies erlaubt, in leichter Supination des Unterarms und Dorsalextension des Handgelenkes fixiert. Diese Position entspricht der physiologischen Neutralstellung des Unterarms. Die Ruhigstellung erfolgt mittels eines zirkulären Oberarmgips oder einer dorsalen Gipsschiene für etwa vier bis sechs Wochen (4, 13, 21, 33, 38). Vor und nach Anlage eines immobilisierenden Verbandes sollte immer die periphere Durchblutung, Sensibilität und Motorik überprüft und dokumentiert werden. Die Gipsimmobilisierung hat sowohl den Nachteil einer unzureichenden Frakturposition als auch einer langen Immobilisation (13).

Falls im Behandlungsverlauf der konservativen Therapie bei den Kontrollröntgen ein Verlust der Kongruenz zu sehen ist, kann auch eine wiederholte Reposition und eine mehrfache Korrektur der Immobilisation nötig sein (14).

Grundsätzlich sollte die Ruhigstellung so kurz wie möglich andauern, da langfristige Ruhigstellungen zu deutlich schlechteren funktionellen Ergebnissen, insbesondere zu Bewegungseinschränkungen, führen. Jedoch ist eine kurze Ruhigstellung oder frühfunktionelle Behandlung aufgrund der meist sehr instabilen Fraktur nicht möglich (31, 33). Bis zum Erhalt einer stabilen und bindegewebig überbauten Fraktur, nach etwa zwei bis drei Wochen, erfolgt eine initiale Ruhigstellung. Im Anschluss sollte möglichst rasch mit einer physiotherapeutisch unterstützten Beübung begonnen werden. Diese erfolgt zuerst passiv, dann aktiv-assistiert und letztlich aktiv aus der Orthese heraus. Die Physiotherapie sollte für etwa sechs Wochen durchgeführt werden (4, 13, 31, 33).

Es ist wichtig regelmäßig Röntgenverlaufskontrollen durchzuführen, um die Frakturstellung zu überprüfen (14, 31). Die Regelmäßigkeit der radiologischen Kontrollen ist nicht einheitlich geregelt und variiert je nach Quelle. Grundsätzlich wird der Abstand zwischen zwei Kontrollen im Verlauf verlängert. Im Buch Tscherne Unfallchirurgie Teil 1

(33) wird empfohlen zu Beginn am Tag drei, sieben und zehn ein Kontrollröntgen durchgeführt. Bei Braunstein (4) werden die Röntgenkontrollen nach ein, zwei, drei und sechs Wochen nach Trauma durchgeführt. Ergänzend zu der Röntgenkontrolle sollte auch regelmäßig der neurovaskuläre Status des betroffenen Arms überprüft werden (33).

1.1.5.1.2 Komplikationen

Bei der konservativen Behandlung ist die häufigste Komplikation, die Dislokation der Fraktur. Hierzu kommt es, wenn die Diagnostik, z.B. durch mangelhafte Bildgebung, unzureichend ist oder die Indikation zur konservativen Therapie, beispielsweise durch Übersehen von Instabilitätskriterien oder Stufenbildung falsch gestellt wurde. Einen weiteren Grund stellen zu wenige Verlaufskontrollen dar. Eine weitere häufige Spätkomplikation ist die posttraumatische Arthrose. Sie ist das Resultat von intraartikulären Stufenbildungen und Knorpelschäden (39). Durch die Ruhigstellung des Ellenbogens kann es zu Druckstellen, Schmerzen und Bewegungseinschränkungen kommen. Zudem ist bei längerer Ruhigstellung das Risiko für eine Gelenksteife erhöht (39, 40). Bei Immobilisation über mehrere Wochen bis Monate ist das Risiko für Pseudarthrosen, ein verzögertes Knochenwachstum, Fibrosierungen und gelenksnahe Ossifikationen signifikant erhöht (15, 21, 31, 33, 40).

Trotz zum Teil unterschiedlichen Behandlungsmethoden herrscht weitgehende Einigkeit, dass die konservative Therapie oft mit einer bleibenden und häufig auch schmerzhaften Bewegungseinschränkung einhergeht (4). Primäres Ziel der konservativen Behandlung stellt die ossäre Heilung dar. Sollte es dennoch zu einer Pseudarthrose kommen, wird versucht eine Schmerzfreiheit und eine bestmögliche Beweglichkeit zu erreichen (13).

1.1.5.1.3 Prognose

Die Prognose der konservativen Behandlung ist vor allem bei komplexen und instabilen Frakturen sehr unbefriedigend. Es kommt häufig zur Ausbildung von Pseudarthrosen und zur verzögerten Frakturheilung. Zudem haben die Patienten*innen im Anschluss oft anhaltende Schmerzen und eine deutlich eingeschränkte Bewegungsfähigkeit des betroffenen Ellenbogens (21).

1.1.6 Operative Behandlung

Die operative Behandlung ist bei dislozierten, offenen, instabilen Trümmerfrakturen mit oder ohne Beteiligung der Gelenkfläche, sowie bei Begleitverletzungen wie Gefäß-Nerven-Schäden indiziert (13, 24, 33, 34). Eine distale Humerusfraktur der AO-Klassifikation C ist grundsätzlich operativ zu versorgen, solange keine Kontraindikationen (siehe Kapitel 1.1.5.1) vorliegen (24).

Ziel der operativen Behandlung ist die anatomische Ursprungssituation des Ellenbogengelenks mit kongruenten und stabilen Verhältnissen wiederherzustellen. Zudem soll durch die Operation eine frühe Übungsstabilität erreicht, die Heilung von Weichteilen erleichtert und die Infektionsgefahr reduziert werden (4, 13, 14).

Die operative Versorgung sollte so schnell wie möglich erfolgen, im Idealfall innerhalb 24 Stunden, zumindest aber innerhalb von sieben Tagen (14, 21, 24, 33). Eine frühe Operation führt zu geringerer Hautirritation, schont die Weichteile und führt grundsätzlich zu einer besseren Funktionalität (14). Eine Schwellung oder ein Hämatom alleine sprechen nicht gegen eine Operation (33), dennoch sollte beim Operationszeitpunkt auf die Weichteilsituation geachtet werden. Das exakte operative Vorgehen wird je nach Frakturanteilen, Alter und Knochenqualität individuell an den/die Patient*in angepasst (13).

Die operative Versorgung erfolgt mittels Drähten, (interfragmentären) Schrauben und/oder Platten, alternativ kann die Versorgung auch mit einer TEA (siehe Kapitel 1.1.6.5.2 Ellenbogentotalendoprothese (TEA)) erfolgen. Falls die Fraktur nicht direkt endgültig versorgt werden kann, beispielsweise aufgrund eines großen Weichteildefekts, kann die Zeit mit einem Fixateur externe überbrückt werden.

1.1.6.1 Fixateur externe

Bei offenen oder geschlossenen Frakturen mit ausgeprägten Weichteilverletzungen, bei Gefahr eines Kompartmentsyndroms, bei eingeschränkter Operationsfähigkeit, bei instabilen Frakturen, beispielsweise einem „floating elbow“, und vor allem bei

polytraumatisierten Patient*innen, macht es häufig Sinn eine zweizeitige Operation durchzuführen (4, 33, 34).

Mit der Anlage des Fixateur externe soll der Allgemeinzustand des Patienten stabilisiert, zudem die Weichteile entlastet und die Fragmente durch Ligamentotaxis weitgehend ausgerichtet werden (33).

In der ersten Operation wird der gelenksübergreifende Fixateur externe angebracht (34). Die primäre Behandlung mit dem Fixateur dient der Heilung der Band-Kapsel-Strukturen und der Weichteile (4). Beim Anbringen der Schanz-Schrauben am Humerus muss auf den N. radialis geachtet werden. Die Schanz-Schrauben am Unterarm werden an der Ulna befestigt. Es besteht die Möglichkeit einer Dreieckskonstruktion, welche zu einer höheren Stabilität führt (34). Nach etwa sechs bis zehn Tagen wird die zweite Operation, eine klassische innere Plattenosteosynthese am distalen Humerus, durchgeführt (34).

1.1.6.2 Osteosynthese

Kirschnerdrahtverspickung und Schraubenosteosynthese sollten bei Erwachsenen mit C-Frakturen nicht alleinig angewandt werden, weil sie in der Regel zu keiner zufriedenstellenden Reposition der Fragmente und ebenso wenig zu einer ausreichenden Stabilität führen (31, 34).

Goldstandard bei C-Frakturen ist eine offene Reposition mit doppelter Plattenosteosynthese, die eine sofortige Beübung ermöglicht (siehe 1.1.6.5.1) (15, 31, 33, 34).

1.1.6.3 Patient*innenlagerung im OP

Prinzipiell sind drei Lagerungsarten möglich.

Der*die Patient*in kann seitlich (siehe Abb. 15 links) auf einer weichen (Vakuum-)Matratze mit zusätzlicher Unterpolsterung der Knochenpunkte gelagert werden. Der Oberarm wird dabei auf einem Armhalter abgelegt, der Unterarm hängt frei herunter. Eine weitere Möglichkeit ist die Rückenlage, bei welcher der Arm flektiert und adduziert über der Brust positioniert wird.

Die am häufigsten genutzte Lagerungstechnik ist die Bauchlagerung (Abb. 15 rechts).

Dabei hängt der Arm seitlich über den Tisch und liegt einem Armhalter auf. Es ist darauf zu achten, dass der Ellenbogen mindestens um 120° gebeugt werden kann, um

intraoperativ einen ausreichenden Blick ins Gelenk zu gewährleisten (14, 15, 33). Wenn keine bedeutenden Weichteilschäden vorliegen, erfolgt die Operation unter Anlage einer Blutsperrung am proximalen Oberarm (33, 34).

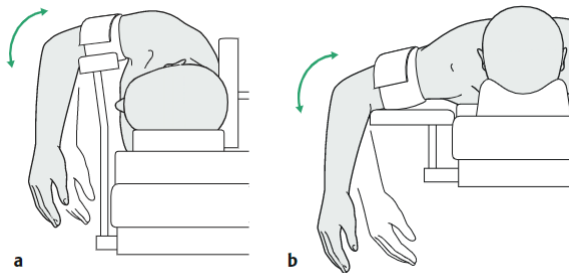


Abb. 15: Patientenlagerung bei OP: Seitenlagerung (links); Bauchlagerung (rechts) (30)

1.1.6.4 Operativer Zugangsweg

Zum Ellenbogengelenk gibt es vier mögliche Zugänge, den lateralen, den medialen, den ventralen und den dorsalen Zugang. Bei komplexen intraartikulären Verletzungen wird meist der dorsale Zugang verwendet. Aufgrund dessen wird in dieser Arbeit das Augenmerk auf die Beschreibung des dorsalen Zugangsweges gelegt.

Der dorsale Zugang gewährleistet eine gute Sicht in das Gelenk, ist einfach erweiterbar und ermöglicht das Erreichen aller wichtigen Strukturen (14, 24). Die Patient*innen liegen dabei in den meisten Fällen in Bauchlage und der Hautschnitt erfolgt auf der dorsalen Seite des Arms. Im weiteren Vorgehen kann der M. triceps brachii erhalten oder gespalten werden. Zudem ist bei Bedarf eine Olecranonosteotomie möglich (14, 31, 34).

1.1.6.4.1 Dorsaler Zugang ohne Olecranonosteotomie

Der Hautschnitt erfolgt etwa 10 cm proximal des Olecranons in der dorsalen Mittellinie des Humerus unter lateralseitig/radialseitig bogenförmiger Umschneidung des Olecranons bis an die ulnaren Diaphyse (14, 26, 30, 33, 34). Der gesamte Hautschnitt hat in Summe eine Länge von ca. 15 cm, wobei die Größe der Inzision von der Anatomie und der Verletzung abhängig gemacht wird (33). Die Tiefe des Schnittes reicht bis auf die Aponeurose des M. triceps brachii (14). Der Hautschnitt ist in Abb. 16 skizziert.

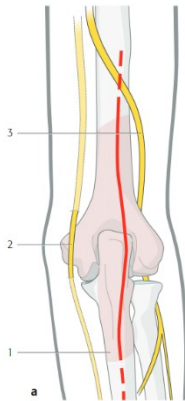


Abb. 16: Hautschnitt (1) Ulna, (2) N. ulnaris, (3) N. radialis (30)

Proximal des Sulcus ulnaris wird der N. ulnaris im medialen intermuskulären Septum des M. triceps aufgesucht, mit einem „Vessel Loop“ angeschlossen und nach distal zum Epicondylus medialis verfolgt (4, 21, 33). Die weitere Präparation am Humerus kann entweder bevorzugt mittels Schonung des M. triceps brachii (Trizeps Sparing) oder mittels Spaltung des M. triceps brachii (Trizeps Split) erfolgen. Beim Trizeps Sparing, auch Trizeps-on oder Zugang nach Alonso-Llames genannt (siehe Abb. 17), wird bis auf die Fossa olecrani präpariert. Unter Darstellung und Schonung der lateral gelegenen arteriellen Kollateralen, des auf der medialen Seite gelegenen N. ulnaris und dem proximal gelegenen N. radialis, inklusive dessen Begleitvenen, wird jeweils seitlich der Ansatzsehne des M. triceps bis zum Knochen präpariert (14). Dabei ist darauf zu achten, dass das Periost nur so weit wie nötig abgelöst wird, um die Vitalität des Knochens möglichst hoch zu halten (33).

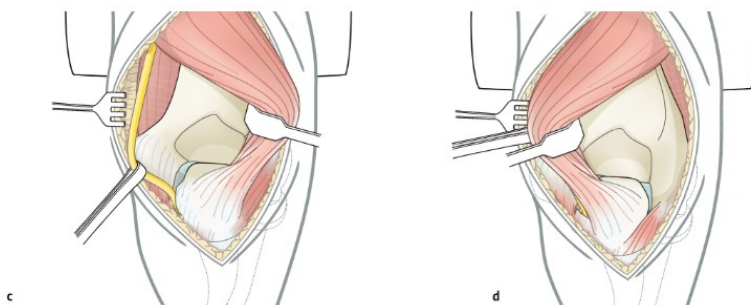


Abb. 17: Alonso-Llames Zugang, Blick in ulnares (links) und radiales Fenster (rechts) (30)

An dieser Stelle könnte eine Olecranonosteotomie (siehe Kapitel 1.1.6.4.2) erfolgen oder „ein Umklappen der Aponeurose des M. triceps brachii von der proximalen Ulna, wobei die Aponeurose mit der Vorderarmfaszie im Verbund belassen wird“ (14).

Ferner kann der Zugang mittels „anconeus flap“ erweitert werden. Hierzu wird zusätzlich der M. anconeus und in Folge das Lig. anulare radii abgelöst. Dies findet hauptsächlich bei B3-Frakturen Anwendung (30).

Komplikationen können auftreten, wenn die Olecranonspitze nicht umschnitten wird, da an dieser Stelle vermehrt Schmerzen und Missempfindungen auftreten können und ein erhöhtes Infektionsrisiko besteht. Zudem birgt eine nicht an den Patienten angepasste Inzisionslänge Gefahren. Eine zu kleine Inzision kann durch verstärkten Hakenzug zu Weichteilschäden führen und eine zu große Inzision vergrößert unnötig die Wundfläche, was postoperativ vermehrt zu Verwachsungen führen kann (33).

Der Trizeps Split Zugang wird hauptsächlich bei einfachen artikulären bicolumnaren und bei extraartikulären Frakturen durchgeführt (30). Nach Darstellung des N. ulnaris, wird eine Spaltung des M. triceps brachii und dessen Sehne, ggf. bis zur Olecranonspitze, vorgenommen (14). Aufgrund der sehr schlechten Heilung, sollte der Trizeps in seinem sehnigen Anteil nicht gänzlich vom Olecranon gelöst werden (24).

Wenn es möglich ist, sollte immer die Trizeps Sparing Technik präferiert werden, um einen zusätzlichen Weichteilschaden zu verhindern.

Der Trizeps Split ist der Olecranonosteotomie vorzuziehen, wenn in beiden Fällen die Gelenkflächen ausreichend darstellbar sind (14).

1.1.6.4.2 Dorsaler Zugang mit Olecranonosteotomie

Die Olecranonosteotomie ist bei komplexen Frakturen der Gelenkfläche meist erforderlich, um einen bestmöglichen Blick und Zugang auf die gesamte Fraktur und die Gelenkflächen des distalen Humerus zu erlangen (14, 33).

Die Inzision und die anfängliche Präparation unterscheidet sich nicht vom Zugang ohne Olecranonosteotomie und wurde bereits im vorherigen Absatz (1.1.6.4.1) beschrieben. In diesem Kapitel wird das weitere Vorgehen erläutert.

Vor der Durchführung der Chevron-Osteotomie erfolgt die Markierung der Stelle auf dem Olecranon. Diese sollte sich etwa 2,5 - 3 cm distal der Olecranonspitze am tiefsten Punkt der Incisura semilunaris befinden und V-förmig sein, wobei die Spitze des „V“ nach distal

zeigt (14, 30, 33). Eine transversale Osteotomie wäre im Vergleich zu instabil. Um zu verhindern, dass beim Sägen die Ulna zu weit eingekerbt wird und es in Folge zu einem erhöhten Frakturrisiko kommt, kann zuvor am Scheitelpunkt des „V“ ein etwa 2,5 mm großes Loch gebohrt werden (siehe Abb. 18) (41).

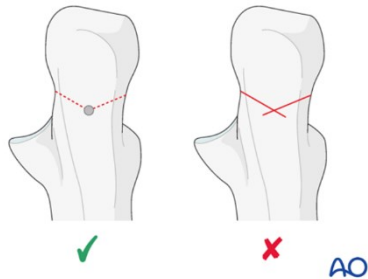


Abb. 18: Vorbereitung des Olecranon vor Olecranonosteotomie (41)

Die Schnittführung sollte auf einer Ebene erfolgen auf welcher die Gelenkfläche des Olecranons nicht mit der Fossa olecrani artikuliert.

Die Osteotomie wird mittels einer oszillierenden Säge durchgeführt, wobei das letzte 1/3 bis zur Gelenkfläche mithilfe eines Knochenmeißels, auch genannt Osteotom, durchtrennt wird (14, 15, 33). Das Absetzen der Olecranonspitze ist in Abb. 19 Schritt für Schritt dargestellt. Während des Sägens sollte der Knochen mit Kochsalzlösung gespült werden, um ein Überhitzen zu vermeiden (41). Der Grund für das Meißeln des letzten Drittels ist die Schonung der Gelenkfläche und eine Verhinderung eines Knorpelschadens und -verlustes. Außerdem wird eine Reposition durch raue Frakturoberflächen erleichtert, da die Fragmente besser ineinandergreifen. Am abgetrennten Knochenstück setzt die Sehne des M. triceps brachii an. Dieses wird mit dem Muskel nach proximal umgeklappt (siehe Abb. 20), sodass sich ein uneingeschränkter Blick auf das Ellenbogengelenk ergibt (14, 30, 41).

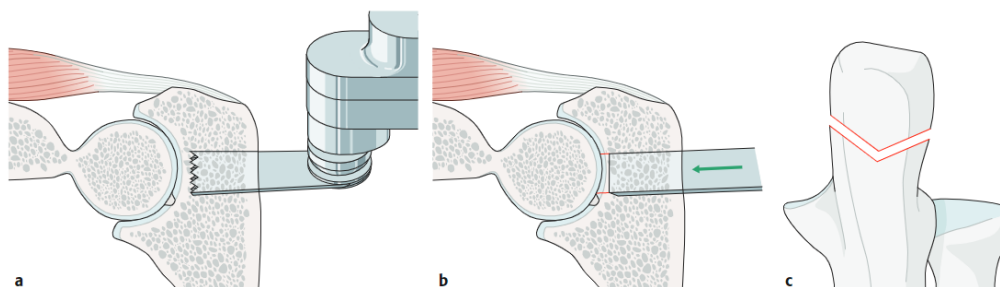


Abb. 19: Olecranonosteotomie, Schrittweise (v.l.n.r) Absetzen der Olecranonspitze(30)

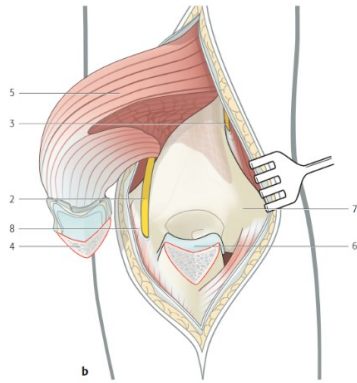


Abb. 20: Olecranonosteotomie: Wegklappen des M. triceps mit Olecranonspitze:(2) N. ulnaris, (3) N. radialis, (4) Olecranon, (5) M. triceps brachii, (6) Trochlea, (7) Epicondylus lateralis, (8) Epicondylus medialis (30)

Anschließend erfolgt die Frakturreposition und Osteosynthese (siehe Kapitel 1.1.6.5).

Nach Vollendung der Osteosynthese kann das Fragment, mit unterschiedlichen Verfahren, mit der Olecranonspitze refixiert werden. Ist eine Refixierung der Osteotomie mittels Kriechschraube geplant, ist es ratsam, bereits vor Durchführung der Osteotomie mit einem 3,5-mm-Bohrer ein ca. 100 mm langes Loch (1/3 der Ulna) mittig in die Ulna vorzubohren; die später benötigte Schraube kann dabei direkt abgemessen werden (14, 30, 33). Bei dem Verfahren mit einer Kriechschraube in Kombination mit einer Cerclage, wird das Fragment zuerst mittels Repositionszangen repositioniert und mit der Kriechschraube unvollständig fixiert. Dabei sollte eine Unterlegscheibe verwendet werden. Für das Legen der Draht-Cerclage wird ein weiteres Loch benötigt, welches etwas distal des Processus coronoideus, etwa 40 mm distal der Frakturlinie, dorsal der Schraube und quer zum Ulnaschaft mit einem 2,0-mm-Bohrer gebohrt wird. Bei einem 1-mm-Draht wird nach 1/3 der Länge eine Schlaufe gedreht. Das kürzere Drahtende wird, zur Sicherung des medial verlaufenden N. ulnaris, von medial aus durch das Loch gefädelt. Das längere Drahtstück wird proximal über der Ulna gekreuzt und hinter der Trizepssehne verlaufend, unter der Unterlegscheibe hindurch, positioniert und erneut überkreuzend zurück zum anderen Drahtende geführt. Nach Erreichen einer guten achterförmigen Positionierung, können die beiden Enden oberhalb des Loches gegeneinander verdrillt werden. Im Anschluss erfolgt das Verdrillen der Schlaufe und der vorverdrillten Drahtenden auf der anderen Seite zeitgleich mittels zweier Zangen. Dadurch wird der Draht gespannt und die Fragmente werden fest

aneinander gezogen. Die verdrehten Drähte können gekürzt und Richtung Olecranon zum Draht hin umgeklappt werden. Das Verfahren wird Zuggurtung genannt. Zuletzt kann ein Nachziehen der Schraube eine bessere Fixierung des Drahtes unter der Unterlegscheibe bewirken (14, 42).

Alternativ zu der genannten Methode mit Kriechschraube und Cerclage, lässt sich die Refixation auch mithilfe zweier 1,6-mm-Kirschner (K-)Drähten und Cerclage durchführen. Die beiden Drähte sollten dabei parallel und schräg von proximal dorsal nach distal ventral eingebracht werden. Da es sich um zwei Drähte handelt, wird eine Rotation des Fragments verhindert. Die Drahtcerclage wird identisch zu der Methode mit der Schraube angebracht, nur dass dieses Mal der Draht um die K-Drähte geschlungen wird. Die Enden der K-Drähte werden um 180° umgebogen und nach etwa 5 - 6 mm abgeschnitten (14, 42). Wie die fertige Cerclage mit K-Drähten aussieht, ist in Abb. 21 zu sehen. Um eine uneingeschränkte Trizepsfunktion und eine stabile Fixation des Olecranon zu gewährleisten, müssen die K-Drähte ausreichend versenkt werden. Ist dies nicht der Fall kommt es vermehrt zum Auftreten von Pseudarthrose (34).

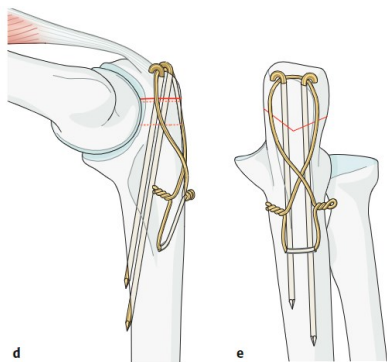


Abb. 21: Cevron-Cerclage mit Kirschnerdrähten Ansicht von lateral (links) und dorsal (rechts) (42)

Eine dritte Alternative zu den beiden Zuggurtungsmethoden ist die Refixation mittels einer Platte. Dieses Verfahren wird selten verwendet. Mögliche Einsatzgebiete sind zusätzliche große Trümmerzonen im Bereich der proximalen Ulna oder eine an der Ulna zu weit distal durchgeführte Osteotomie. Es können anatomisch vorgeformte Platten, Limited Contact Dynamic Compression Plates (LC-DCP) oder winkelstabile Platten verwendet werden (14).

1.1.6.5 Operationstechniken bei C-Frakturen des distalen Humerus

1.1.6.5.1 Reposition und Osteosynthese

Bei der Wiederherstellung des Gelenks handelt es sich um den schwierigsten Teil der Operation (34).

Nachdem ein bestmöglicher Zugang zur Fraktur und der Gelenkflächen hergestellt wurde, werden zuerst kleine Knochensplitter und Fragmente aus dem Gelenkspalt entfernt. Das Gelenk ist in der Regel massiv instabil, da häufig sowohl die laterale, als auch die mediale Säule zerstört sind (14). Zunächst wird begonnen die Gelenkfläche stufenlos zu rekonstruieren, dabei helfen Repositionszangen, die Positionierung des Arms und eine direkte Manipulation mit Fingern oder Pinzetten. Ist die Position gefunden, wird sie provisorisch mittels K-Drähten fixiert (siehe Abb. 22a). Bei sehr schweren Zertrümmerungen der Gelenkflächen kann eine ex situ Rekonstruktion hilfreich sein. Dabei werden die Knochenfragmente, außerhalb der natürlichen anatomischen Position, beispielsweise auf dem Instrumententisch, Schritt für Schritt zusammengesetzt. Wenn sie zur Gelenkform beitragen, können kleine artikuläre und metaphysäre Fragmente entweder mit kleinen K-Drähten mit Gewinde, Madenschrauben, Senkkopfschrauben von 1,5 oder 2,0 mm oder mit resorbierbaren Stiften an benachbarten Fragmenten befestigt werden. Wenn die Gelenkfragmente für die Stabilität und Form nicht relevant sind können sie auch verworfen werden (4, 14, 15, 21, 30, 34). Mit Zugschrauben werden die parallel zur Gelenkfläche verlaufende K-Drähte ersetzt, dies ist in Abb. 22 in der Mitte und rechts dargestellt (4, 30, 34).

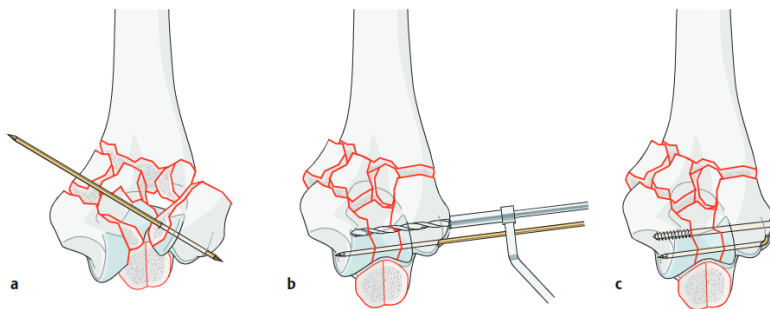


Abb. 22: Osteosynthese: Herstellung der Gelenkfläche mittels K-Drähten (links); Bohren der Schraubenlöcher (Mitte); Eingebrachte Schraube parallel des K-Drahtes (rechts) (30)

Zugschrauben kommen zum Einsatz, um eine interfragmentäre Kompression zwischen den Knochenfragmenten zu erzielen. Hierzu müssen die Zugschrauben senkrecht zum

Frakturspalt eingebracht werden. Dabei muss das schraubenkopfferne Gewinde in der Kortikalis greifen, das schraubenkopfnahes Gewinde darf nicht in der Kortikalis greifen. Durch das Ersetzen der K-Drähte durch Zugschrauben erhält man einen zusammenhängenden und stabilen Gelenkblock, wodurch aus der ursprünglichen C-Fraktur quasi eine A-Fraktur wird (4, 30, 34, 43).

Zwischen dem Humerus und dem Gelenkblock gelegene Knochenfragmente werden rekonstruiert. Auch kleine Frakturfragmente können in der Regel gut eingepasst oder zwischen größeren verkeilt werden. Im Anschluss wird der Gelenkblock mittels K-Drähten provisorisch am Humerus fixiert, siehe Abb. 23 (4, 30, 34).

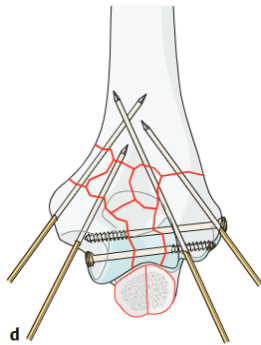


Abb. 23: Fixierung des Gelenkblocks am Humerus mittels K-Drähten (30)

Alternativ kann man auch zuerst eine Säule, in der Regel die weniger verletzte Säule, provisorisch am Schaft befestigen, sodass eine Umwandlung einer C- in eine B-Fraktur erfolgt (30).

Bei beiden Verfahren wird die endgültige Fixierung am Schaft in der Regel mittels zweier Platten durchgeführt. Welche Plattenart wann zum Einsatz kommt, wird im Kapitel 1.1.6.5.1.1 erläutert. Angebracht werden die beiden Platten radiodorsal/posterolateral und ulnarmedial/medial/ulnar (30, 34). Dabei wird mit der Platte begonnen, deren Säule aus weniger Trümmerfragmenten besteht (44). Andere Quellen (30, 34) empfehlen mit der radiodorsalen Platte zu beginnen, welche weiter in Richtung Gelenkfläche reichen kann wie die ulnare Platte. Die beiden Platten erreichen ihre größte Stabilität, wenn sie in ihrer Längsebene, also in Sagittal- und Koronarebene, im 90° Winkel stehen. Weitere Optionen sind das Anbringen der Platten in Parallelstellung oder in einem Winkel von 180° (30, 34). Zuerst sollte provisorisch eine Kortikalisschraube proximal der Fraktur am Knochen fixiert werden, dann sollten nach Möglichkeit zwei Verriegelungsschrauben durch die Platte in den Gelenkblock eingebracht werden. Um proximal eine zweite Kortikalisschraube einbringen zu können, wird die provisorische Positionierungsschraube etwas gelockert und

nachfolgend wieder festgedreht. Nach Möglichkeit sollte zumindest eine zusätzliche Kortikalisschraube in das am weitesten proximal gelegene Plattenloch eingebracht werden (44).

Bevor weitere Schrauben in die erste Platte gedreht werden, muss zuerst die zweite Platte nach analogen Schritten angebracht werden (44). Hierbei ist zu beachten, dass die beiden Platten nicht auf der selben Höhe des Schaftes enden, sonst besteht das Risiko einer Stressfraktur (4, 15, 34). Ebenfalls dürfen die Implantate nicht in die Gelenkfläche ragen. Aus diesem Grund wird teilweise empfohlen, zuerst die distalen Schrauben anzubringen, um sicherzugehen, dass die Platten nicht in das Gelenk ragen (14, 30).

Wenn der Knochen eine schlechte Knochenqualität aufweist, können in die verbleibenden proximalen Plattenlöcher, weitere Verriegelungsschrauben eingedreht werden (44). Nach Möglichkeit sollten sowohl oberhalb, als auch unterhalb der Fraktur zwei bis drei Schrauben in der Platte platziert werden. Dabei sollten die Schrauben möglichst viele Fragmente fixieren und weitmöglichst in den Knochen reichen (30).

Ein Beispiel für eine Doppelplattenosteosynthese zeigt Abb. 24.

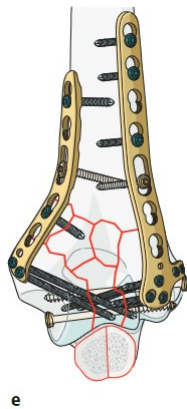


Abb. 24: Fertige Plattenosteosynthese am distalen Humerus (30)

Falls bei ossärem Defekt eine autologe Spongiosaplastik notwendig ist, sollten zur Gelenkblockstabilisierung Stellschrauben verwendet werden, um eine Verschmälerung der Gelenkrolle durch die Kompression der Zugschrauben zu verhindern. Wird ein kortikospongiöser Span in den Defekt eingebracht, ist das Verwenden von Zugschrauben möglich (14).

Nach Einbringen des Osteosynthesematerials muss mittels Bildwandler das Ergebnis kontrolliert werden. Fragmente müssen zufriedenstellend repositioniert sein, die

Gelenkflächen müssen kongruent zueinander stehen, alle Schrauben müssen extraartikulär liegen und in allen Ebenen sollte das Radiusköpfchen auf das Capitulum humeri projizieren. Darüber hinaus muss das Bewegungsausmaß überprüft werden, sowohl Flexion und Extension, als auch Supination und Pronation. Die Implantate dürfen Bewegungen nicht behindern, um eine direkte postoperative Beübung gewährleisten zu können (14).

Nach zufriedenstellendem Ergebnis der Bildwandlerkontrolle kann das OP-Gebiet verschlossen werden. Falls ein Trizeps Split nötig war, reicht es den Muskel locker anzunähern und zu verschließen. Abgesehen von der Hautnaht sollten resorbierbare Nähte für den Verschluss gewählt werden (14).

1.1.6.5.1.1 Osteosynthesematerial

Bei der Versorgung von distalen Humerusfrakturen mittels Plattenosteosynthese stehen Locking Compression Plates (LCP), LC-DCP und Rekonstruktionsplatten zur Verfügung. Alle drei Systeme sind für Schrauben der Dimension 3,5 mm erhältlich (4, 15, 21, 33). Bei den LCP handelt es sich um vorgeformte winkelstabile Platten mit Kombinationsloch, in das konventionelle Schrauben oder Kopfverriegelungsplatten passen. LC-DCP sind dynamische Kompressionsplatten, welche nur eingeschränkt verformbar sind. Hingegen sind die Rekonstruktionsplatten sehr gut modulierbar und als winkelstabile sowie nicht winkelstabile Variante erhältlich (45).

Bei C1-Frakturen kommen hauptsächlich 3,5-mm-Rekonstruktionsplatten und LC-DCP zum Einsatz. Erstere sind dabei leichter zu konturieren wohingegen zweitere grundsätzlich stärker sind. Bei C2- und C3-Frakturen wird als Standardimplantat meist das vorkonturierte winkelstabile LCP-Implantat mit variablen Winkeln und Verriegelungsschrauben verwendet (30).

1.1.6.5.1.2 Management des N. ulnaris

Der N. ulnaris ist sehr empfindlich und ein häufiger Grund für Komplikationen. Deshalb sollte während der gesamten Operation unbedingt darauf geachtet werden, dass der Nerv geschont wird. Unmittelbar nach erfolgreichem Einbau des Osteosynthesematerials muss sich der Operateur überlegen, ob er den N. ulnaris zurück ins Nervenbett legt oder ob er

den Nerv verlagert. Bei der ventralen Verlagerung besteht die Möglichkeiten den Nerv subkutan oder unter den Muskeln zu platzieren. Für eine Transposition des Nervs, muss dieser spannungsfrei in ausreichendem Ausmaß proximal und distal frei präpariert werden. Falls der Nerv nicht in unmittelbarem Kontakt mit dem Osteosynthesematerial tritt, kann er in seine ursprüngliche Lage zurückverlagert werden. Dabei sollte gewebeschonend gearbeitet werden, um eine ausreichende Durchblutung zu gewährleisten und den Nerv keinem übermäßigen Zug auszusetzen. Es ist zu beachten, dass durch die Fraktur oft eine Narbenbildung und Fibrosierung im Nervenbett entsteht. Dies kann durch die Operation zusätzlich verstärkt werden (14).

Der Stellenwert und die Vorteile der Nerventransposition sind zur Zeit unklar (14). Die Empfehlungen unterscheiden sich zum Teil massiv. Eine Verlagerung soll nur bei Zerstörung des Sulcus ulnaris und bei direktem Metallkontakt durchgeführt werden. Von einer routinemäßigen Verlagerung wird abgeraten, da das Risiko für eine Neuritis erhöht ist (4).

1.1.6.5.2 Ellenbogentotalendoprothese (TEA)

Als Alternative zur Plattenosteosynthese kann der totale Gelenkersatz mittels Endoprothese erfolgen. Dabei wird ein Teil der Prothese mittels Knochenzement in den Markraum des Humerus und der andere Teil in den Markraum der Ulna verankert. Man unterscheidet gekoppelte (Abb. 25) und ungekoppelte Prothesen. Der Unterschied liegt darin, dass die beiden Komponenten bei der gekoppelten Prothese starr miteinander verbunden werden, wohingegen sie bei der ungekoppelten Prothese frei gegeneinander beweglich sind. Dabei gewährleistet die Bandführung des Gelenks die Stabilität (46, 47). Die Implantation einer TEA sollte bei älteren Patient*innen (>65Jahre) mit guter Funktionalität vor dem Unfall, bei rheumatischen Patient*innen, bei Verlust der Durchblutung und wenn eine Fixation aufgrund Osteoporose oder schwerer Zertrümmerung nicht möglich ist, in Betracht gezogen werden (4, 13, 21, 24, 31, 47). Die Operation erfolgt in Rücken- oder Seitenlagerung. Als Zugang sollte der Alonso-Llames Zugang gewählt werden, um ihn ggf. mit dem Bryan-Morrey Zugang erweitern zu können (30, 47, 48). Nach Einbau der Prothese, darf das betroffene Ellenbogengelenk maximal mit 5kg belastet werden (31). Die Standzeit einer Prothese beträgt zehn bis 15 Jahre (46).

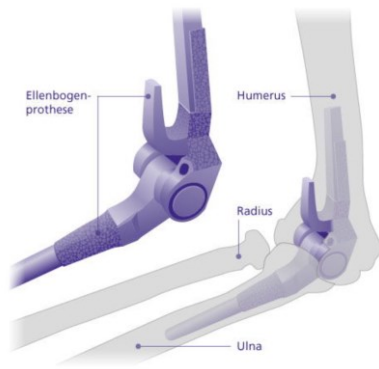


Abb. 25: Schematische Darstellung einer gekoppelten Totalendoprothese (46)

1.1.7 Postoperatives Management und Nachsorge

Unmittelbar nach der Operation hat das Anlegen einer Oberarmgipsschiene oder eines gespaltenen Oberarmgipses in 90° Flexion des Ellenbogens und neutraler Rotation des Unterarms zu erfolgen. Zudem wird eine konsequente Hochlagerung des Arms empfohlen. Der Gips sollte für etwa zwei bis vier Wochen belassen werden, bis die Wundheilung abgeschlossen ist (14, 21, 30, 33, 34). Die Immobilisation erfolgt vor allem bei Patienten mit verminderter Compliance, bei instabiler Fixierung durch schlechte Knochenqualität oder hoher Frakturkomplexität oder bei starken Schmerzen (15, 30). Die Ruhigstellung verbessert das Schmerzmanagement unmittelbar nach der Operation und bremst weiteres Anschwellen der Weichteile (14). Nach Weichteilkonsolidierung kann der Spaltgips auch durch eine Oberarmgipsschiene ersetzt werden, welche zumindest nachts für zwei bis vier Wochen zu tragen ist (34).

Bereits am ersten oder zweiten postoperativen Tag sollte mit der passiven oder schwerkraftfreien aktiv-assistierten Beübung begonnen, sowie in weiterer Folge konsequent und regelmäßig durchgeführt werden (15, 21, 30, 34, 44). Eine Ergotherapie ist ebenfalls förderlich (14).

Eine passive Dehnung und Mobilisation gegen Widerstand/Belastungsübung sollte erst nach vier bis sechs Wochen erfolgen, wenn die frühe Frakturheilung im Röntgen festgestellt wurde (21, 30, 34). Grund dafür ist, dass dabei hohe Kräfte auf das Ellenbogengelenk und damit auch auf der Fraktur und dem Osteosynthesematerial lasten, und es dadurch zu einer vermehrten Ausbildung von heterotopen Ossifikationen kommen kann (14).

Röntgenkontrollen sind wichtig und sollten in regelmäßigen Abständen angefertigt werden. Die empfohlenen Zeitpunkte der Kontrollen variieren je nach Quelle. Zusätzlich zur direkt postoperativen Kontrolle sollten je nach Literatur nach zwei und vier bis fünf Wochen (34), nach sechs und zwölf Wochen oder bei geriatrischen Patienten nach vier, acht, zwölf Wochen (15) Röntgenkontrollen durchgeführt werden.

Zur initialen Schmerztherapie kann ein bereits präoperativ angelegter Plexuskatheter verwendet werden (15, 33). Zusätzlich ist eine Prophylaxe gegen periartikuläre Ossifikationen mit einem Antiphlogistikum, z.B. Indometacin möglich (15).

Prinzipiell sollte das Osteosynthesematerial bei Beschwerdefreiheit belassen werden und nur bei entsprechender Indikation, wie beispielsweise Streck- und Beugehemmungen, Schmerzen, Implantatlockerung oder -fehlage, drohende Perforation und Weichteilschäden, Infektionen, Pseudarthrose oder allergischen Reaktionen entfernt werden (15, 40).

Bei Olecranonosteosynthesen führt in 6 - 30 % der Fälle schmerzhaftes oder hervorstehendes Osteosynthesematerial zu einer sekundären Metallentfernung (14). Die Metallentfernung sollte frühestens nach sechs bis acht Monaten erfolgen, wenn möglich nicht vor dem Verstreichen von ein bis zwei Jahren (33, 44). Allgemein lässt sich sagen, dass die Metallentfernung umso früher durchgeführt wird, je größer die Funktionseinschränkung ist, jedoch nicht vor den genannten sechs bis acht Monaten. Diese weitere Operation hat den Vorteil, dass dabei zeitgleich, gebildeter Kallus und Pannus entfernt und eine Arthrolyse durchgeführt werden kann. Jedoch birgt eine Metallentfernung nicht nur das Risiko einer Nervenschädigung durch die Operation (33), sondern auch das gesamte Operations- und Narkoserisiko entsprechend der Erstoperation und ebenfalls das Risiko einer Refraktur (40).

Nach der Metallentfernung sollte die Aktivität für einige Monate eingeschränkt werden, weil ein erhöhtes Refrakturrisiko besteht (44).

1.1.8 Prognose

Nach Operationen ist das Ergebnis in Summe recht zufriedenstellend, je nach Literatur haben 50 - 92 % der Operierten ein exzellentes Ergebnis (21). Dennoch haben >15 % ein unbefriedigendes Ergebnis. Die Verletzungsschwere und der Frakturtyp, die Osteosynthesequalität, die Compliance und das Alter des*der Patienten*Patientin beeinflussen die Prognose maßgeblich. Patient*innen mit unbefriedigendem Ergebnis beklagen häufig einen Funktionsverlust und andere anhaltende Beschwerden. Selbst eine Immobilisation des Ellenbogens von nur wenigen Tagen kann schon zu Bewegungseinschränkungen führen. Bei längerer Ruhigstellung kann es zu periartikulären Verkalkungen kommen, welche die Beweglichkeit zusätzlich verschlechtern (15, 34).

Die Zufriedenheit der Operation ist zum einen vom subjektiven Eindruck des*der Patienten*Patientin, beispielsweise dessen Schmerzempfinden, und andererseits von auftretenden Komplikationen abhängig. Komplikationen können bei klinischen Untersuchungen oder im Röntgen erkannt werden (24).

1.1.9 Komplikationen

Zu den häufigsten Komplikationen nach operativer Versorgung der distalen Humerusfrakturen gehören, Pseudarthrose im Bereich der Fraktur oder der Olecranonosteotomie, Infektionen, Nervenläsionen, Implantatlockerungen oder -versagen, heterotope Ossifikation, posttraumatische Arthrose und Bewegungseinschränkungen vor allem Streckdefizite (4, 24, 31, 40).

In selteneren Fällen kann es auch zum Kompartmentsyndrom und in Folge zu einer Volkmann-Kontraktur oder zu Deformitäten kommen (4).

Ein erhöhtes Komplikationsrisiko haben Patient*innen mit Polytrauma, Weichteilschaden und mit komplexen Trümmerfrakturen, welche oft durch Hochrasanztraumen entstehen. Jedoch haben auch ältere Patient*innen insbesondere aufgrund verminderter Knochenqualität, beispielsweise durch Osteoporose im Alter und reduzierter Compliance, durch beispielsweise Demenz, ein erhöhtes Komplikationsrisiko (40).

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Komplikationen bei der operativen Therapie näher betrachtet.

1.1.9.1 Pseudarthrose:

Bei der Pseudarthrose handelt es sich um eine, über einen Zeitraum von mehr als sechs Monaten, ausbleibende knöchernen Überbrückung einer Fraktur (5).

Die Pseudarthrose kommt je nach Quelle bei 2 - 10 % der Operierten vor (21, 34, 40), die Häufigkeit reicht zum Teil aber auch bis 30 % (15). Das Vorkommen an der eigentlichen Frakturstelle ist laut Quelle (40) meist häufiger, als an der Olecranonosteotomiestelle und liegt bei bis zu 6 %. Bei Stannard *et al.* (14) reicht die Rate nach durchgeführter Olecranonosteotomie bis 9 %. Ursache der Pseudarthrose ist oft eine instabile Osteosynthese (33). Klinisch zeigt sich die Pseudarthrose durch Schmerzen und Weichteilprobleme. Zudem kann es zu heterotoper Ossifikation, Neuropathien des N. ulnaris und einer eingeschränkten, bzw. abnormen Beweglichkeit kommen (5, 14).

Eine therapeutische operative Behandlung ist anspruchsvoll, da häufig Osteoporose, beanspruchte Weichteile, perikapsuläre Fibrose und eine verzernte Anatomie die Revision erschweren. Zu operierende Personen müssen das Operationsrisiko tragen können und eine gute Knochenqualität haben (14). Zuerst wird ein Debridement und ein Anfrischen der Frakturzone durchgeführt. Die anschließende Versorgung sollte großzügig mittels Spongiosaplastiken erfolgen (15). Trotz der Komplexität können durch eine erneute Operation etwa 80 % der Betroffenen erfolgreich versorgt werden (34). Ist diese Operation nicht erfolgreich oder handelt es sich um ältere wenig aktive Patient*innen, so stellt die Endoprothese eine weitere Option dar (15, 34). Als Alternative zur operativen Therapie stehen auch konservative Verfahren zur Verfügung. Zu diesen gehören „low-intensity pulsed ultrasound“ (LIPUS) und extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT). Diese konservativen Verfahren sollten nur durchgeführt werden, wenn optimale Voraussetzungen gegeben sind. Dazu zählen eine stabile und infektfreie Pseudarthrose ohne Fehlstellungen, eine Defektgröße kleiner 5 mm und eine hohe Compliance des Patienten. Bei Beachten der genannten Voraussetzungen kann die konservative Therapie, bei geringeren Nebenwirkungen und Kosten, ebenso gute Erfolgsquoten wie die operative Therapie verzeichnen (49).

Die Pseudarthrose muss nicht zwingend therapiert werden. In diesem Fall sind Schmerzfreiheit und bestmögliche Beweglichkeit anzustreben (13).

1.1.9.2 Infektionen

Bei Infektionen kommt es zum Eindringen, Besiedeln und Vermehren von pathogenen Krankheitserregern im Körper (5).

Infektionen kommen mit einer Häufigkeit von bis zu 6 % vor, septische Verläufe sind selten (14, 21). Hinweise auf eine mögliche Infektion geben aus der Wunde sezernierende (putride) Flüssigkeit, aber auch verzögerte Wundheilung und lockeres Metall (14).

Primär wird ein Antibiotikum gegen Staphylokokken eingeleitet, da Staphylokokken die häufigsten Erreger sind. Nach erfolgtem Keimnachweis wird die Therapie dem Antibiogramm des Erregers angepasst. Bei tiefen Infektionen muss ein großzügiges Debridement durchgeführt werden (14, 21). Wenn die Infektion es zulässt und die Osteosynthese stabil ist, kann das Implantat belassen werden, andernfalls sollte das Metall vollständig entfernt werden (14, 15, 40).

1.1.9.3 Nervenschaden

Es kann bei allen drei prominenten Nerven im Bereich des Ellenbogens zu Komplikationen kommen. Die häufigste neurologische Komplikation ist die Neuropathie des N. ulnaris (21). Zur Neuropathie des N. ulnaris kommt es in ca. 5 - 16 %, manche Quellen nennen sogar bis zu 33 %. Dabei handelt es sich bei etwa einem Drittel bis einem Fünftel um bleibende Schäden und bei dem verbleibenden Anteil um temporäre Schäden (14, 15, 21, 30, 31, 40). Klinisch manifestiert sich der Nervenschaden je nach Schwere durch Kribbeln, Brennen, Schmerzen, Hypästhesie im Bereich des Nerven und distal davon und einer Schwächung im Bereich der vom Nerv motorisch versorgten Handmuskeln (30, 50). Eine Schädigung der Nerven kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten: beim primären Trauma, während der Operation durch Manipulation, beispielsweise durch Ausübung von zu viel Zug auf den Nerv, unzureichende Darstellung oder Einklemmen in Frakturspalten, sowie postoperativ durch Immobilisation, die zur Fibrose- und Narbenbildung führt und so die Funktion des Nerven einschränkt (14, 34). Des Weiteren kann eine Schädigung auch als

Folge einer heterotopen Ossifikation auftreten (34). Um eine Schädigung bei der Operation zu verhindern, sollte der Nerv bei der Operation dargestellt werden. Gegebenenfalls kann dabei eine Verlagerung nach ventral erfolgen. Ob eine generelle Verlagerung ein Benefit bewirkt, ist aktuell nicht sicher belegt (15, 31). Als therapeutische Maßnahme bringt eine Neurolyse gute Ergebnisse (14). Bei der Neurolyse handelt es sich um das chirurgische Herauslösen des Nervs aus Verwachsungen, bzw. um Dekompression des Nervs (5).

1.1.9.4 Osteosyntheseversagen

Zur Implantatlockerung oder zum Osteosyntheseversagen kommt es in 6 - 27 % der Fälle. Grund dafür ist häufig die falsche Wahl oder das inkorrekte Einbringen des Implantats (33, 40). Beispielsweise tritt bei der Verwendung von Drittel- oder Halbrohrplatten in bis zu 20 % Materialversagen auf, weshalb die Verwendung dieser Platten nicht empfohlen wird (14, 40). Ein erhöhtes Risiko besteht auch, wenn nur eine der beiden Säulen fixiert wurde. Klinisch zeigt sich die Implantatlockerung und das Implantatversagen durch Schmerzen und Bewegungseinschränkungen, der sichere Nachweis wird radiologisch gestellt. Als Therapie sollte eine operative Revision mit zusätzlicher Stabilisation durchgeführt werden. Gegebenenfalls sollte auch über eine Stimulation des Knochenwachstums oder eine Spongiosatransplantation nachgedacht werden, andernfalls besteht die Gefahr zur Ausbildung einer Pseudarthrose (14).

1.1.9.5 Heterotope Ossifikation

Unter heterotoper Ossifikation versteht man das Auftreten von benignen Verknöcherungen im Weichteilgewebe (51).

Sie tritt nach operativer Versorgung von distalen Humerusfrakturen in bis zu 49 % der Fälle auf, zu einer Bewegungseinschränkung führen jedoch nur ca. 5 - 10 % (14, 15, 21, 40). Das Risiko kann reduziert und das Outcome erhöht werden, indem die versorgende Operation innerhalb von 24 - (48 h) nach der Verletzung erfolgt (14, 15, 40). Bei Vorliegen von Risikofaktoren, wie beispielsweise Patient*innen mit Schädel-Hirn-Trauma, schweren Ellenbogenverletzungen und verzögerter Frakturversorgung, kann eine postoperative Prophylaxe gegeben werden. Diese kann mit Indometacin oder Diclofenac für drei Wochen

oder eine niederdosierten Bestrahlung erfolgen und reduziert das Risiko zur Bildung von heterotopen Ossifikationen (14, 15, 34). Ist der Bewegungsumfang sechs bis neun Monate nach der Primäroperation deutlich reduziert, sollte eine Resektion der Verknöcherungen vorgenommen werden. Dabei werden operativ zugleich Weichteile, Kapsel und Sehnen dargestellt und die Stabilität überprüft. Im Anschluss wird eine Rehabilitation und eine Prophylaxe mit Indometacin empfohlen (14).

1.1.9.6 Posttraumatische Arthrose

Eine traumatische Schädigung des Gelenkknorpels und des angrenzenden Gewebes ist Ausgangspunkt der posttraumatischen Arthrose. Klinisch manifestiert sich die Arthrose durch Schmerzen, Funktionsverlust und Gelenkversteifung (52).

Zur letztlichen posttraumatischen Arthrose kommt es durch überstehendes Osteosynthesematerial, verminderter Knochenheilung, durch Pseudarthrose und vor allem durch intraartikuläre Stufenbildung (4). Der Nachweis erfolgt in der Regel radiologisch oder arthroskopisch. Auf dem Röntgenbild wird nach den Arthrosezeichen, Verschmälerung des Gelenkspaltes, Osteophytenbildung und subchondrale Sklerosierung, gesucht. Bei der Arthroskopie wird die Farbe, die Konsistenz und der Zustand der Gelenkoberfläche beurteilt (53).

1.1.9.7 Bewegungseinschränkung

Eine ungenaue Reposition der Frakturfragmente im Gelenkbereich führt zu einer Fehlstellung. Falsch platziertes Osteosynthesematerial, Kallus- und Pannusbildung im Bereich der Fossa olecrani und Fossa coronoidea sowie eine heterotope Ossifikation (siehe Kapitel 1.1.9.5) führen, ebenso wie die Fehlstellung, zur Bewegungseinschränkung. Des Weiteren stellt das richtige Ausmaß der Belastung und Beübung einen wesentlichen Faktor dar, denn eine lange Immobilisation kann durch die bindegewebige Schrumpfung der Gelenkkapsel in einer Bewegungseinschränkung resultieren. Andererseits treten bei zu starker Belastung Mikrotraumen und schlussendlich Vernarbungen auf, die ebenfalls eine verminderte Beweglichkeit zur Folge haben (33).

1.1.9.8 Fehlstellung

Manifestierte Fehlstellungen, heilen selten aus (15). Bei Fehlstellungen außerhalb des Gelenks kommt es in der Regel zur Fehlheilung in Cubitus-varus Stellung, die funktionellen Einschränkungen sind dabei gering (4, 15). Bei intraartikulären Fehlstellungen sind ein erhöhtes Risiko für posttraumatische Arthrose und ein deutliches Bewegungsdefizit die Folge. Erneute Operationen zur Korrektur bergen immer ein Risiko und sollten vorher in jedem Fall mit der betroffenen Person besprochen und abgewogen werden. Eine Gelenkprothese stellt in diesem Fall auch eine Behandlungsoption dar (15).

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und -ablauf

Bei der folgenden Studie handelt es sich um eine Kohortenstudie mit retrospektiver Datenanalyse. Die Datenerhebung erfolgte in einem definierten Zehn-Jahres Intervall am Universitätsklinikum für Orthopädie und Traumatologie der Medizinischen Universität Graz. Es wurden alle erwachsenen Patienten eingeschlossen, welche aufgrund einer distalen Humerusfraktur operiert wurden. Ergänzend erfolgte eine einmalige klinische Nachuntersuchung und Röntgenkontrolle des betroffenen Ellenbogens in zwei Ebenen. Die Datenauswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik.

Für die Studie wurde ein positives Votum der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz mit der Ethiknummer: Az: 34 Nr: 514 Ex: 21/22 erteilt.

2.2 Haupt- und Nebenzielgrößen/Zielgrößen

Primäres Ziel war es, das funktionelle Outcome der Patient*innen nach Osteosynthese am distalen Humerus zu überprüfen. Sekundär sollten die subjektive Patientenzufriedenheit, radiologische Ergebnisse, das Auftreten von Komplikationen und operationsspezifische Details erfasst und interpretiert werden.

2.3 Patient*innenkollektiv

Die Patient*innenerhebung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz.

Vorab wurden folgende Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt:

Einschlusskriterien:

Es wurden alle Patient*innen ab 18 Jahren unabhängig des Geschlechts, welche an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie der Medizinischen Universität Graz im Zeitraum vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2018, aufgrund einer distalen Humerusfraktur

Typ C operativ behandelt wurden, eingeschlossen. Auch Patientinnen, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung schwanger waren, durften an dieser teilnehmen. Die radiologische Kontrolle entfiel allerdings in diesen Fällen.

Ausschlusskriterien:

Als Ausschlusskriterien galten vorbestehende Knochen- oder Weichteilinfektionen, pathologische Frakturen, vorbestehende ausgeprägte Deformitäten (zum Beispiel in Fehlstellung geheilte Frakturen) oder einliegende Endoprothesen im Frakturbereich.

2.4 Datenerhebung

2.4.1 Datensammlung

Eine Liste mit allen Patient*innen, welche ab dem 01.01.2009 bis zum Studienbeginn (03.08.2022) am distalen Humerus operiert wurden, wurde vom Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation ermittelt. Dabei wurde nach den in Tab. 2: aufgeführten „Schlagwörtern“ gefiltert:

UC/OR/OT OP Berichte. Diagnose wie *s42.4* ODER
UC/OR/OT OP Berichte. Diagnose_Freitext wie *hum* und wie *dist* und wie *fra[ck]* ODER
UC/OR/OT OP Berichte. Leistung wie *MB030* oder wie *MF110* oder wie *MF140* ODER
UC/OR/OT OP Berichte. Leistung_Freitext wie (*Osteosynthese* und wie *oberarm* und wie *dist*) oder wie *ellbogen*

Tab. 2: „Schlagwörter“ für die Suche des Instituts für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation

Dabei bezeichnet der ICD-10-Code S42.4 Frakturen des distalen Ende des Humerus. Das Leistungsgeschehen in den österreichischen Krankenhäusern wird mit Hilfe des Systems der „Leistungsorientierten Krankenanstaltenfinanzierung“ (LKF) dargestellt: MB030 steht für Osteosynthese am distalen Oberarm, MF110 für Implantation einer Endoprothese des Ellenbogengelenks und MF140 für Implantation einer Tumor-/ Resektionsendoprothese des Ellenbogengelenks.

Die Liste umfasste die Fallzahl, den Vor- und Nachnamen sowie das Geburtsdatum aller Patient*innen. Die personenbezogenen Daten wurden anonymisiert und passwortgesichert

gespeichert. In der auf diese Weise erhaltene Liste, waren alle Arten von Frakturen am distalen Humerus enthalten. Aus diesem Grund wurden die Röntgenbilder aller Patient*innen, mithilfe von MEDOCS und PACS, manuell von zwei Personen gesichtet und anhand ihrer Frakturtypen nach der AO-Klassifikation (siehe 1.1.2.1) klassifiziert. Der daraus entstandene Datensatz diente als Grundlage für die weitere retrospektive Datenerhebung.

Bei dem Programm MEDOCS handelt es sich um ein medizinisch-pflegerisches Dokumentations- und Kommunikationssystem, welches am gesamten Universitätsklinikum Graz zur Verfügung steht. PACS ist die Abkürzung für „Picture Archiving and Communication System“. Mit diesem System lassen sich am Universitätsklinikum unterschiedliche medizinische Bilddateien speichern und aufrufen.

Anhand der AO-Klassifizierung wurden die Ergebnisse, nach der für die Studie relevanten C-Frakturen, gefiltert.

Die dabei identifizierten Fälle wurden postalisch kontaktiert und erhielten eine Einladung zur Studienteilnahme, einer Beschreibung der Studie und Fragebögen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**Anhang). Im Anschluss erfolgte eine telefonische Kontaktaufnahme, um offene Fragen zu klären und um einen Termin für die Nachuntersuchung zu vereinbaren.

Zusätzlich wurde der Rohdatensatz mit den in Tab. 3 angeführten Daten ergänzt. Die Informationen wurden aus den, in MEDOCS vorliegenden, relevanten Befunden wie Aufnahme-, Operations- bzw. Ambulanzberichten, Dekurs und Entlassungsbriefen, entnommen:

Verletzungsdetails
Verletzungsdatum
Verstorben (ja/nein)
Diagnose
Unfallmechanismus (Sturz, Verkehrsunfall, Sport-/Freizeitverletzung)
Polytrauma (ja/nein)
Verletzungsmuster/Weichteilschaden (offene / geschlossene Fraktur)
OP-Details
OP-Datum + Anzahl der Tage seit Verletzung

OP-Dauer
Entlassungsdatum (→ Dauer Krankenhausaufenthalt)
Körperseite der Fraktur
Lagerung bei OP (Bauch/Seite/Rücken)
OP-Zugang (Dorsaler Zugang mit/ohne Olecranonosteotomie, sonstige Zugänge)
Trizeps Split durchgeführt (ja/nein)
Zusätzliche Olecranonfraktur (ja/nein)
N. ulnaris dargestellt und/oder mitverletzt
Versorgung der Olecranonosteotomie (Zuggurtung K-Draht/Schraube; Großfragmentschraube, Platte)
Osteosynthesematerial (Anzahl Platten & Schrauben & Drähte)
Postoperative Details:
Wundheilung (primäre (pp)/Sekundäre (ps) Wundheilung, ps geschlossen; ps offen)
Übungsstabilität (übungsstabil, relativ übungsstabil, nicht übungsstabil)
Datum Metallentfernung
Metallentfernung partiell/komplett
Komplikationen (Implantatlockerung, Redislokation, tiefe Infektion, Hautnekrose, Trochlearisnekrose, Arthrose, Pseudarthrose, heterotope Ossifikation, Schäden N. ulnaris, Klaffen der Olecranonosteotomie)
Folge OP (ja/nein)

Tab. 3: Erhobene Daten aus MEDOCS

2.4.2 Patient*innen-Nachuntersuchung

Zur Nachuntersuchung hatten die Patient*innen entweder die vorab ausgefüllten Fragebögen (siehe Anhang) mitgebracht oder die Fragebögen wurden gemeinsam vor Ort ausgefüllt. Der QuickDASH-Score wurde vor Ort erhoben. Die Messungen wurden jeweils im Seitenvergleich, am operierten und gesunden Arm durchgeführt. Die Erhebung der Flexions- und Extensionswinkel erfolgte gemäß der Neutral-Null-Methode mit Hilfe eines Goniometers. Die Winkel von Pro- und Supination wurden mittels eines auf A4 aufgezeichneten Kreises mit Winkelangaben ermittelt. Hierzu wurde der Arm in Neutral-Null-Stellung gebracht, der Daumen dient dabei als Zeiger und zeigt zu Beginn der Untersuchung nach oben und entspricht 0°. Der*Die Patient*in wurde aufgefordert im Ellenbogen eine maximale Pronation und im Anschluss eine maximale Supination durchzuführen, der erreichte Punkt wurde auf dem Kreis markiert und die entsprechende Gradzahl dokumentiert. Dabei ist bei der Ausführung darauf zu achten, dass der Daumen

selbst nicht bewegt werden darf und der Oberarm in Neutralstellung verbleibt.

Des Weiteren wurde der Kraftgrad bei Flexion des Ellenbogens im Seitenvergleich gemessen. Diese Messung wurde mittels einer Kofferwaage der Marke Beenle-Icey (54) durchgeführt. Für die Messung wurde die Kofferwaage an einem Band eines Türankers befestigt. Ein Türanker ist ein Tool, welches man auf die andere Türseite legt, um ein Verrutschen des Bandes, welches man unter der Tür durchzieht, zu verhindern. Der*die Patient*in sitzt für die Messung auf einem stabilen Stuhl, mit dem Rücken zur Tür. Die Position des Stuhls wurde für die Reproduzierbarkeit standardisiert. Die Startposition, eine 90° Flexion des Ellenbogens, wurde von den Proband*innen eingenommen und die Kofferwaage in der supinierten Hand gehalten. Für die Messung wurde der*die Patient*in aufgefordert mit der maximalen Kraft weiter zu flektieren. Die größte angezeigte „Kraft“ wurde notiert. Bei der von der Kofferwaage angezeigten „Kraft“ handelt es sich korrekterweise um die Masse. Die Gewichtskraft wird mit der Formel $F_g = m \times g$ berechnet, dabei entspricht m der Masse in kg und g der Fallbeschleunigung, welche auf der Erde $9,81 \frac{m}{s^2}$ beträgt, F ist die Gewichtskraft in Newton (N).

Anhand der klinischen Nachuntersuchung wurden folgende Werte im Seitenvergleich ermittelt:

- Kraftgrad in Newton
- Flexion/Extension in Grad
- Supination/Pronation in Grad

Mittels dieser Werte und entsprechenden Fragen wurden folgende Scores erhoben:

- Cassebaum-Score
- Jupiter-Score
- MEPS

Von den Patient*innen wurden zusätzlich zwei aktuelle Röntgenbilder, jeweils im anterior-posterioren und lateralen Strahlengang, des operierten Ellenbogens angefertigt. Dies erfolgte im Zuge der Nachuntersuchung vor Ort an der Abteilung für Radiologie des Universitätsklinikum Graz. Dabei waren die Patienten einer Strahlendosis von

durchschnittlich 0.01 - 0.1 mSv ausgesetzt. Die Röntgenbilder wurden von zwei Personen gesichtet und nach den Kriterien in Tab. 4 analysiert:

Implantatversagen - Definiert als radiologischer Nachweis von Schraubenausriss, Kortikaliskontakt oder Frakturspaltbewegung >2 mm
Heterotope Ossifikation
Pseudarthrose
Dislokation der Frakturfragmente
Dislokation des Osteosynthesematerials
Materialbruch
Lyse

Tab. 4 Kriterien für die Analyse der Röntgenbilder

Die aus den Fragebögen erhaltenen Informationen wurden in die Excel-Datei eingefügt. Die Fragebögen „allgemeiner Fragebogen“ und „Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36)“ befinden sich im Anhang.

Zudem wurden die spezifischen Fragen des QuickDASH-Scores, des Cassebaum-Scores, des Jupiter-Scores und des MEPS, erfragt. Der Untersuchungsbogen befindet sich ebenfalls im Anhang.

2.5 Datenauswertung

Vor der Auswertung wurden die gesamten Daten pseudonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf einzelne Patienten möglich sind.

Die Daten aus MEDOCS, den Fragebögen und den Nachuntersuchungen wurden mithilfe deskriptiver Statistik ausgewertet. Dabei war das primäre Ziel der Auswertung, das funktionelle Outcome der Patient*innen nach Osteosynthese am distalen Humerus zu evaluieren. Sekundär wurde die subjektive Patientenzufriedenheit, radiologische Ergebnisse, das Auftreten von Komplikationen und operationsspezifische Details ausgewertet.

Wie die Auswertung der erhobenen Scores erfolgte, wird nachfolgend beschrieben.

2.5.1 Auswertung Cassebaum-Score

Die Auswertung des Cassebaum-Scores erfolgt wie in der Tab. 5: ersichtlich und gibt das Ergebnis als befriedigend, gut oder sehr gut an.

	Flexion	Extensionsdefizit	
Exzellent	>130°	<15°	
Gut	>120°	<40°	
Befriedigend	<110°	jegliches Extensionsdefizit	oder Gesamtbogen <80°

Tab. 5: Auswertung Cassebaum-Score (55)

2.5.2 Auswertung Mayo Elbow Performance Score (MEPS)

Der MEPS lässt sich entsprechend der Abb. 26 erheben und auswerten. Die Ergebnisse bewegen sich zwischen geringer, mittelmäßiger und guter bis zur exzellenten Leistungsfähigkeit.

<u>Schmerzen</u>	
Keine	45
Schwache	30
Moderate	15
Starke	0
<u>Bewegungsumfang</u>	
> 100 Grad	20
50-100 Grad	15
< 50 Grad	5
<u>Stabilität</u>	
Stabil	10
Moderate Instabilität	5
schwerwiegende Instabilität	0
<u>Alltägliche Funktionen</u>	
Haare kämmen	5
Eigenständig essen	5
Körperhygiene	5
Hemd anziehen	5
Schuhe anziehen	5
<hr/>	
Max. Punktwert	100
Auswertung:	
90 – 100 Punkte = Exzellente Leistungsfähigkeit	
75 – 89 Punkte = Gute Leistungsfähigkeit	
60 – 74 Punkte = Mittelmäßige Leistungsfähigkeit	
< 60 Punkte = Geringe Leistungsfähigkeit	

Abb. 26: Auswertung MEPS (56)

2.5.3 Auswertung Jupiter-Score

Grundlage des Jupiter-Scores (Tab. 6) sind neben dem Bewegungsausmaß, die Schmerzen und die Invalidität des*der Untersuchten. Aufgrund der Kombination der Parameter können exzellente, gute, befriedigende oder mangelhafte Ergebnisse erreicht werden.

	Extensionsverlust	Flexion	Schmerzen	Invalidität
Exzellent	<15°	>130°	keine	keine
Gut	<30°	>120°	geringe	minimal
Befriedigend	<40°	>90°	bei Aktivität	moderat
Mangelhaft	>40°	<90°	variabel	schwer

Tab. 6: Auswertung Jupiter-Score; adaptiert aus (57)

2.5.4 Auswertung QuickDASH-Score

Die Abkürzung qDASH steht für “quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand”. Anhand von elf Fragen wird die Funktionalität der oberen Extremität beurteilt (58). Die Fragen mit der jeweiligen Bepunktung sind standardisiert und entsprechen der folgenden Abb. 27. Diese Tabelle war auch Teil des Nachuntersuchungsbogens.

Quick DASH-Score	keine Schw.	geringe	mäßige	erhebliche	nicht möglich
festverschlossenes/neues Glas öffnen	1	2	3	4	5
schwere Hausarbeit (z.B. Boden putzen)	1	2	3	4	5
Einkaufstasche/ Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
eigenen Rücken waschen	1	2	3	4	5
Lebensmittel mit Messer schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten mit Druck/Stoß auf Ellb. (Golf/Tennis/Hämmern etc.)	1	2	3	4	5
Schlafstörung durch Ellenbogen l.W.	1	2	3	4	5
Beeinträchtigung der sozialen Aktivitäten *l.W: (mit Freunden/Familie/Nachbarn treffen)	1	2	3	4	5
l.W. in Arbeit oder tägl. Aktivitäten eingeschränkt?	1	2	3	4	5
Ellenbogenschmerzen	keine	leicht	mäßig	stark	sehr stark
Schmerzen	1	2	3	4	5
Kribbeln	1	2	3	4	5

beantwortete Fragen	<input type="text"/>	Quick-DASH-Score	<input type="text"/>
---------------------	----------------------	------------------	----------------------

*l.W. = letzte Woche

Abb. 27: Fragen und Auswertung des qDASH-Scores

Die Formel zur Berechnung des QuickDASH-Scores lautet: $\frac{\text{Funktionseinschränkung}}{\text{Symptome}} =$

$\left(\frac{\text{Gesamtscore}}{\text{Anzahl beantworteter Fragen (n)}} - 1 \right) \times 25$. Das Ergebnis kann die Werte zwischen Null und 100 annehmen. Dabei entspricht Null einer uneingeschränkten Funktion der oberen Extremität und 100 einer maximalen Funktionseinschränkung. Die Ergebnisse des qDASH-Scores können nur verwertet werden, wenn mindestens zehn der elf Fragen beantwortet wurden (58).

2.5.5 Auswertung SF-36 Score

Der SF-36 Score ist ein allgemeiner Gesundheitsfragebogen welcher 36 Fragen, beziehungsweise Teilfragen beinhaltet. Der Fragebogen ist im Anhang einsehbar. Mit den 36 Teilfragen werden acht Gesundheitsbereiche abgedeckt: körperliche Funktionsfähigkeit (zehn Punkte), körperliche Schmerzen (zwei Punkte), Rolleneinschränkungen aufgrund körperlicher Gesundheitsprobleme (vier Punkte), Rolleneinschränkungen aufgrund persönlicher oder emotionaler Probleme (vier Punkte), psychisches Wohlbefinden (fünf Punkte), soziales Funktionieren (zwei Punkte), Vitalität (vier Punkte) und allgemeine Gesundheitswahrnehmung (fünf Punkte). Zudem wird die Gesundheitsveränderung angegeben. Die Auswertung erfolgte mit einem Online Tool (59), Version 1.0. Bei den Ergebnissen können Werte zwischen Null und 100 erreicht werden, wobei der allgemeine Gesundheitszustand umso besser ist, je höher das Ergebnis ausfällt (59).

3 Ergebnisse/Resultate mit graphischen Darstellungen

Die Auswertung untergliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden alle Studienteilnehmer*innen (n = 56) betrachtet. Im zweiten Abschnitt erfolgt die Auswertung aller Patient*innen, welche persönlich zur Nachkontrolle erschienen (n = 16), die Fragebögen schriftlich retournierten (n = 2) oder Fragebögen und Video- und Fotomaterial zur Dokumentation des Bewegungsausmaßes zusandten (n = 3). Im abschließenden dritten Abschnitt werden die Ergebnisse der aktuellen Fallserie mit Ergebnissen der Vorjahre seit 1969 verglichen.

3.1 Betrachtung der gesamten Studiengruppe

Die Auswertung durch das Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation (siehe Kapitel 2.4.1) ergab insgesamt 251 Datensätze. 56 Patient*innen wurden innerhalb des studienrelevanten Zeitraums vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2018 aufgrund einer supradiacondylären Humerusfrakturen operiert und erfüllten alle Einschlusskriterien. 21 Patient*innen (38 %) konnten für eine Nachuntersuchung rekrutiert werden. Zwölf Personen, einem Anteil von 21 % entsprechend, waren zum Zeitpunkt der Studie bereits verstorben. Die verbleibenden 41 %, der für die Studie geeigneten Proband*innen, konnten nicht für die Studie gewonnen werden. Für die Auswertung der gesamten Studiengruppe wurden ausschließlich die MEDOCS-Daten herangezogen.

Das folgende Flussdiagramm (Abb. 28) zeigt die Anzahl der eingeschlossenen Personen, sowie die Gründe, wie die letztendliche Studienteilnehmerzahl zustande kam. Zwei Proband*innen, welche nur Fragebögen und Videos zugesandt hatten, konnten aufgrund der Distanz zum Wohnort nicht an der Nachuntersuchung im LKH-Univ. Klinikum Graz teilnehmen. Eine weitere Person blieb wegen der Kosten für den Transport mit der Rettung ans LKH-Univ. Klinikum Graz fern. Die Patientin, welche inzwischen eine Ellenbogenprothese hat, wurde bis zum Erhalt der Prothese in die Gesamt-Studiengruppe einbezogen, jedoch für eine potenzielle Nachuntersuchung ausgeschlossen.

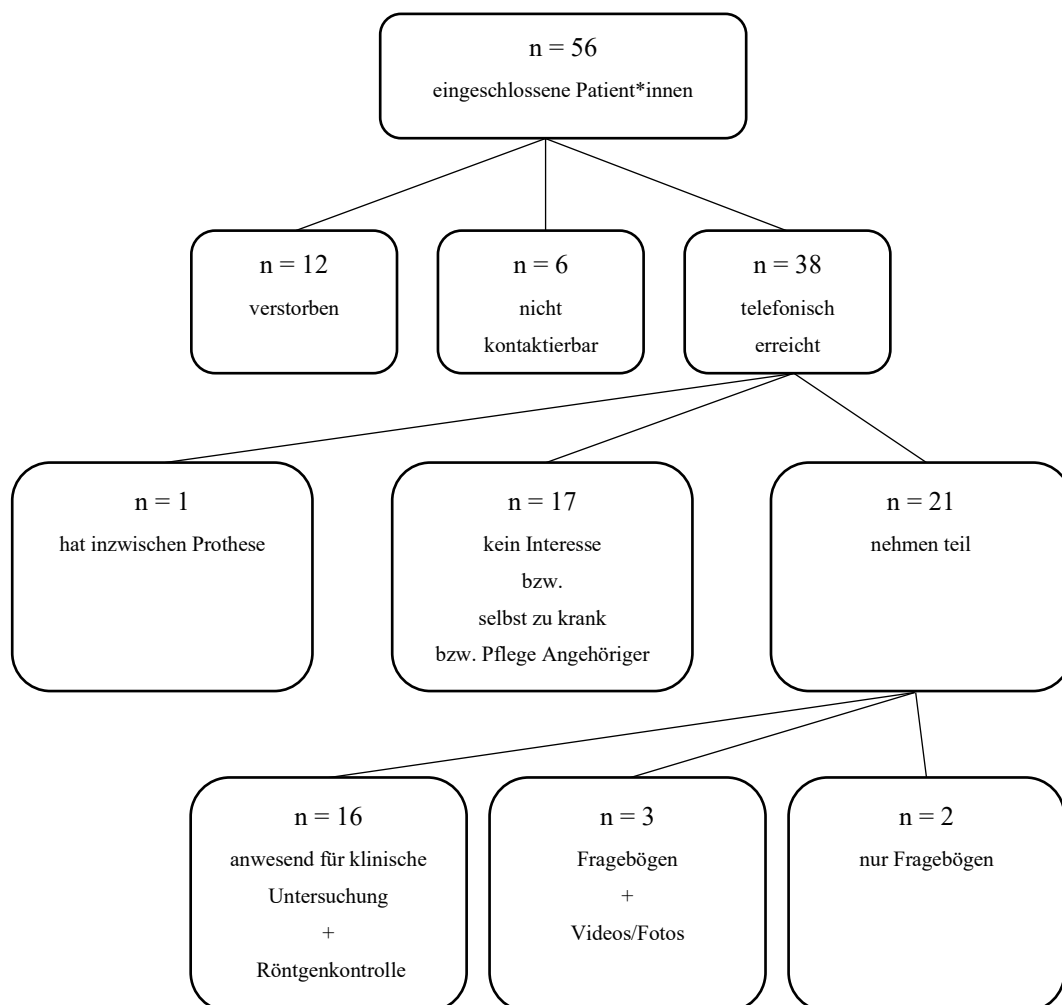


Abb. 28: Flussdiagramm der Studienteilnehmer*innen

3.1.1 Geschlechterverteilung der Studienteilnehmer*innen (n = 56)

Die Geschlechterverteilung war ausgeglichen mit 52 % (n = 29) Frauen und 48 % (n = 27) Männern.

3.1.2 Altersverteilung der Studienteilnehmer*innen (n = 56)

Im Durchschnitt waren die Proband*innen zum Zeitpunkt der Verletzung 62,6 Jahre (Jüngste 19 Jahre, Älteste 89 Jahre) alt und zum Studienzeitpunkt 72,8 Jahre (Jüngste*r 26 Jahre, Älteste 102 Jahre) alt. Die genaue Altersverteilung zum Verletzungszeitpunkt ist im Box Blot in Abb. 29 dargestellt.

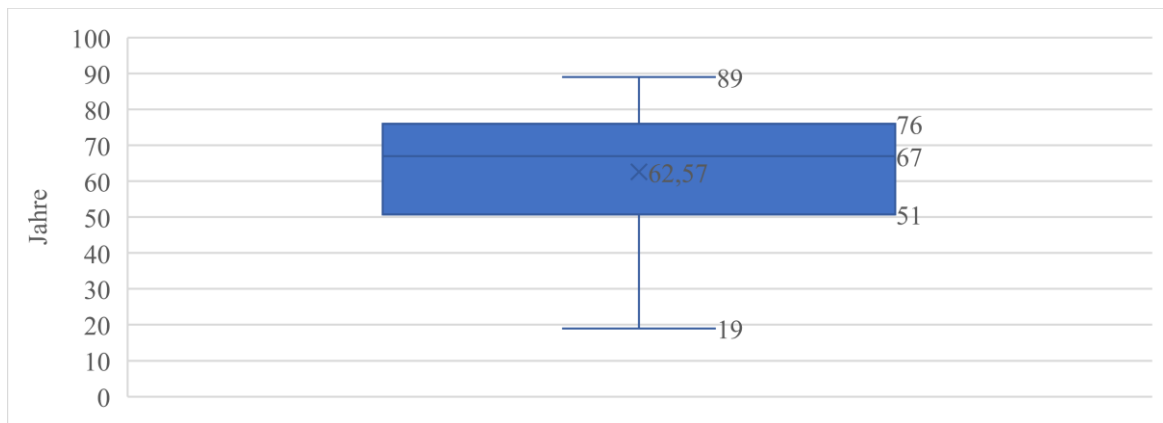


Abb. 29: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Verletzung in Jahren

3.1.3 Verletzungsspezifische Auswertung

3.1.3.1 Seitenverteilung der distalen Humerusfrakturen (n = 56)

Die distalen Humerusfrakturen ereigneten sich in 33 Fällen (59 %) an der linken Extremität, bei 23 Patient*innen (41 %) war der rechte Ellenbogen betroffen.

3.1.3.2 Verletzungsursache (n = 56)

Der Großteil der Verletzungen wurde durch Stürze hervorgerufen (n = 41), wobei wir zwischen 31 Stürzen aus dem Stand (55 %) und zehn Stürzen aus größerer Höhe (18 %) differenzierten. Als „große Höhe“ wurde dabei jeder Sturz aus über einem Meter Höhe definiert. Eine Person (2 %) verletzte sich beim Sport, sie stürzte beim Segelfliegen aus 20 m Höhe ab. Die übrigen 14 Patient*innen (25 %) wurden bei Verkehrsunfällen verletzt. Neun von der Gesamtzahl der Verletzten (16 %) erlitten ein Polytrauma.

3.1.3.3 Verletzungszeitpunkt (n = 56)

Die Verletzungen ereigneten sich zu etwa 2/3 (39 von 56) in der zweiten Jahreshälfte. Im Beobachtungszeitraum schwankte die Gesamtanzahl an operierten supradiacondylären Humerusfrakturen zwischen zwei und zehn pro Jahr. Die Verletzungen waren folgendermaßen auf die Studienjahre (Abb. 30) und auf die Monate (Abb. 31) verteilt.

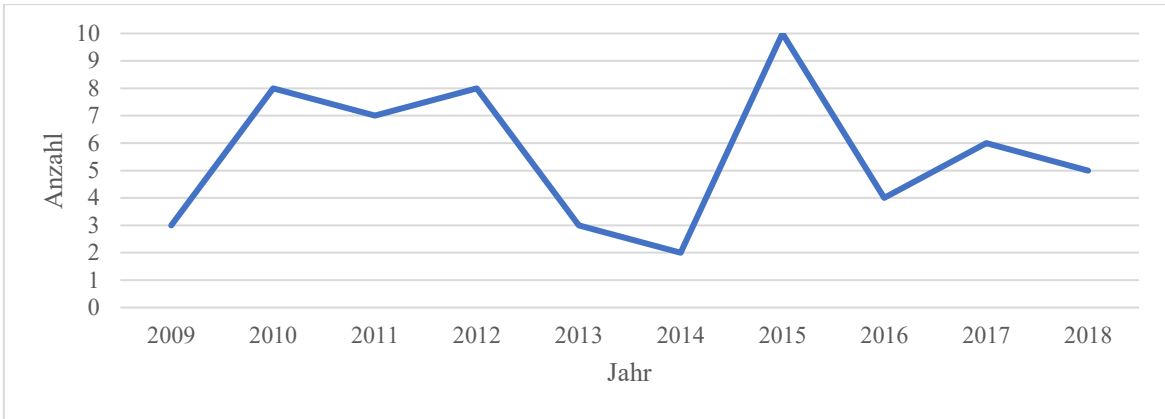


Abb. 30: Verletzungsjahr

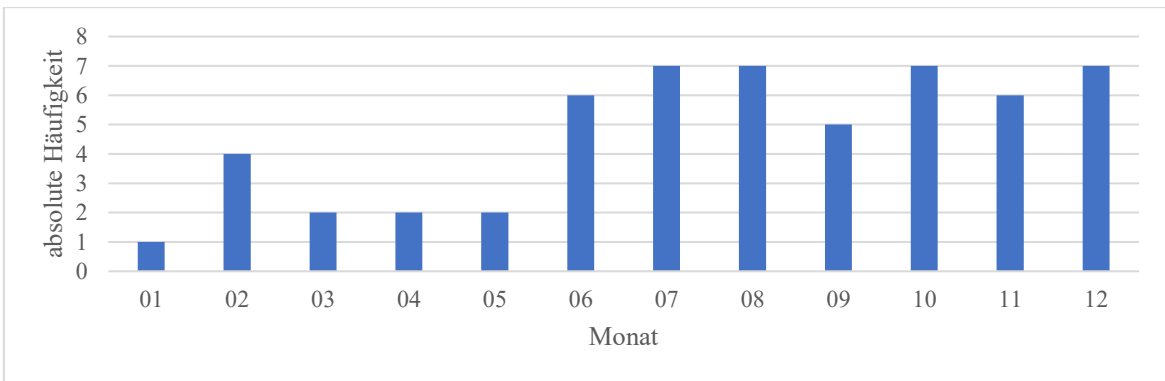


Abb. 31: Verletzungsmonat

3.1.3.4 Weichteilschaden (n = 56)

Die Hälfte aller Verletzten wiesen einen offene, die anderen 50 % eine geschlossene Fraktur auf. Die genaue Verteilung des Weichteilschadens der 56 Proband*innen lässt sich in Abb. 32 erkennen. Die Klassifikation erfolgte nach Tscherne und Oestern siehe Kapitel 1.1.2.3.

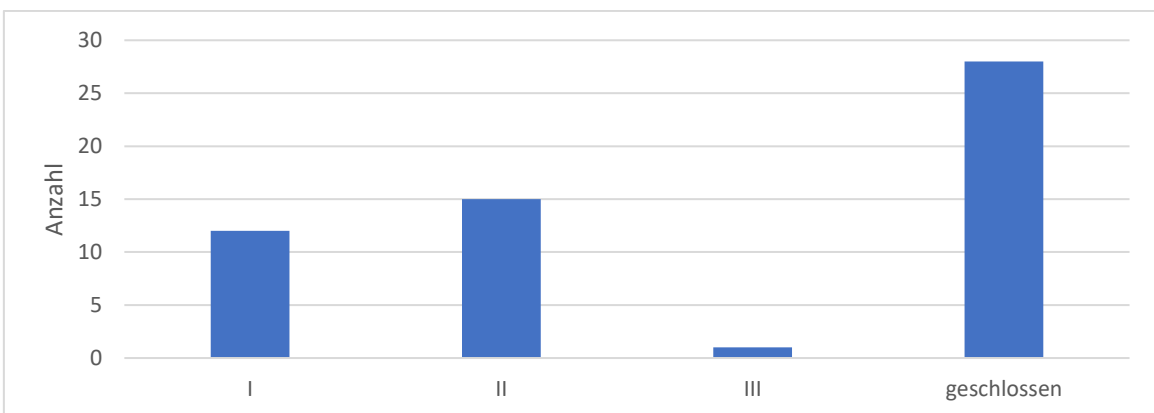


Abb. 32: Weichteilschaden

3.1.3.5 Frakturklassifikation (n = 56)

Die Frakturklassifikation erfolgte nach der AO-Klassifikation wie im Kapitel 1.1.2 beschrieben. Dabei ergab sich eine Verteilung von 11 % (n = 6) C1-, 18 % (n = 10) C2- und 71 % (n = 40) C3-Frakturen. Dies wird in Abb. 33 dargestellt.

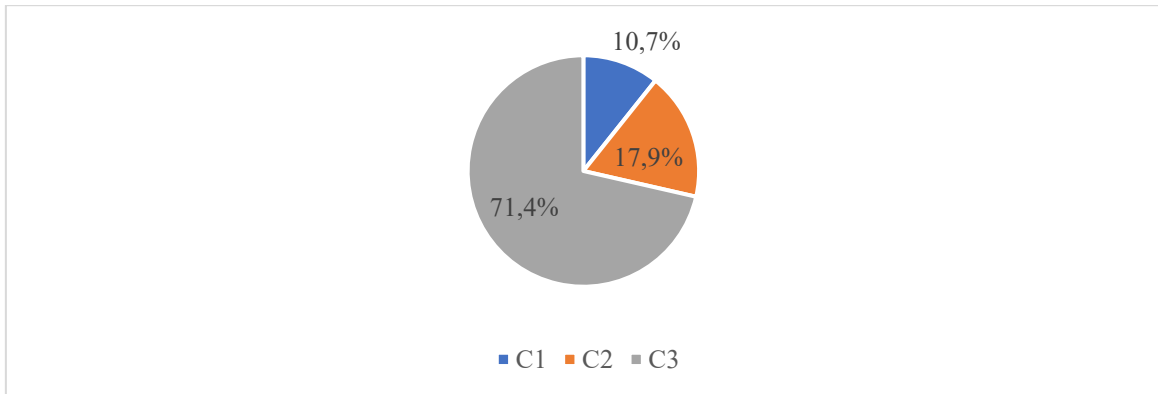


Abb. 33: Frakturklassifikation

Eine Person erlitt zusätzlich zur distalen Humerusfraktur eine Olecranonfraktur.

3.1.4 Informationen zur operationsspezifischen Auswertung

3.1.4.1 Time-to-surgery (n = 56)

Durchschnittlich erfolgte die operative Versorgung 2,8 Tage (Null bis 22 Tage) posttraumatisch. Die genaue Verteilung ist in Abb. 34 ersichtlich.

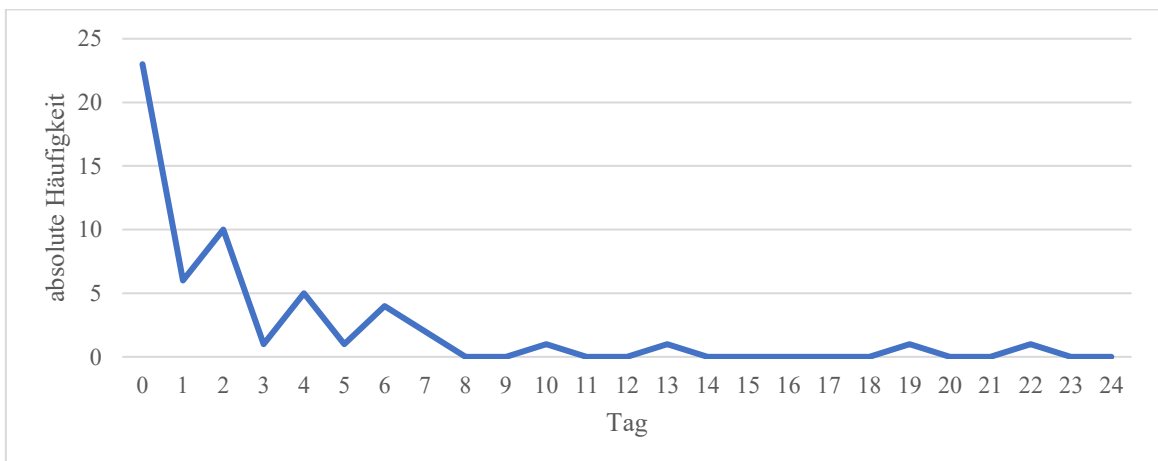


Abb. 34: Operationszeitpunkt in Tagen

Für die „Time to surgery“ wurden drei definierte Zeiträume, innerhalb von 24 h, innerhalb einer Woche und nach einer Woche festgelegt. 28 Verletzte (50 %) wurden innerhalb von 24 h, 25 (45 %) innerhalb von einer Woche und bei drei Personen (5 %) wurde die Verletzung erst nach mehr als einer Woche versorgt. Die relativen Häufigkeiten wurden in Abb. 35 dargestellt.

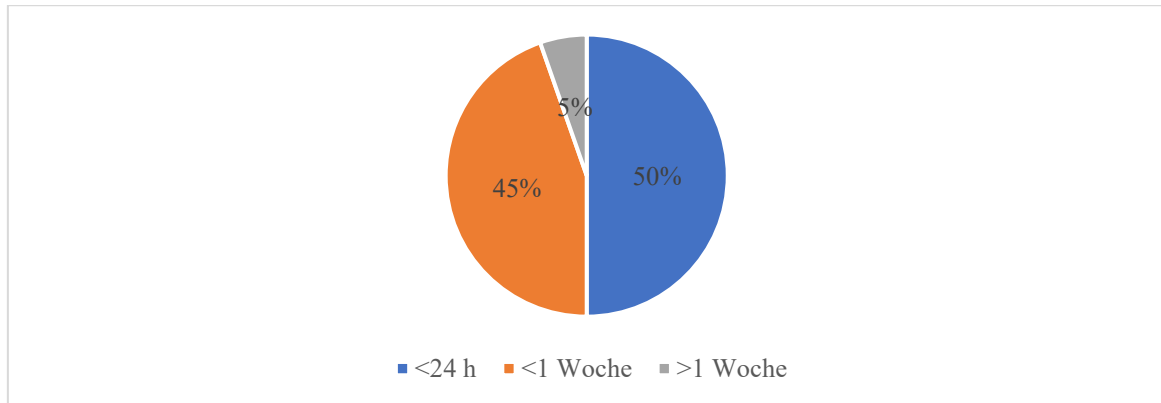


Abb. 35: Operationszeitpunkt <24 h, <1 Woche und >1 Woche

3.1.4.2 Patientenlagerung im OP (n = 56)

Von 56 Patient*innen wurden 86 % (n = 48) in Bauchlage, und jeweils 7 % (n = 4) der Patient*innen in Rücken- und Seitenlage operiert.

3.1.4.3 Operativer Zugangsweg (n = 56)

55 Patient*innen wurden über einen dorsalen Zugang operiert, wobei dies bei 35 Personen (63%) mit und bei 20 Patient*innen (36%) ohne Olecranonosteotomie erfolgte. Eine Person wurde über einen radialen Zugang versorgt.

In acht aller 56 Fälle (14 %) wurde ein Trizeps Split durchgeführt.

Bei den insgesamt 35 Olecranonosteotomie-Patient*innen wurden insgesamt vier verschiedene Verfahren angewandt. Zum einen erfolgte die Reposition in 15 Fällen (43 %) mittels Zuggurtung mit Großfragmentschraube und einer Drahtcerclage, bei weiteren neun Personen (26 %) wurde eine Drahtcerclage mit zwei K-Drähten gewählt und zehn Patient*innen (29 %) erhielten zur Fixierung eine isolierte Großfragmentschraube. Nur eine Person (3 %) wurde mit einer Platte und dazugehörigen Cortikalisschrauben versorgt.

3.1.4.4 Verwendetes Osteosynthesematerial (n = 56)

In 95 % (n = 53) der Fälle wurde die Fraktur mit zwei Osteosyntheseplatten und dazugehörigen Schrauben versorgt, die verbleibenden 5 % (n = 3) mit einer einzelnen Platte und zugehörigen Schrauben. Die Platte bzw. die Platten bilden die Grundeinheit der Frakturversorgung. Ergänzend wurde in einer Vielzahl der Fälle (n = 49) zusätzliche plattenunabhängige Schrauben und Drähte für die Fixierung eingesetzt. Wie oft welche Anzahl an Schrauben oder Drähte verwendet wurde, lässt sich in Abb. 36 erkennen. Ergänzend dazu wurden in einem Fall Zement und in zwei Fällen Chondropins verwendet.

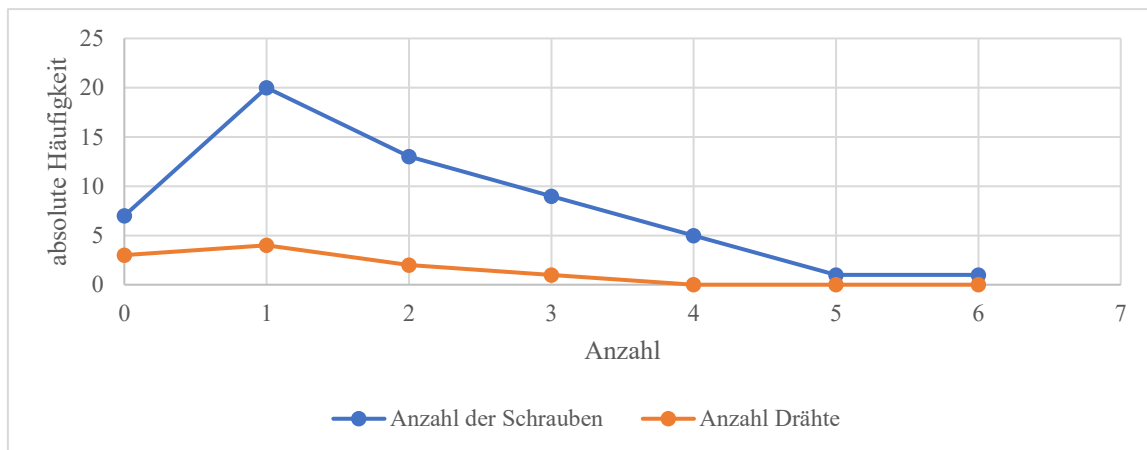


Abb. 36: Anzahl verwendeter Schrauben und Drähte zusätzlich zu den Platten

3.1.4.5 Darstellung des N. ulnaris (n = 56)

Da der N. ulnaris, wie in der Einleitung (siehe Management des N. ulnaris 1.1.6.5.1.2) aufgezeigt, besonders geschont werden muss, wurde in dieser Studie auch die Rate der N. ulnaris Darstellungen betrachtet. Hierbei war festzustellen, dass bei 54 Operationen eine Darstellung erfolgte, bei einer weiteren Person wurde es nicht dokumentiert und in einem Fall wurde er nicht dargestellt.

3.1.4.6 Operationsdauer (n = 56)

Die Operationsdauer schwankte deutlich und lag zwischen 95 min und 382 min. Im Durchschnitt dauerte die Operation 200 min. Die Verteilung der Operationsdauer ist im Detail in Abb. 37 dargestellt.



Abb. 37: Operationsdauer in Minuten

3.1.5 Postoperatives Management, Nachsorge

3.1.5.1 Postoperativer Krankenhausaufenthalt (n = 51)

Der Krankenhausaufenthalt nach der Operation betrug im Mittel 11,1 Tage (ein bis 40 Tage). Dabei wurden ausschließlich die stationären Krankenhausaufenthalte der 51 Patient*innen im LKH-Univ. Klinikum Graz oder in anderen KAGES-Häusern berücksichtigt. Verlegungen in andere Krankenhäuser (n = 4), welche im Schnitt nach zehn Tagen stattfanden, sowie ein Todesfall am zweiten postoperativen Tag wurden in die Berechnungen und in Abb. 38 nicht miteinbezogen. Die postoperative Krankenhausaufenthaltsdauer betrug bei den neun Polytrauma Patient*innen isoliert im Mittel 26 Tage und bei den Verletzten ohne Polytrauma neun Tage.

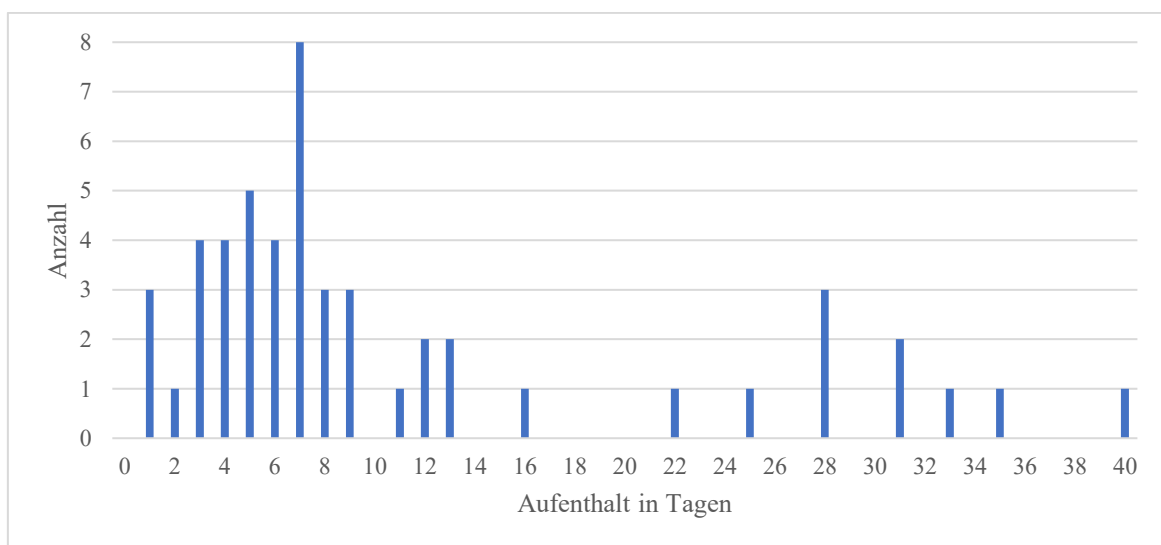


Abb. 38: Dauer des stationären Aufenthalts am LKH-Univ. Klinikum Graz nach der Operation

3.1.5.2 Übungsstabilität postoperativ (n = 52)

Nach der Operation war die Versorgung bei neun (16 %) Patient*innen direkt übungsstabil, bei 25 (45 %) relativ übungsstabil und bei 18 (32 %) Patient*innen nicht übungsstabil (Abb. 39).

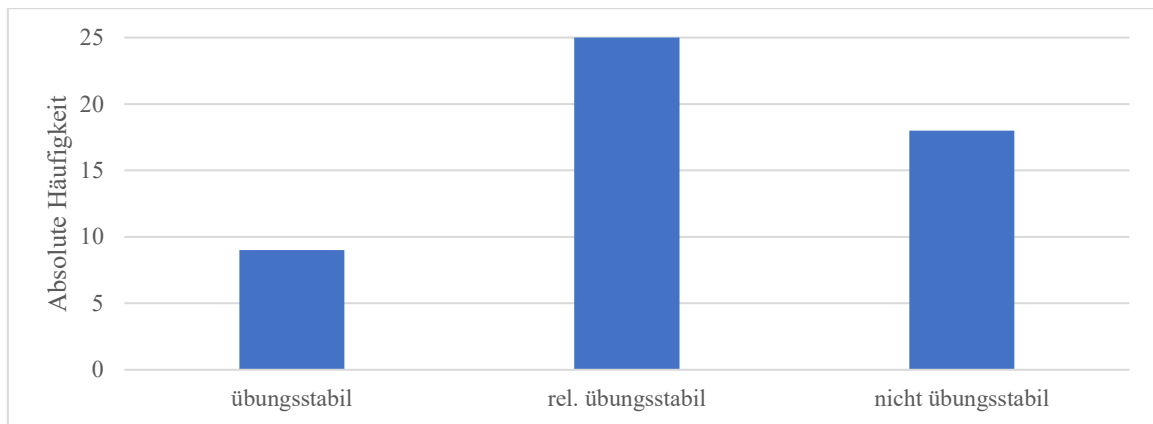


Abb. 39: Übungsstabilität nach OP

3.1.5.3 Metallentfernung (n = 55)

Eine Metallentfernung erfolgte bei zehn Personen (18 %). Dabei wurde in fünf Fällen (50 %) das Osteosynthesematerial komplett und bei fünf (50 %) teilweise entfernt, bei 45 Personen (80 %) verblieb das Metall in situ. Einer Person (2 %) wurde nach Komplettentfernung des Osteosynthesematerials eine Ellenbogenprothese eingesetzt. Eine andere (2 %) starb am zweiten postoperativen Tag und wurde nicht gewertet.

3.1.5.4 Wundheilung (n=56)

Bei 54 Proband*innen heilte die Wunde mittels primärer Wundheilung ab. Eine sekundäre Wundheilung konnte in zwei Fällen festgestellt werden.

3.1.6 Aufgetretene Komplikationen (n = 55)

Bei 36 % (n = 20) von 55 Patient*innen traten, basierend auf der MEDOCS-Recherche, Komplikationen auf. Eine Patientin wurde nicht berücksichtigt, da sie bereits am zweiten postoperativen Tag verstarb. Sechs Personen wiesen zwei oder mehr Komplikationen in

Kombination auf. Bei den 20 Personen mit Komplikationen traten in Summe 28 Komplikationen auf. Die Verteilung ist in Abb. 40 dargestellt. In zehn Fällen (36 %) und somit am häufigsten wurden Parästhesien durch Schäden des N. ulnaris beobachtet. Bei vier (14 %) Personen traten Implantatversagen auf. Jeweils drei Patient*innen (11 %) erlitten Wundheilungsstörungen, Infektionen, Arthrose oder Pseudarthrose. Zwei weitere (7 %) entwickelten eine Lyse.

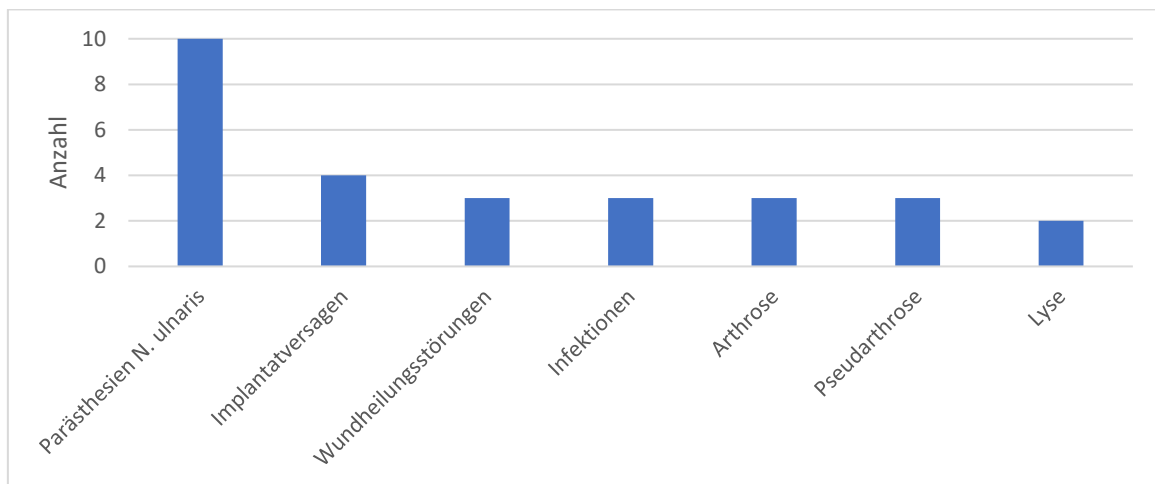


Abb. 40: Verteilung der Komplikationen

3.2 Ergebnisse der Nachuntersuchungen

Im zweiten Abschnitt werden die Ergebnisse der Nachuntersuchung betrachtet. Insgesamt konnten 16 Personen für eine körperliche und radiologische Nachuntersuchung gewonnen werden. Die Nachuntersuchung erfolgte im Mittel nach ca. 9,2 Jahren (Min. 5 Jahre, Max. 14 Jahre). Fünf weitere Patient*innen haben nicht an einer persönlichen Nachuntersuchung teilgenommen, jedoch retournierten sie die ihnen zugesandten Fragebögen oder beantworteten diese am Telefon. Bei drei dieser fünf Patient*innen liegt zusätzlich eine Video- oder Fotodokumentation des Bewegungsausmaßes beider Ellenbögen vor. Das durchschnittliche Alter aller nachbeobachteten Proband*innen ($n = 21$) betrug zum Zeitpunkt der Verletzung 55,3 Jahre (Min. 19 Jahre, Max. 81 Jahre).

3.2.1 Auswertung Fragebögen

3.2.1.1 Allgemeiner Fragebogen (n = 21) (siehe Anhang):

Die Antworten der Ja/Nein-Fragen werden in Abb. 41 veranschaulicht.

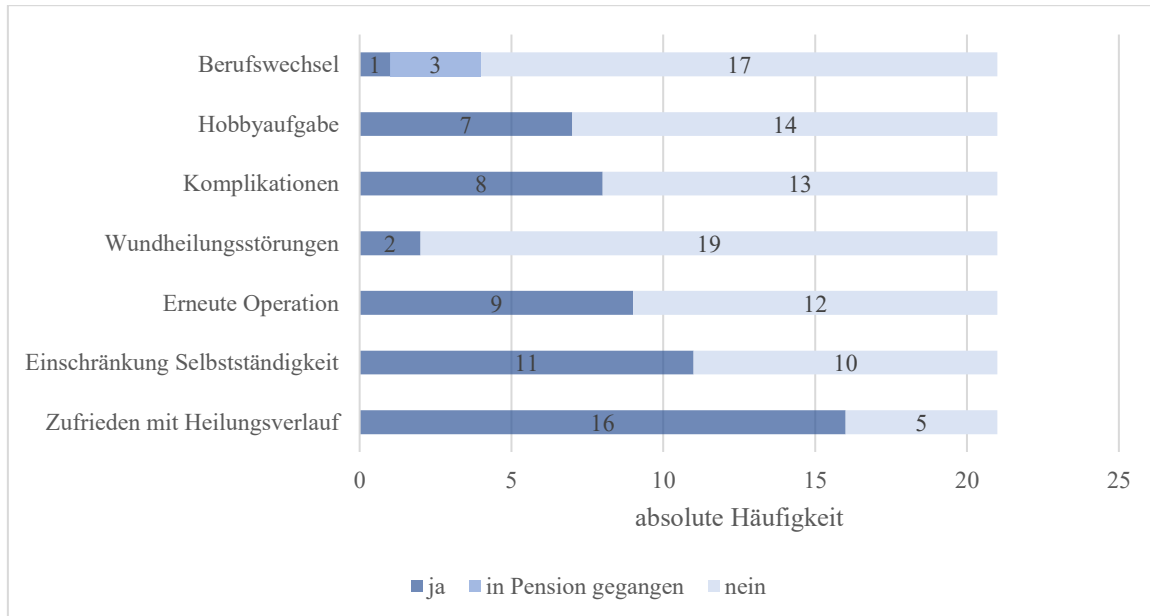


Abb. 41: Ja/Nein-Fragen des allgemeinen Fragebogens

Beruf:

Bei der Frage zum Berufswechsel wurde eine zusätzliche Kategorie, „in Pension gegangen“ eingefügt, da diese einem Berufswechsel durch die Verletzung gleichkommt. Sieben Personen (33 %) waren bereits vor der Verletzung am Humerus in Pension, ein Patient (5 %) wechselte innerhalb seines Berufes als Soldat den Arbeitsplatz. Keiner der 21 Patient*innen benötigte im Anschluss an die Operation eine Wiedereingliederung in den Beruf. Zusätzlich zu den Frühpensionierungen musste ein Proband seine Arbeitszeit auf 80 % reduzieren.

Hobbies:

Zu den genannten Hobbies, welche die Patient*innen nach der Verletzung aufgeben mussten, zählten Motorradfahren (n = 2), Fahrradfahren (n = 1), Gartenarbeit (n = 2), Wandern (n = 1), Stricken (n = 1) und Sport im Allgemeinen (n = 1). Dabei waren Mehrfachnennungen möglich.

Komplikationen, Re-Operation, Wundheilungsstörung:

Acht (38 %) Patient*innen gaben Komplikationen an und neun (43 %) mussten erneut am Ellenbogen operiert werden. Die Re-Operation erfolgte achtmal zur Metallentfernung und einmal wegen überschießender Kallusbildung. Zwei Patient*innen (10 %) berichteten von Wundheilungsstörungen. Bei elf (52 %) wurde die Selbständigkeit eingeschränkt.

Schmerzen:

Zusätzlich wurden die postoperativen Schmerzen, unterteilt in vier Schweregrade, erfragt. Zwei (10 %) Patient*innen waren schmerzfrei, acht (38 %) hatten leichte, sechs (29 %) mittelstarke und fünf (24 %) starke Schmerzen (siehe Abb. 42).

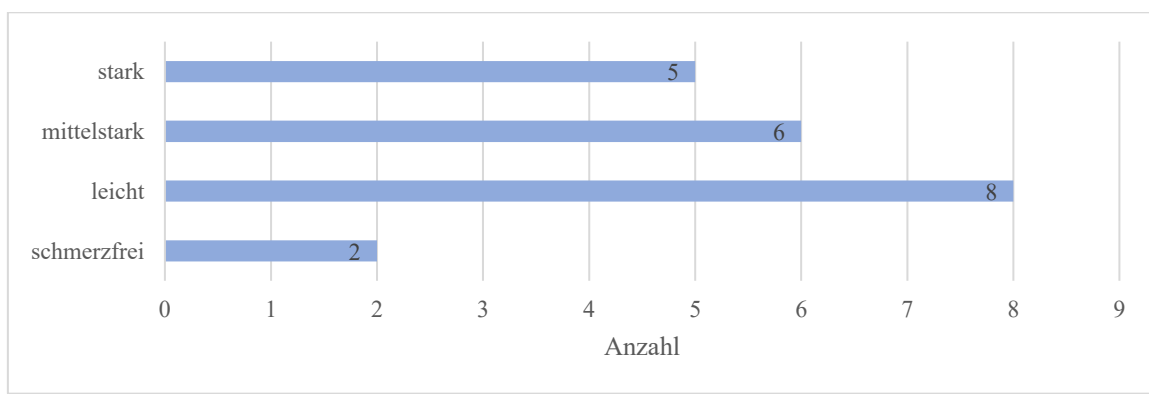


Abb. 42: Schmerzen nach der Operation

Weiters wurden die Schmerzen zum aktuellen Untersuchungszeitpunkt erfragt und in welchem Zusammenhang diese auftreten. Vier (19 %) Personen waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung schmerzfrei, bei den restlichen Studienteilnehmer*innen (n = 17) traten je nach Wetter und Belastung oder dauerhaft Schmerzen auf. Die Verteilung ist Abb. 43 zu entnehmen.

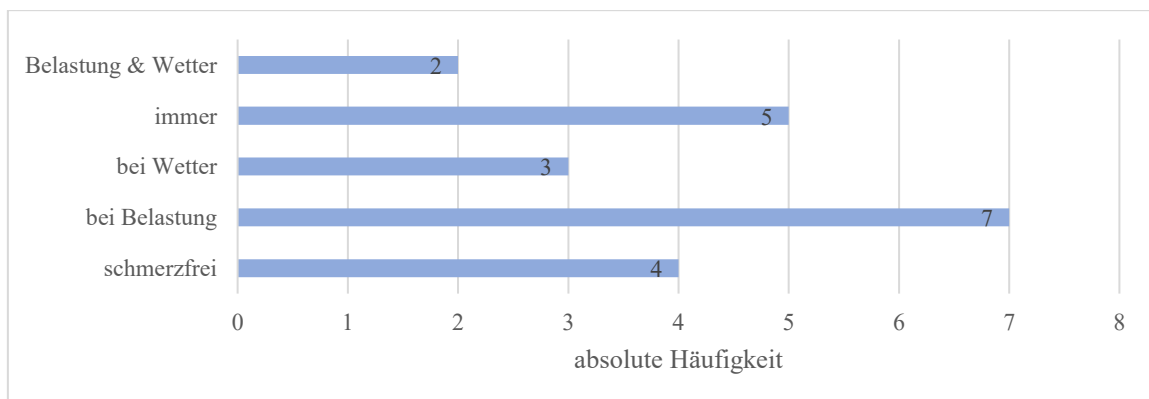


Abb. 43: Aktuelle Schmerzen und deren Ursachen

Funktion und Ästhetik:

Die Zufriedenheit bezüglich Funktion und Ästhetik wurde mittels einer Skala von eins bis zehn, erhoben. Dabei entspricht eins einem schlechten und zehn einem exzellenten Ergebnis. Im Durchschnitt gaben die Proband*innen eine funktionelle Zufriedenheit von 6,4 (Min. 3, Max. 10) und eine optische Zufriedenheit von 8,1 (Min. 5, Max. 10) an. Die exakte Verteilung der Nennungen ist in Abb. 44 gezeigt.

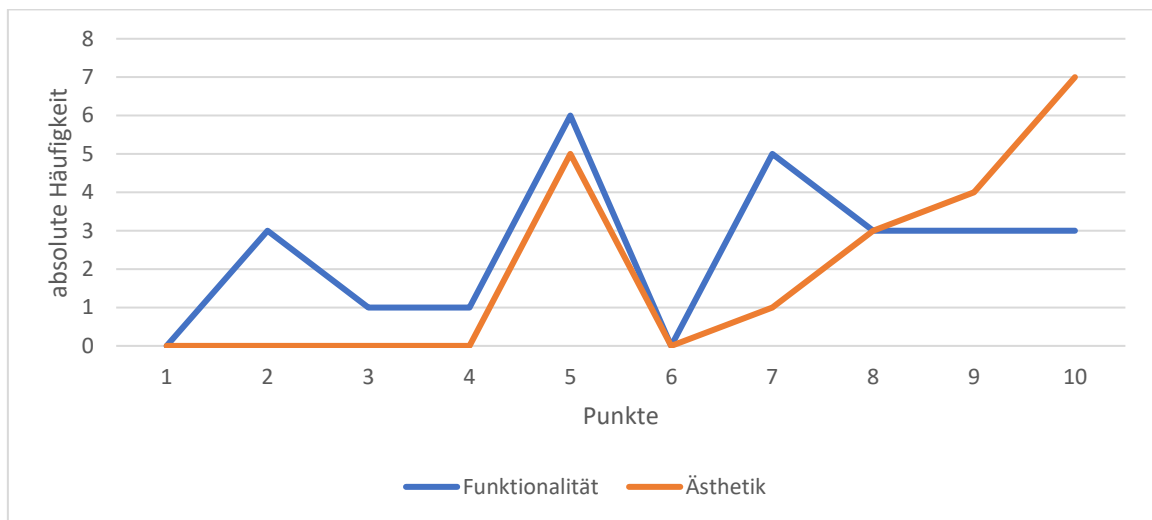


Abb. 44: Zufriedenheit mit Funktionalität und Ästhetik

Physio- und Ergotherapie:

Vier (19 %) von 21 Patient*innen bekamen nach der Operation keine Physiotherapie, bei einer (5 %) Person wurde stattdessen eine Ergotherapie durchgeführt. Zwei (10 %) Patient*innen gaben an immer noch in physiotherapeutischer oder orthopädischer Behandlung zu sein.

3.2.1.2 Auswertung SF-36 Score (n = 21):

In der Abb. 45 wurden die durchschnittlichen Ergebnisse des SF-36 Scores dargestellt.

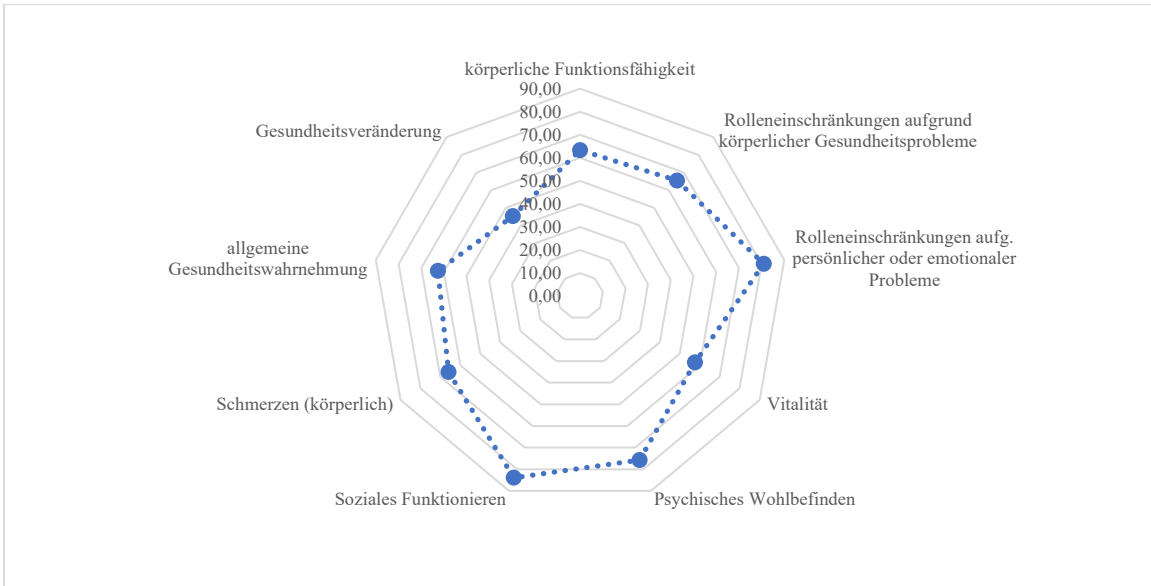


Abb. 45: Ergebnisse der Mittelwerte des SF-36 Scores

3.2.1.3 Auswertung qDASH-Score (n = 21):

Bei 21 Studienteilnehmer*innen wurde der qDASH-Score erhoben. Dabei ergab sich ein durchschnittlicher Punktwert von 23,3 (SD \pm 21,2). Der niedrigste Wert betrug Null und der höchste 61,4. Die Verteilung ist im Box Plot in Abb. 46 ersichtlich.

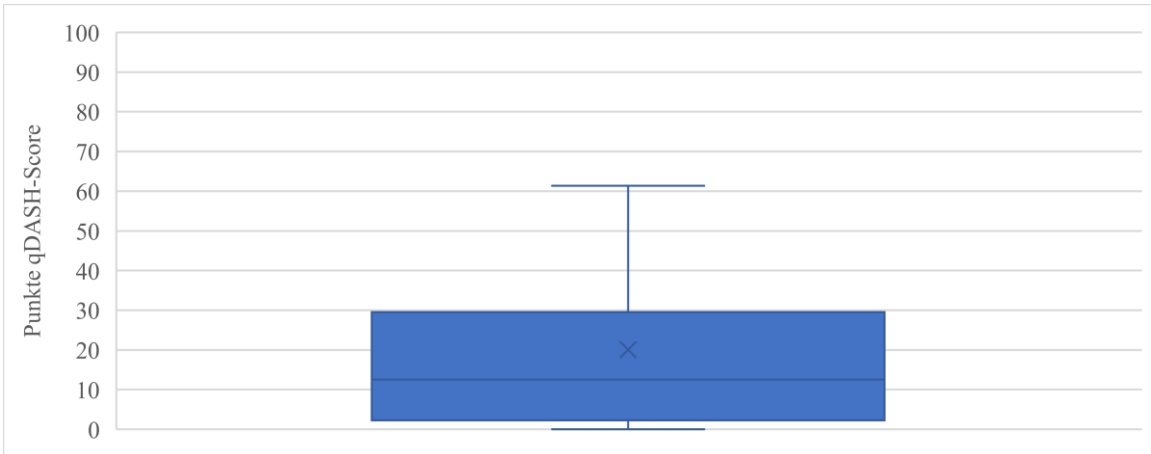


Abb. 46: Ergebnisse qDASH-Score

3.2.2 Auswertung der Nachuntersuchungen

3.2.2.1 Kraftgrade (n = 15)

Die Kraftgradmessung erfolgte im Seitenvergleich. Der Kraftverlust zwischen der gesunden zur operierten Seite betrug im Durchschnitt 21,8 N (Min. 19 N, Max. 64 N). Zwei (13 %) Patient*innen hatten im operierten Arm einen höheren Kraftwert als im gesunden.

3.2.2.2 Range of Motion (n = 19):

Bei der Beurteilung des Bewegungsausmaßes konnten die Proband*innen den gesunden Arm im Durchschnitt 137° (Min. 130°, Max. 145°) flektieren, während auf der operierten Seite im Mittel 125° (Min. 90°, Max. 140°) möglich waren. Ebenso zeigte die behandelte Extremität mit 28° (Min. 0°, Max. 90°) ein größeres Streckdefizit als die unbehandelte Seite, welche durchschnittlich nur um 2° (Min. 0°, Max. 30°) eingeschränkt war. Folglich betrug der Gesamtbewegungsbogen von Flexion-Extension am gesunden Arm im Mittel 134° (Min. 120°, Max. 145°) und am operierten 97° (Min. 30°, Max. 135°). Die Ergebnisse sind in Abb. 47 grafisch dargestellt.

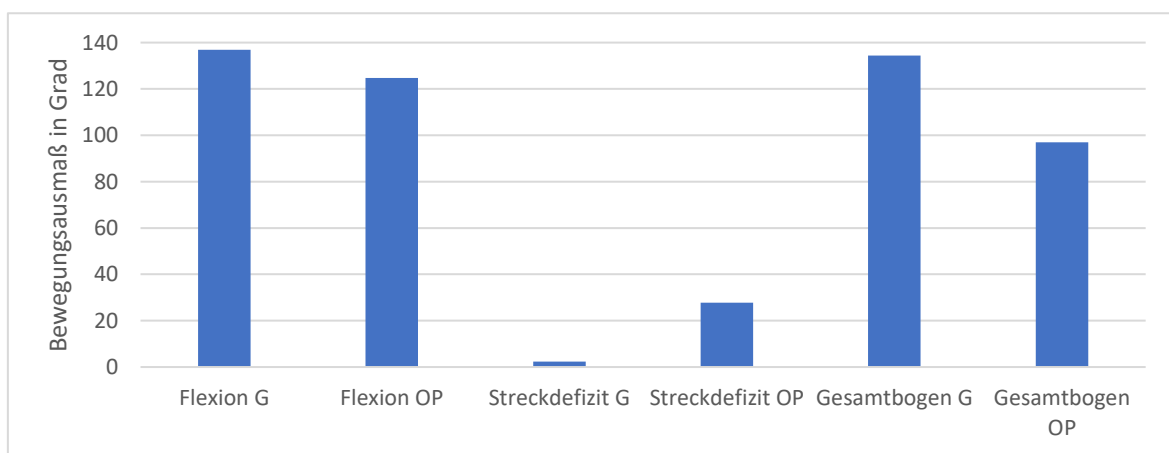


Abb. 47: Bewegungsausmaß Flexion/Extension (G = gesunder Arm; OP = operierter Arm)

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Seitenvergleich der Umwendbewegungen. Der Gesamtbewegungsbogen von Supination-Pronation betrug auf der nicht operierten Seite im Mittel 163° (Min. 130°, Max. 180°) und auf der operierten Seite 140° (Min. 70°, Max. 180°). Bei der gesunden Seite konnte im Durchschnitt eine Supination von 73° (Min. 40°, Max. 90°) und eine Pronation von 89° (Min. 80°, Max. 90°) durchgeführt werden. Auf der

Gegenseite betrug die mittlere Supination 56° (Min. 0°, Max. 90°) und die Pronation 82° (Min. 0°, Max. 90°). Die Pronations- und Supinationsausmaße sind in Abb. 48 dargestellt.

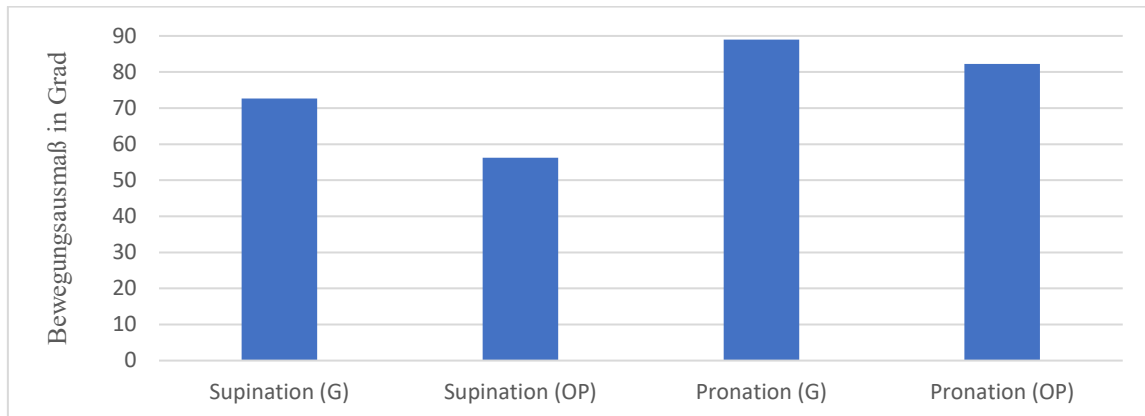


Abb. 48: Bewegungsausmaß Supination/Pronation (G = gesunder Arm; OP = operierter Arm)

3.2.2.3 Varus-/Valgusstellung (n = 15)

Der Mittelwert der Valgusstellung am gesunden Arm betrug 11° (Min. 5°, Max. 18°) und am operierten 10° (Min. 5°, Max. 20°). Bei den nicht operierten Armen wurde keine Varusstellung gemessen. Hingegen wiesen drei (20 %) Patient*innen eine Varusstellung, im Mittel um 7° (Min. 5°, Max. 10°), an der operierten Seite auf. Bei einem Patienten war die Messung nicht möglich, da er den Arm nicht Strecken konnte.

3.2.2.4 Scores

3.2.2.4.1 Mayo Elbow Performance Score (n = 19)

Beim MEPS erreichten die Patient*innen einen Mittelwert von 83 Punkten (Min. 45, Max. 100 Punkte). Nach Unterteilung der Teilnehmer*innen anhand des Alters (<65 Jahre vs. >65 Jahre) ergibt sich für unter 65 Jährige im Durchschnitt ein Wert von 91 (Min. 65, Max. 100) und für über 65 Jahre von 76 Punkten (Min. 45, Max. 95).

Die Verteilung wurde mit einem Boxplot in Abb. 49 dargestellt.

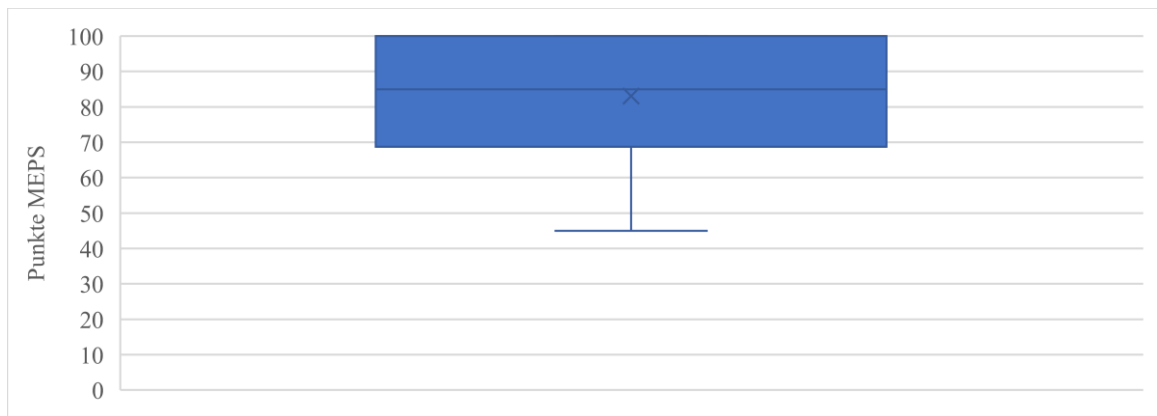


Abb. 49: Ergebnisse MEPS

3.2.2.4.2 Cassebaum-Score (n = 19)

Die Ergebnisse des Cassebaum-Scores sind in Abb. 50 dargestellt.

Sechs (32 %) Patient*innen erreichten ein sehr gutes, acht (42 %) ein gutes und fünf (26 %) ein befriedigendes Ergebnis.

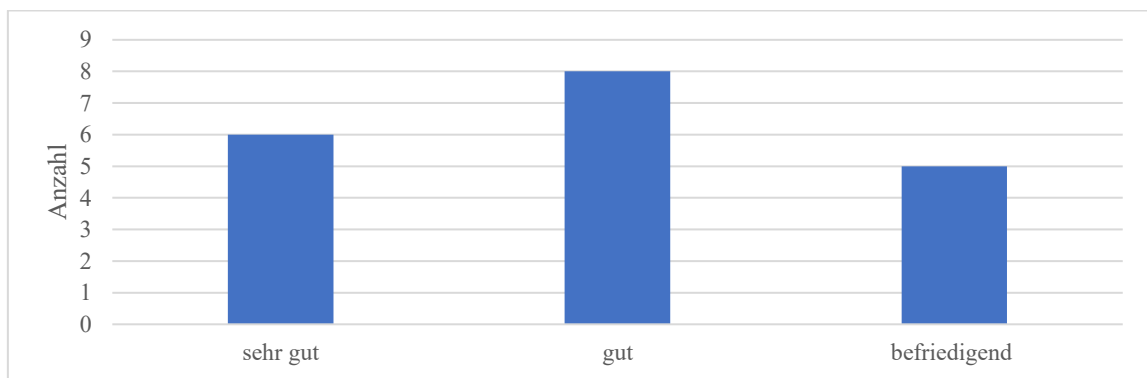


Abb. 50: Ergebnisse Cassebaum-Score

In der Tab. 7 wurde der Cassebaum-Score entsprechend der Proband*innen <65 Jahre und >65 Jahre verglichen, wobei sich tendentiell ein Altersunterschied zeigt. Ältere Personen scheinen einen schlechteren Outcome zu erreichen als jüngere.

	<65 Jahre	>65 Jahre
sehr gut	4 (44 %)	2 (20 %)
gut	3 (33 %)	5 (50 %)
befriedigend	2 (22 %)	3 (30 %)

Tab. 7: Vergleich Ergebnisse Cassebaum-Score <65 Jahre vs. >65 Jahre

3.2.2.4.3 Jupiter-Score (n = 19)

Beim Jupiter-Score erreichten sechs Studienteilnehmer*innen (32 %) ein exzellentes, vier (21 %) ein gutes, vier (21 %) ein befriedigendes und fünf (26 %) ein mangelhaftes Resultat (siehe Abb. 51).



Abb. 51: Ergebnisse Jupiter-Score

In der Tab. 8 werden die Ergebnisse des Jupiter-Scores im Altersvergleich unter bzw. über 65 Jahre verglichen. Hierbei ist zu sehen, dass Personen über 65 Jahre tendenziell weniger gute Ergebnisse erreichen als Patient*innen unter 65.

	<65 Jahre	>65 Jahre
exzellent	4 (44 %)	2 (20 %)
gut	3 (33 %)	1 (10 %)
befriedigend	0 (0 %)	4 (40 %)
mangelhaft	2 (22 %)	3 (30 %)

Tab. 8: Vergleich Ergebnisse Jupiter-Score <65 Jahre vs. >65 Jahre

3.2.2.5 Komplikationen der Nachuntersuchten, anhand der Röntgenbilder und MEDOCS-Daten (n = 20)

Die Röntgenbilder von 16 Proband*innen wurden im Rahmen der Nachuntersuchung am LKH-Univ. Klinikum Graz aufgenommen, bei vier wurden die letzten Kontrollröntgen, welche nach mehr als sechs Monaten postoperativ aufgenommen wurden, für die Auswertung herangezogen. Bei einem Patienten lagen keine Kontrollröntgen vor, sodass dieser nicht berücksichtigt werden konnte.

Bei der Auswertung wurden ergänzend zu den Röntgenbildern die MEDOCS-Daten der 20 Proband*innen herangezogen. 13 (65%) der 20 Patient*innen wiesen entweder im

Röntgen oder den MEDOCS-Daten Komplikationen auf. Drei (15 %) Patient*innen hatten mehrere Komplikationen gleichzeitig. Die Anzahl der jeweils erhobenen Komplikationen ist in Abb. 52 dargestellt.

Am häufigsten war eine Arthrose (n = 6) zu beobachten. Dabei beschränkte sie sich bei einer behandelten Person isoliert auf den Radiuskopf. Bei einer untersuchten Person trat zusätzlich eine heterotope Ossifikation auf. Bei insgesamt vier Patient*innen war ein Materialbruch im Röntgen sichtbar, davon wies eine Person zusätzlich Zeichen einer Pseudoarthrose und einer Lyse im Röntgenbild auf. Vier der 13 Komplikations-Patient*innen (20 %) wiesen Parästhesien durch Schäden des N. ulnaris auf, davon konnte bei zwei keine weiteren Komplikationen festgestellt werden.

Die Untersuchung der restlichen sieben (35 %) der Studienteilnehmer*innen war unauffällig.

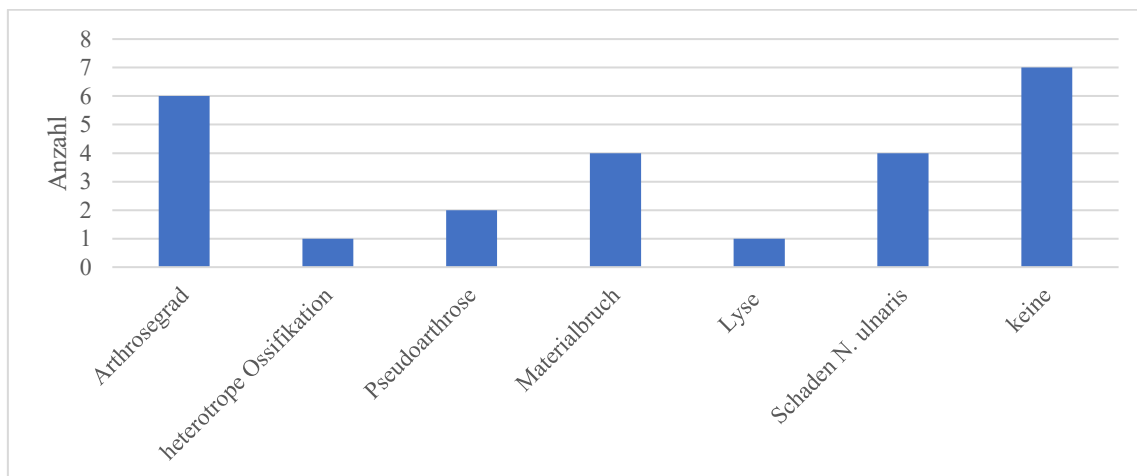


Abb. 52: Komplikationen der Nachuntersuchten

3.3 Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit den Fallserien von 1969 - 2008

Die aktuelle Serie von 2009 - 2018 wird im weiteren Verlauf als Serie E bezeichnet. Mittels einer tabellarischen und graphischen Gegenüberstellung der Fallserien A - E (A: 1969 - 1980, B: 1981 - 1988, C: 1989 - 1998, D: 1999 - 2008, E: 2009 - 2018) (57) werden im folgenden Kapitel die Ergebnisse miteinander verglichen. In Tab. 9 sind die Teilnehmerzahl, die Altersspanne und das Durchschnittsalter der Studienteilnehmer*innen der fünf Serien gegenübergestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass eine Patientin in Serie D beidseits eine Fraktur erlitt.

	Serie A	Serie B	Serie C	Serie D	Serie E
	1969 - 1980	1981 - 1988	1989 - 1998	1999 - 2008	2009 - 2018
Fallzahl	43	29	48	69	56
Altersverteilung (a)	16 - 81	16 - 84	15 - 87	15 - 95	19 - 89
Durchschnittsalter (a)	43,3	55,9	54,3	56,5	62,6

Tab. 9: Serienvergleich - Fallzahl und Altersverteilung (in Jahren = a) zum Zeitpunkt der Verletzung

3.3.1 Geschlechterverteilung

In Abb. 53 ist die Geschlechterverteilung der Serien A bis E in absoluter Häufigkeit dargestellt. Hierbei zeigt sich in den Serien A, C und E ein annähernd ausgeglichenes Verhältnis der Geschlechter. In Serie B und D überwiegt mit 69 % (n = 20) bzw. mit 60 % (n = 41) das weibliche Geschlecht.

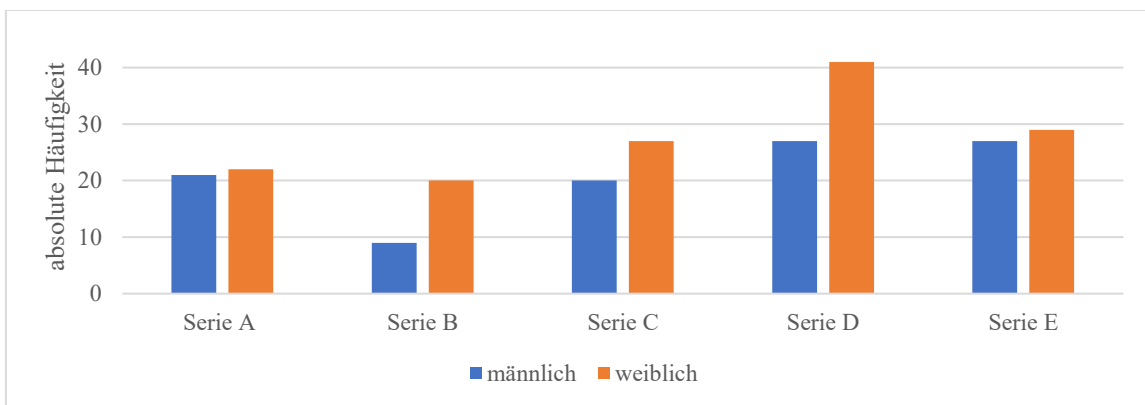


Abb. 53: Serienvergleich - Geschlechterverteilung

3.3.2 Verletzungsursache

In Abb. 54 sind die Verletzungsursachen der fünf Serien gegenübergestellt, dabei lässt sich erkennen, dass in allen Serien die Stürze den größeren Anteil gegenüber den Verkehrsunfällen ausmachen. Das Verhältnis in Serie A beträgt etwa 50/50, in den Serien B bis E ca. 75 % zu 25 %.

In Serie E wurden Stürze aus großer Höhe und die Sportverletzung, bei der es sich um einen Segelflugabsturz handelte, zu der Kategorie Stürze gezählt.

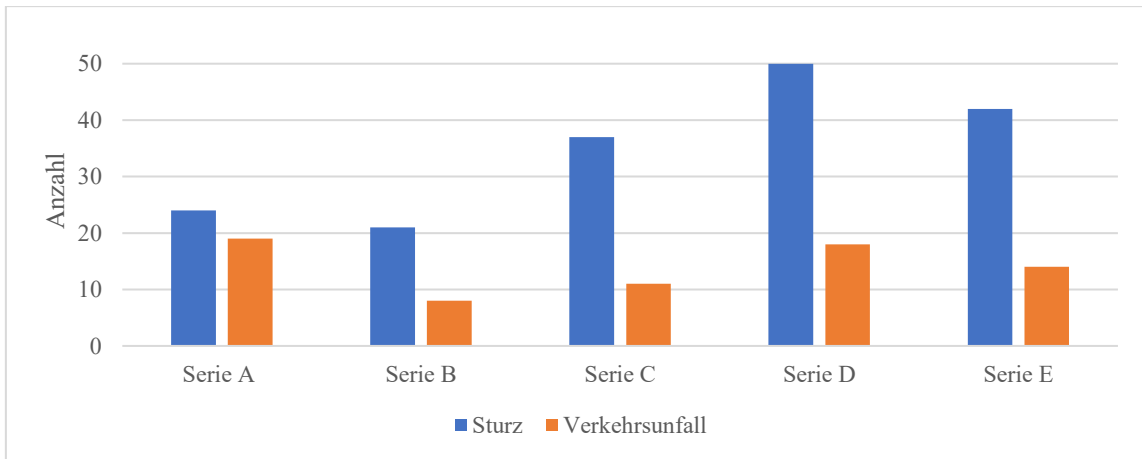


Abb. 54: Serienvergleich - Verletzungsursache

3.3.3 Weichteilklassifikation

Die Abb. 55 zeigt das Verhältnis von geschlossenen zu offenen Frakturen, in Folge werden die offenen Frakturen noch einmal genauer unterteilt. Der Anteil an geschlossenen zu offenen Frakturen ist in den Serien B und E ausgeglichen, während in den Serien A, C und D die geschlossenen Frakturen (>70 %) überwiegen.

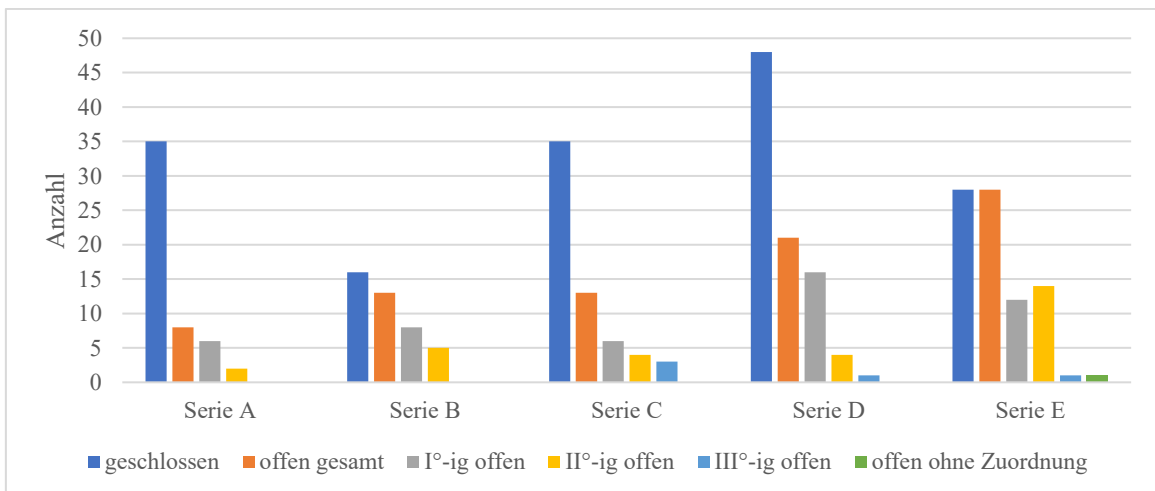


Abb. 55: Serienvergleich - Weichteilklassifikation

3.3.4 Frakturklassifikation

Die relative Häufigkeit der AO-Klassifikation der fünf Serien ist in Abb. 56 dargestellt. Es zeigt sich, dass die relative Häufigkeit der C1-Frakturen von der Serie B (55 %) bis zur

Serie E (11 %) abnimmt. Im Gegensatz dazu nimmt die Anzahl an C3-Frakturen kontinuierlich von 12 % in Serie A bis zu 71 % in Serie E zu.

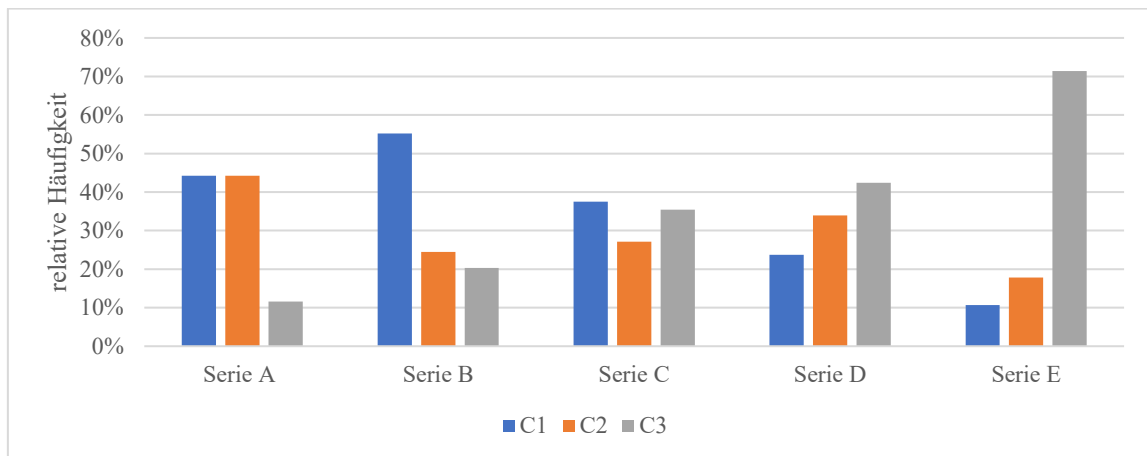


Abb. 56: Serienvergleich - AO-Klassifikation

3.3.5 Operationszugang

Tab. 10 zeigt die absolute Häufigkeit des gewählten Operationszugangs in den Serien A bis E. Der Zugang beim Tricepsplit erfolgt ebenfalls über einen dorsalen Zugang. Um eine Dopplung der acht Patient*innen zu vermeiden, wurde die entsprechende Anzahl in der Zeile dorsaler Zugang ohne Olecranonosteotomie in Serie E abgezogen.

	Serie A	Serie B	Serie C	Serie D	Serie E
Dorsaler Zugang mit Olecranonosteotomie	35	28	36	19	35
Dorsaler Zugang ohne Olecranonosteotomie	5	0	14	3	10
Zugang durch die Trizepssehne	3	0	0	0	8
radialer Zugang					1
Olecranonfraktur	0	1	1	0	1

Tab. 10: Serienvergleich - Operationszugang

3.3.6 Verwendetes Osteosynthesematerial

In Abb. 57 wird gezeigt welche Osteosynthesematerialien im Zeitverlauf der fünf Serien verwendet wurden. Deutlich zu sehen ist, dass in Serie A noch sechs verschiedene Osteosynthesematerialien zum Einsatz kamen, während in Serie D und E nur noch zwei

vertreten sind. Die Verwendung von Schrauben mit zwei Platten wurde in Serie A in nur 23 % der Fälle verwendet, in Serie D und E zu 95 %.

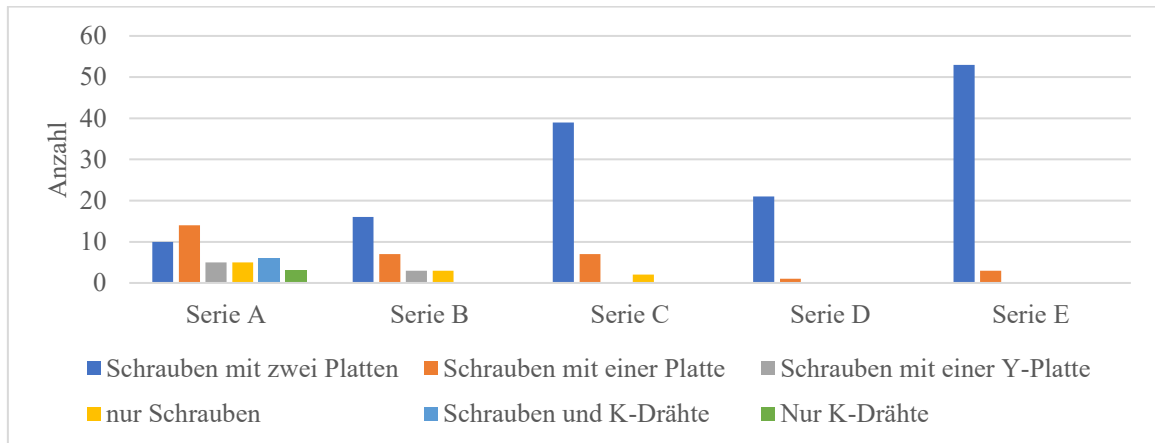


Abb. 57: Serienvergleich - Verwendetes Osteosynthesematerial

3.3.7 Zuggurtungsosteosynthese nach Olecranonosteotomie

Zur Versorgung der Osteotomie wurde entweder eine Zuggurtung mit K-Drähten oder einer Schraube, eine Großfragmentspongiosaschraube oder eine Platte verwendet. Die absolute Häufigkeit der vier Optionen in den fünf Serien ist in Abb. 58 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Zeitverlauf immer mehr Olecranonosteotomien mit Großfragmentspongiosaschrauben versorgt wurden. In Serie A und B waren es 0 %, dann stieg die Zahl bis auf 29 % in Serie E an.

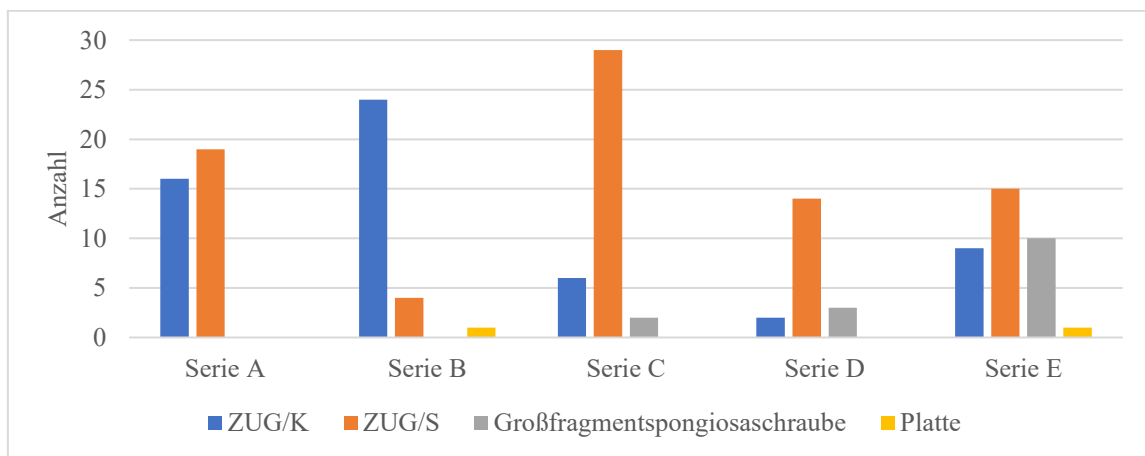


Abb. 58: Serienvergleich - Verwendete Materialien zur Versorgung der Olecranonosteotomie (ZUG/K = Zuggurtung mit K-Drähten; ZUG/S = Zuggurtung mit Schraube)

3.3.8 Zeitpunkt der Operation nach Verletzung

In der Abb. 59 wird die relative Häufigkeit der Zeitdauer zwischen Verletzung und Operation in den Serien A bis E dargestellt. Dabei wird zwischen drei Gruppen klassifiziert: Operation innerhalb von 24 h, Operation innerhalb einer Woche oder Operation nach mehr als einer Woche. Die Häufigkeit der innerhalb 24 h Operierten nimmt von Serie A (26 %) bis zur Serie D (86 %) zu. In Serie E liegt der Anteil nur noch bei 50%.

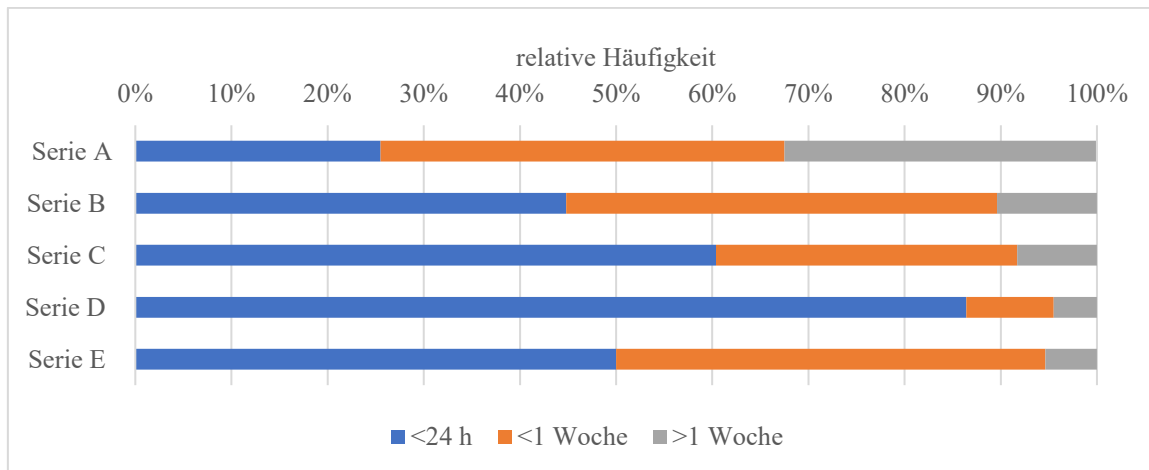


Abb. 59: Serienvergleich - Verteilung des Operationszeitpunkts

3.3.9 Komplikationen

Für die Auswertung der aufgetretenen Komplikationen in Serie E, wurden die 20 Studienteilnehmer*innen herangezogen, welche entweder für eine radiologische Nachuntersuchung ins LKH-Univ. Klinikum Graz kamen oder Fragebögen und/oder Videos retournierten und bei denen entsprechende Kontrollröntgenbilder vorlagen. Ein Patient erfüllte diese Kriterien nicht und wurde in Folge nicht berücksichtigt. Die 20 Patient*innen wurden auf etwaige Komplikationen, welche im MEDOCS, aus den Fragebögen oder der radiologischen Nachuntersuchung ersichtlich sind, überprüft. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Komplikationen mit den Vorserien herzustellen, wurden ausschließlich die selben Komplikationen betrachtet und gegebenenfalls entsprechend angepasst. Dabei wiesen fünf Patient*innen (25 %) im Verlauf entsprechende Komplikationen auf. Dabei war es in Serie E möglich, dass eine Person mehrere Komplikationen aufwies. Bei zwei Personen wurde das Metall aufgrund dessen, dass es die

Patient*innen gestört hatte, entfernt.

In den Serien A bis E liegt die Komplikationsrate zwischen 17 % und 26 % (Tab. 11).

	Serie A	Serie B	Serie C	Serie D	Serie E
	n = 43	n = 29	n = 48	n = 22	n = 20
Komplikationen	11 (25,6°%)	5 (17,2°%)	8 (16,7°%)	4 (18,2°%)	5 (25 %)
Redislokation	3	1	0	1	0
gelockerte Implantate	3	2	4	3	4
Trochleanekrose	3	0	0	0	1
Klaffen der Olecranonosteotomie	0	1	0	0	1
Oberflächliche Hautnekrose	2	0	1	0	0
tiefe Infekte	0	1	3	0	0

Tab. 11: Serienvergleich - Anzahl der jeweiligen Komplikationen

Ab Serie C wurde zusätzlich zu den genannten Komplikationen die heterotope Ossifikation erhoben, diese floss nicht in die Komplikationsrate ein. In Serie C hatten neun Patient*innen (18,8 %), in Serie D keine*r und in der aktuellen Serie E eine Person (5 %) Zeichen einer heterotopen Ossifikation.

3.3.10 Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Angaben über Schmerzfreiheit und das Auftreten von Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sind in Abb. 60 dargestellt. In Serie A und B sowie C waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 50 % der Patient*innen schmerzfrei, in den Serien D und E ca. 20 %. Patient*innen der Serie E, welche dauerhafte Schmerzen angaben, wurden zur besseren Vergleichbarkeit, zur Gruppe „Wetter und Belastung“ gezählt.

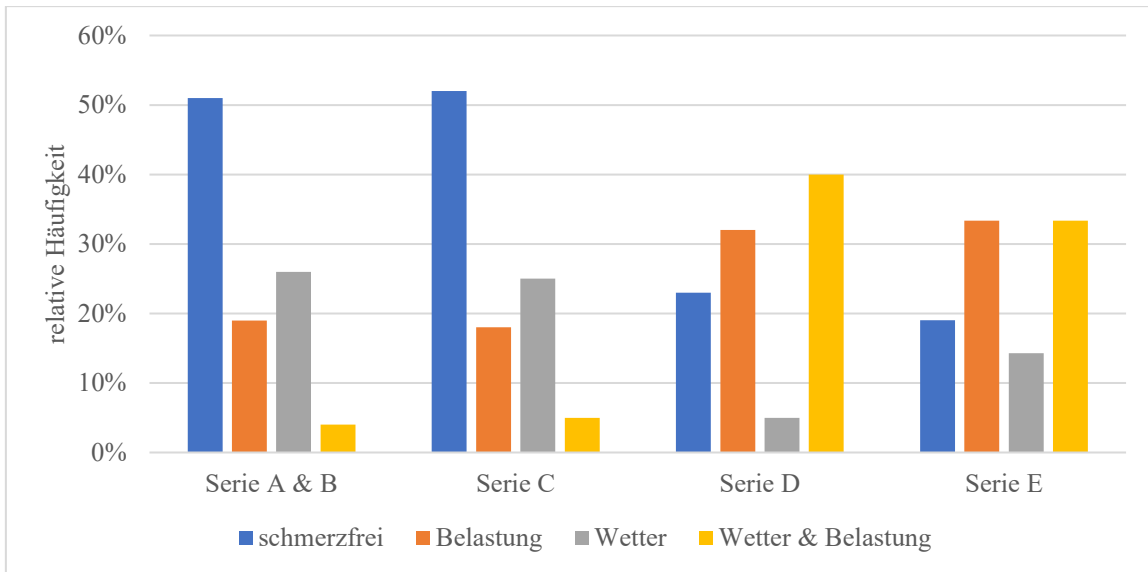


Abb. 60: Serienvergleich - Schmerzfreiheit oder Schmerzursachen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

3.3.11 Ergebnisse Cassebaum-Score

In Abb. 61 ist die relative Häufigkeit der Ergebnisse des Cassebaum-Scores der fünf Serien abgebildet. Es zeigt sich, dass die Häufigkeitsverteilung in Serie A bis C nahezu ident ist. Der Anteil an ausgezeichneten Ergebnissen liegt bei Serie A bis C bei 79 % und fiel dann auf einen Anteil von 46 % in Serie D bzw. 32 % in Serie E.

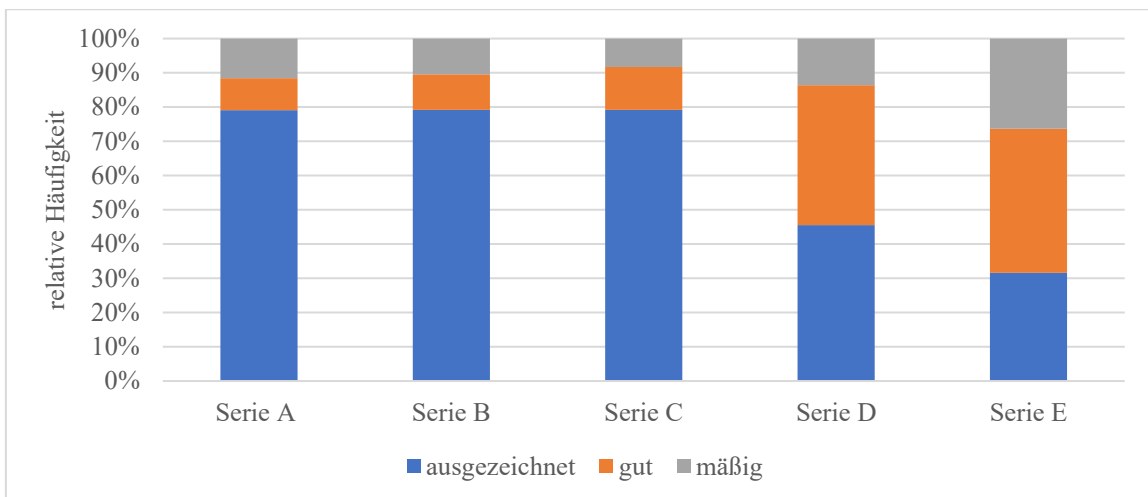


Abb. 61: Serienvergleich – Ergebnisse des Cassebaum-Scores

3.3.12 Ergebnisse Jupiter-Score

Die prozentuale Verteilung der Ergebnisse des Jupiter-Scores in den fünf Serien sind in Abb. 62 dargestellt. Der Anteil an ausgezeichneten und guten Ergebnissen stieg von Serie A und B mit ca. 73 % auf ca. 83% in Serie C und D. In Serie E fiel der Anteil auf 53 %.

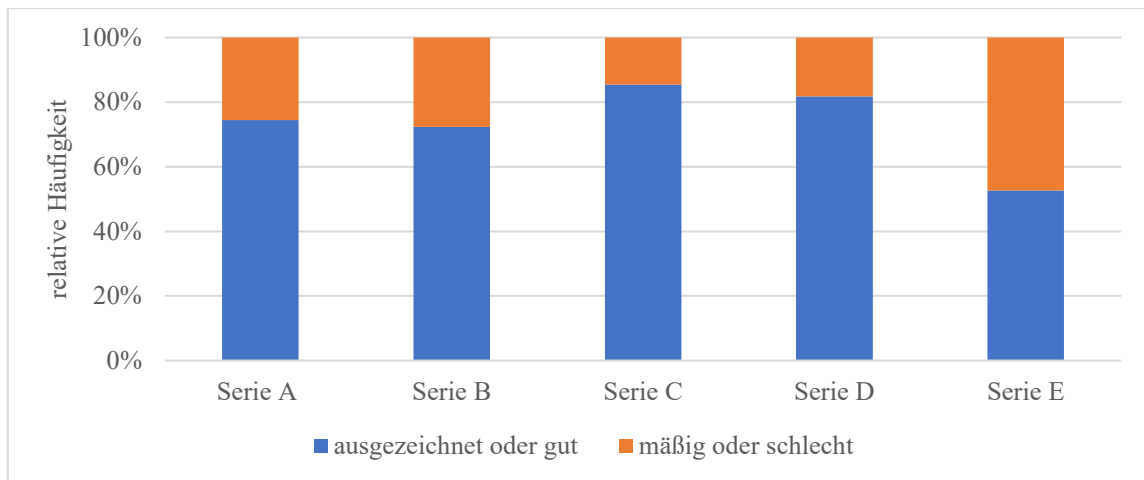


Abb. 62: Serienvergleich - Ergebnisse des Jupiter-Scores

3.3.13 Subjektive Bewertung durch die Patient*innen

Im nächsten Schritt wurde das subjektive Ergebnis der funktionellen Zufriedenheit der Patient*innen in den Serien A bis E beurteilt. Es zeigen sich in allen Serien vergleichbare Verteilungen.

In der aktuellen Serie E wurden die Ergebnisse der subjektiven funktionellen Zufriedenheit mittels einer Skala von eins bis zehn abgefragt. In den Vorserien erfolgte die Differenzierung in ausgezeichnet, gut und mäßig. Infolgedessen wurden die Werte der Serie E wie folgt modifiziert, um eine Vergleichbarkeit mit den Vorserien herstellen zu können. Ein bis drei Punkte in der Skala entsprechen einer subjektiven Bewertung von mäßig, vier bis sechs entsprechen gut und sieben bis zehn ausgezeichnet. Das Ergebnis nach der Modifizierung ist in Abb. 63 veranschaulicht.

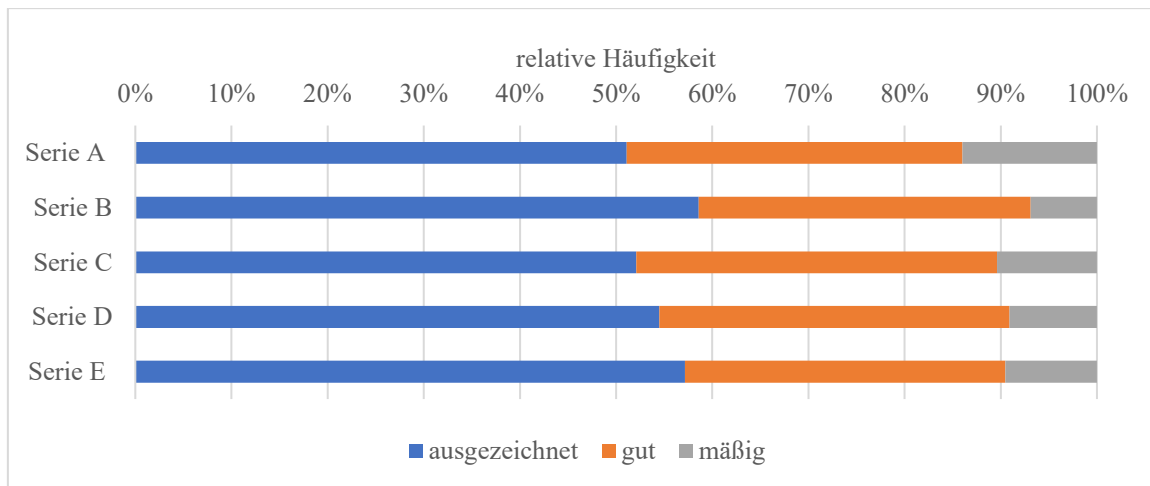


Abb. 63: Serienvergleich - Subjektive Patient*innen Zufriedenheit mit dem OP-Ergebnis

3.3.14 Weitere Vergleichsparameter ab Serie C bzw. D

Ab Serie C wurden in den Studien zusätzliche Parameter wie die Übungsstabilität und die Krankenhausaufenthaltsdauer (in Serie E, ab der Operation) erhoben. Dabei zeigte sich eine Abnahme der durchschnittlichen Krankenhausaufenthaltsdauer von 21 Tagen in Serie C auf 11 Tage in Serie E. Des Weiteren werden die Ergebnisse des qDASH-Scores und der Bewegungsdefizite der Serien D und E gegenübergestellt. Es konnte eine Zunahme des durchschnittlichen Streckdefizit von 11,4° auf 27,8° und ebenso eine Zunahme des Supinationsdefizit von 5,5° auf 33,8° verzeichnet werden. Das Beugedefizit und das Pronationsdefizit sind gleich geblieben. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die genannten Werte in Tab. 12 gegenübergestellt.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

	Serie C	Serie D	Serie E
nicht übungsstabil	21 ^o %	18 ^o %	32 ^o %
Krankenhausaufenthaltsdauer (d)	20,7	12,9	11,1
qDASH-Score		36,1	23,3
Streckdefizit (°)		11,4	27,8
Beugedefizit (°)		14,5	15,3
Pronationsdefizit (°)		7,5	7,8
Supinationsdefizit (°)		5,5	33,8

Tab. 12: weitere Vergleichsparameter ab Serie C bzw. D

4 Diskussion

Die distale Humerusfraktur stellt eine seltene, aber durchaus komplex zu versorgende Verletzung dar. Derzeit stehen verschiedene operative Verfahren zur Verfügung, dabei wird aktuell zumeist die Plattenosteosynthese verwendet. Ob diese noch als state of the art vertretbar ist, soll in dieser Arbeit geklärt werden.

In dieser Diplomarbeit wurden alle, zwischen 2009 und 2018, operativ versorgten C-Frakturen am LKH-Univ. Klinikum Graz evaluiert. Die Ergebnisse wurden sowohl isoliert betrachtet und diskutiert, als auch mit bereits existenten Vorserien (A - D) der letzten 39 Jahren verglichen.

4.1 Vergleich Serie E mit den Serien A - D

4.1.1 Alter zum Zeitpunkt der Verletzung

Betrachtet man das Durchschnittsalter der Proband*innen zum Verletzungszeitpunkt der Serie E im Vergleich mit Serie A bis D, zeigt sich, dass es kontinuierlich angestiegen ist. In Serie A betrug das Durchschnittsalter bei Verletzung noch 43,3 Jahre, bei Serie E 62,4 Jahre. Im Vergleich zur Lebenserwartung (1970: 66,5 Jahre, 2010: 77, 7 Jahre) stieg aber das Durchschnittsalter der Patient*innen in den Serien A bis E um fast 20 Jahre (60). Trotz zum Teil beobachteter Verschlechterung hinsichtlich funktioneller und subjektiver Patientenzufriedenheit in Serie E, kann dennoch davon ausgegangen werden, dass die Versorgung mittels Plattenosteosynthese nach wie vor zufriedenstellende Ergebnisse liefert. Dies erklärt sich durch eine ähnlich hohe Komplikationsrate und subjektive Zufriedenheit wie in den Vorserien.

Die Annahme von Palvanen *et al.* (16), dass sich die Anzahl der distalen Humerusfrakturen durch die alternde Bevölkerung zw. 2007 - 2030 verdreifachen wird, konnte durch die Datenerhebung am LKH-Univ. Klinikum Graz, im Verlauf der Gesamtserie nicht bestätigt werden.

4.1.2 Range of Motion (ROM)

Der Gesamtbewegungsbogen wurden erst ab Serie D erhoben. Zu diesem Zeitpunkt betragen der mittlere Flexion-Extensionsbogen 124° und der Pronation-Supinationsbogen 167° , wohingegen die Bewegungsbögen in Serie E bei 97° und 140° lagen und somit geringer ausfielen als bei der Vorserie. Dabei ist festzuhalten, dass sich das Beugedefizit mit $14,5^\circ$ vs. $15,3^\circ$ und das Pronationsdefizit mit $7,5^\circ$ vs. $7,8^\circ$ nur geringfügig unterschied. Drei Patient*innen wiesen ein Streckdefizit von 80° bzw. 90° auf und beeinflussten den Durchschnittswert negativ. Selbiges galt auch bei der Supination, wo drei Patient*innen mit Supinationsgraden von $0 - 5^\circ$ negativen Einfluss auf den Durchschnittswert nahmen. Auch bei der Pronation verzerrt ein Ausreiser das Ergebnis, da bei diesem Patienten die Pronation vollständig aufgehoben war. Die übrigen Patient*innen erreichten Werte zwischen $80 - 90^\circ$. Auch bei Auswertung der Flexion fiel ein Patient auf, der nur bis 90° beugen konnte. Bei den restlichen Patient*innen bewegte sich der Flexionsbereich zwischen $120 - 140^\circ$.

Als Erklärung für die Abnahme der ROM könnte die generelle Abnahme der ROM im Alter angenommen werden, wobei dies anhand unserem Patient*innengut nicht bestätigt werden konnte. Um dies zu prüfen, wurden die ROM der gesunden Seite mit der ROM des operierten Ellenbogens verglichen. Dabei zeigten sich keine bis geringe Abnahmen der ROM am gesunden Arm. Bei keiner Messung fiel die ROM auf der gesunden Seite schlechter als auf der operierten Seite aus. Da nur die Ergebnisse zweier Serien verglichen werden können, ist es schwierig eine generelle Aussage zu treffen.

4.1.3 Scores

In der aktuellen Serie ist der durchschnittliche MEPS mit 83,2 gut. Der qDASH liegt bei 23,3 und hat sich im Vergleich zu Serie D verbessert, damals betrug der qDASH-Score noch 36,1. In den Serien A bis C wurde er nicht erhoben.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Aussage des qDASH-Scores eingeschränkt ist, da es bei diesem Score irrelevant ist, ob die Person die genannten alltäglichen Fertigkeiten mit der rechten oder mit der linken Hand durchführt, es muss sich dabei somit nicht zwingend, um die operierte Seite handeln. Es ist nicht sicher, ob dies allen Patient*innen beim Ausfüllen bekannt war oder ob sie es automatisch auf die

operierte Seite projiziert haben, somit ist eine gewisse Verzerrung der qDASH-Ergebnisse möglich.

Seit Serie C ist ein Abwärtstrend bezogen auf den Cassebaum-Score erkennbar. In Serie A bis C lag der Anteil der ausgezeichneten Ergebnisse bei nahezu konstanten 80 % und der Anteil der guten Ergebnisse bei etwa 10 %. In Serie D waren es nur noch etwa 45 % exzellente und 40 % gute Resultate. In der aktuellen Serie E verschlechterten sich die Werte weiter, nur noch etwa 32 % der Ergebnisse waren sehr gut und 42 % gut, hinzu kamen 26 % mäßige Ergebnisse.

Bei der Betrachtung des Jupiter-Scores lässt sich feststellen, dass der Anteil an guten und sehr guten Ergebnisse der Serien A und B mit ca. 73 %, im Vergleich zu den Serien C und D auf ca. 83% anstieg. In Serie E verschlechterte sich das Ergebnis wieder, nur noch 53 % der Patient*innen verzeichneten gute oder sehr gute Resultate.

Aufgrund des steigenden Durchschnittsalters sollte in Serie E geprüft werden, ob es altersbedingte Unterschiede hinsichtlich der Funktion gibt. Hierfür wurde das Kollektiv in zwei Gruppen, älter und jünger als 65 Jahre, geteilt.

Dabei zeigten sich beim Cassebaum-Score 44 % sehr gute und 33 % gute Ergebnisse bei der Gruppe der <65 Jährigen und bei der Gruppe der >65 Jährigen 20 % sehr gute und 50 % gute Ergebnisse. Beim Jupiter-Score hatten 77 % der <65 Jährigen sehr gute oder gute Ergebnisse, bei der älteren Gruppe waren es lediglich 30 %. Auch der MEPS war bei der jüngeren Gruppe mit 91 Punkten, im Vergleich zu 76 Punkten bei den >65 Jährigen, deutlich besser. Es zeigt sich somit, dass das erhöhte Alter einen starken negativen Einfluss auf die Ergebnisse der Funktionalität hat. Mit dem hohen Alter korreliert auch die hohe Sterberate der Patient*innen bis zur Nachuntersuchung, sodass die Studienteilnehmer*innenanzahl dadurch dezimiert wird und die Aussagekraft der Score-Ergebnisse abnimmt.

Interessant ist, dass die Patient*innen die subjektive funktionelle Zufriedenheit in der aktuellen Serie dennoch ähnlich gut wie in den Vorserien angegeben haben. In allen Serien gaben 51 % bis 59 % der Proband*innen eine ausgezeichnete Zufriedenheit an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Werte der aktuellen Serie mittels einer Skala von eins bis zehn erhoben wurden. Um die Werte vergleichen zu können wurden die Werte der Serie E, wie in Kapitel 3.3.13, beschrieben modifiziert und in eine Ordinalskala überführt. Aufgrund

dessen, dass die Angaben nicht, wie in den Vorserien, direkt in einer Ordinalskala erhoben wurden, könnte auch dies das aktuelle Ergebnis beeinflussen.

4.1.4 Komplikationen

In der Gegenüberstellung der Komplikationsraten der Vorserien ist festzustellen, dass diese in der Serie A bei 25 % und in den folgenden drei Serien in etwa konstant bei ca. 17 % lag. Die ermittelte Komplikationsrate der 20 radiologisch Nachkontrollierten in Serie E betrug 25 %, wenn dieselben Komplikationen, wie in den Vorserien betrachtet werden. Bei Berücksichtigung der in Serie E zusätzlich erhobenen Komplikationen, nämlich Arthrosen, Pseudarthrosen, heterotope Ossifikationen und Schäden des N. ulnaris, ergibt sich eine deutlich höhere Komplikationsrate von 65 %.

Da diese zusätzlichen Komplikationen in den Vorserien nicht dokumentiert wurden, ist nicht bekannt, ob diese nicht untersucht oder nicht aufgetreten sind. Es ist jedoch anzunehmen, dass es auch in den Vorserien zum Auftreten von postoperativen Arthrosen, Pseudarthrosen, heterotope Ossifikationen und Irritationen des N. ulnaris kam. Zudem ist nicht bekannt, wie die vorherigen Serien mit Personen, bei denen mehrere Komplikationen gleichzeitig auftraten, verfahren sind. In dieser Serie wurden Personen mit mehreren Komplikationen bei der Berechnung der Komplikationsrate gleich gewertet wie Patient*innen mit einer Komplikation. Ein weiterer Punkt für eine verminderte Vergleichbarkeit ist, dass in den Serien A bis C die Komplikationsrate der gesamten Studienteilnehmer*innen ermittelt und angegeben wurde und in den Serien D und E nur von der klinisch nachuntersuchten Kohorte.

Die sehr hohe Komplikationsrate, bei Betrachtung der zusätzlich erhobenen Komplikationen in Serie E, kann mit dem erhöhten Alter des Patient*innenguts und der damit verbundenen abnehmenden Knochenqualität bzw. Osteoporose, der zunehmenden Komplexität und der schlechteren Heilung der Frakturen erklärt werden. Die Komplikation „Arthrose“ kommt im Alter auch vermehrt bei nicht frakturierten Gelenken vor, vermehrt an der dominanten Seite. Somit ist nicht sicher belegt, dass es sich wirklich bei allen Arthrosen, um frakturbedingte postoperative Komplikationen oder um generelle Alterserscheinungen handelt. Es erfolgte keine Röntgenkontrolle des gesunden Ellenbogens, wodurch ein Vergleich nicht möglich war. Zudem ist fraglich, ob das

radiologische Bild einer Arthrose, ohne klinischen Symptomen, als Komplikation zu werten ist.

4.1.5 Frakturspezifitäten

Es fällt auf, dass der Anteil an schweren C3-Frakturen in Serie E mit 71°% deutlich zugenommen hat. In Serie A lag der Anteil noch bei ca. 12 %, in Serie B bis D stieg er auf 42 % an. Feststellen lässt sich zudem, dass der Anteil an offenen Frakturen in der aktuellen Serie, im Vergleich zu den Vorserien, deutlich zugenommen hat. In Serie A bis D lag der mittlere Durchschnitt bei etwa 70 % geschlossenen und 30 % offenen Frakturen. In Serie E beträgt das Verhältnis in etwa 50/50. In Serie D wurden nur 59 der 69 Patient*innen klassifiziert.

4.1.6 Schmerzen

Es ist anzunehmen, dass als Folge der schwereren Frakturen, parallel zu den Score-Ergebnissen auch die Schmerzfreiheit abnimmt. In den Serien A und B, die beiden Serien wurden gemeinsam betrachtet, sowie C betrug der Anteil der subjektiv schmerzfreien Patient*innen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ca. 52 %. Bei 18°% traten die Schmerzen bei Belastung und bei 25 % wetterbedingt auf. Etwa 5 % gaben an, dass die Schmerzen sowohl wetterbedingt als auch bei Belastung auftreten. Im Vergleich der Serien D und E ergaben sich ähnliche Ergebnisse, nur 23 % bzw. 18 % waren schmerzfrei, 32 % bzw. 33 % gaben Belastung, 5 % bzw. 14 % das Wetter und 40 % bzw. 32 % die Kombination aus Wetter und Belastung als Ursache an. Zu beachten ist, dass es sich bei Schmerzen um eine subjektive Empfindung handelt und grundsätzlich schwer verglichen werden kann. Eine Möglichkeit, um für eine bessere Vergleichbarkeit zu sorgen, wäre die Verwendung von visuellen Analogskalen, durch die Visualisierung würde es den Patient*innen vielleicht leichter fallen ihre Schmerzen einzuschätzen. Alternativ könnte es helfen die numerische Skala, von eins bis zehn, mit Erklärungen zu ergänzen. Beispielsweise, dass bei einem Schmerz von sieben, die Alltagsaktivitäten und das Sozialverhalten eingeschränkt sind und der Schlaf durch die Schmerzen gestört ist (61).

4.1.7 Operationsspezifitäten

Hinsichtlich der Time to surgery ist zu sagen, dass diese sowohl durch höheres Alter der Patient*innen, die Komplexität der Fraktur als auch durch ein steigendes Ausmaß der Weichteilschäden verlängert wird. Die resultierende Verzögerung kann eine weitere Erklärung für die schlechter ausfallenden Ergebnisse der Serie E sein. Es besteht Konsens darüber, dass ein früher Operationszeitpunkt ein besseres Outcome bringt. Betrachtet man die Vorserien erscheint es, dass kongruent dazu, im Verlauf der Studienserien am LKH-Univ. Klinikum Graz eine möglichst frühzeitige Operation angestrebt wurde. Der Anteil der Operationen innerhalb von 24 h stieg von 26 % in Serie A auf 86 % in Serie D. In Serie E fiel dieser Wert auf 51 % und erreichte wieder das Niveau von Serie B. Ein Anteil von 44 % wurde zumindest innerhalb einer Woche und zumeist nach zwei bis drei Tagen operiert. In Serie D wurden lediglich die Operationsspezifitäten der nachuntersuchten Proband*innen erhoben und nicht von der Gesamtstudienteilnehmerzahl wie in den vier anderen Serien.

Die Anzahl der Stichprobe bewegt sich in den einzelnen Fallserien zwischen 29 und 69 Teilnehmer*innen. Bei einer so geringen Teilnehmer*innenzahl wirkt sich jeder einzelne Wert stark auf das Gesamtergebnis aus. Die Ergebnisse werden von Ausreißern stark beeinflusst und können dadurch großen Schwankungen unterliegen.

4.1.8 Conclusio

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass vermutlich mehrere Fakten für die schlechteren Ergebnisse der ROM und der Cassebaum- und Jupiter-Scores in Serie E, im Vergleich zu den Vorserien verantwortlich sind. Anzunehmen ist, dass vor allem das gestiegene Alter und die damit zusammenhängende Zunahme an komplizierten C3-Frakturen die Hauptausschlaggeber sind. Bei dem direkten Vergleich der Komplikationen fällt auf, dass die Komplikationsrate ähnlich den Vorserien ist, mit den zusätzlich erhobenen Komplikationen jedoch deutlich schlechter abschneidet.

4.2 Vergleich Serie E mit Literatur

In folgendem Abschnitt werden die Ergebnisse unserer Studie mit den Ergebnissen anderer Studien der letzten sechs Jahre, welche die Ergebnisse nach Plattenosteosynthese betrachteten, verglichen. Vorwegzunehmen ist, dass alle Studien zufriedenstellende Ergebnisse, bezogen auf das funktionelle Outcome, zeigten. Der MEPS-Wert lag bei den Studien im Bereich von 84 bis 94 (62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69). Es ist festzustellen, dass die Anzahl der Studienteilnehmer*innen auch in den anderen Studien sehr gering ist. Sie lag, bei sieben von acht betrachteten Studien, zwischen 13 und 31 (62, 63, 64, 65, 66, 67, 68). Lediglich eine Studie (69) untersuchte mehr ($n = 57$) Proband*innen. Damit lässt sich sagen, dass die Patient*innenanzahl unserer Studie mit der aktuellen Studienlage vergleichbar ist. Lediglich drei der Studien untersuchten isoliert die Versorgung von C-Frakturen (64, 65, 66). Aufgrund dessen, dass in Serie E ebenfalls nur C-Frakturen berücksichtigt wurden, werden diese drei Studien für einen Vergleich der Ergebnisse herangezogen

4.2.1 Alter

Die Ergebnisse der Studien lassen sich nicht alleine mit dem Alter der Patient*innen erklären. Zwar lassen sich die schlechteren Ergebnisse in der Studie von Shannon *et al.* (64) mit dem hohen Durchschnittsalter von 78 Jahren begründen, jedoch unterscheidet sich das Durchschnittsalter in der Studie von Kervinen *et al.* (66), mit 74 Jahren, nur um vier Jahre und lieferte trotzdem deutlich bessere Ergebnisse. Vergleicht man dies mit unseren Daten, erkennt man hier trotz des geringsten Durchschnittsalters von 55 Jahren eine schlechtere ROM. Die Studienteilnehmer*innen von Al-Hamdani *et al.* (65) waren durchschnittlich 62 Jahre alt. Die unterschiedlichen Altersdurchschnitte lassen sich mit den unterschiedlichen Einschlusskriterien begründen, in der Studie von Al-Hamdani *et al.* (65) wurden Patient*innen >45 Jahre eingeschlossen, bei Kervinen *et al.* (66) >65 Jahre, bei Shannon *et al.* (64) >70 Jahre und in unserer Studie >18 Jahre.

4.2.2 ROM

Vergleicht man den ermittelten Flexion-Extensionsbogen, fällt auf, dass die Ergebnisse von Al-Hamdani *et al.* (65) mit 120° und Kervinen *et al.* (66) mit 119° unseren Werten sehr ähnlich sind. Ebenso sind die Ergebnisse von Shannon *et al.* (64) mit 97° (Flexion 117°, Streckdefizit 20°) mit denen unserer Serie vergleichbar. Ähnlich sieht es bei der Betrachtung der Pronation-Supinationsbögen aus. Bei Al-Hamdani *et al.* (65) betrug dieser 160°, bei Shannon *et al.* (64) 147° und in unserer 140°.

Ein möglicher Erklärungsansatz für unsere Ergebnisse ist die unterschiedliche Nachbeobachtungszeit. In der Studie von Kervinen *et al.* (66) wurden die Patient*innen frühestens nach einem Jahr und durchschnittlich nach ca. drei Jahren nachuntersucht. In der Studie von Al-Hamdani *et al.* (65) erfolgte die Nachuntersuchung im Mittel nach ca. zwei Jahren und in der Studie von Shannon *et al.* (64) nach vier Jahren. Es ist festzustellen, dass die Nachbeobachtungszeit in unserer Studie mit neun Jahren fast dreimal so hoch war. Das erklärt zum einen die höhere drop out Rate durch verstorbene Patienten in unserer Kohorte, zum anderen, dass wahrscheinlich die Beschwerden mit zunehmender Zeit mehr werden könnten.

4.2.3 Scores, Schmerzen

Der MEPS wurde in allen drei Studien erhoben. Al-Hamdani *et al.* (65) ermittelten einen Median von 85, Kervinen *et al.* (66) einen Mittelwert von 85 und Shannon *et al.* (64) einen Mittelwert von 91. Ein identischer Median von 85, wie in der Studie von Al-Hamdani *et al.* (65), haben auch wir ermittelt. Der Mittelwert lag bei 83 und somit nur zwei Punkte unter dem Ergebnis von Kervinen *et al.* (66).

Lediglich die Studie von Kervinen *et al.* (66) untersuchte zusätzlich auch den qDASH-Score. In der Studie lag der qDASH-Score bei 19 und fällt somit etwas besser, als in unserer Studie mit 23, aus.

Unsere Ergebnisse der Scores sind ähnlich gut, wie die Ergebnisse von Al-Hamdani *et al.* (65) und Kervinen *et al.* (66). Interessant ist die Tatsache, dass die Patient*innen in der Studie von Shannon *et al.* (64) trotz schlechterem ROM, ähnlich unserer Studie, ein besseres MEPS Ergebnis als die beiden anderen Studien erzielt haben. Dies könnte am

besseren Abschneiden in den Kategorien: Gelenksstabilität, Schmerzen oder dem Ausführen alltäglicher Funktionen, liegen. Da die Ausführung alltäglicher Funktionen stark vom ROM abhängt, ist dies weniger wahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass die Patient*innen weniger Schmerzen hatten, und sich dies somit stärker auf das Ergebnis auswirkte. Im Vergleich zu unserer Studie könnte das durchaus erklärend sein, nur 19 % waren schmerzfrei. Ebenso wurde die subjektive Zufriedenheit der Funktion, welche ebenfalls von den Schmerzen beeinflusst wird, im Durchschnitt mit 6,4 von zehn Punkten angegeben. Auf die Studie von Kervinen *et al.* (66) lässt sich dies jedoch nicht übertragen. Die funktionelle Patientenzufriedenheit lag bei neun von zehn Punkten. Grund für die deutlich bessere subjektive Zufriedenheit könnte sein, dass die Erwartungen und Beanspruchungen an den Ellbogen mit steigendem Alter abnehmen.

4.2.4 Komplikationen und Reoperationsrate

Die Komplikationen wurden nur in der Studie von Al-Hamdani *et al.* (65) untersucht. Dort betrug die Komplikationsrate 30 % und war somit weniger als halb so hoch wie in unserer Studie (65 %). Eine Begründung für die geringere Komplikationsrate könnte sein, dass nicht dieselben Komplikationen gewertet wurden. Beispielsweise wurden geringe bis mittelschwere Arthrosen sowie heterotope Ossifikationen, im Gegensatz zu unserer Studie, nicht als Komplikation gewertet. Stattdessen wurden lediglich Pseudarthrose, lokale Irritation, Gelenksteifigkeit und Nervenschäden des N. ulnaris und N. radialis dazugezählt. Betrachtet man die Reoperationsrate, betrug diese in der Studie von Kervinen *et al.* (66) 28 % und in der Studie von Shannon *et al.* (64) 18 %. In der Studie von Al-Hamdani *et al.* (65) mussten 17 % der Patient*innen erneut operiert werden und einer von Zehn konnte seinen Job nicht mehr ausführen. In unserer Studie musste ebenfalls eine Person ihren Job aufgeben, drei weitere gingen nach der Verletzung verfrüht in Pension. Insgesamt 43 % unserer Nachuntersuchten wurden erneut operiert, dieser Anteil liegt über dem Wert der anderen Studien. Ein Grund hierfür und ebenfalls für die höhere Komplikationsrate könnte sein, dass die Nachuntersuchung, wie bereits erwähnt, bei unserer Studie erst nach ca. neun Jahren erfolgte und in den anderen drei Studien bereits nach zwei bis vier Jahren, was möglicherweise für die Beurteilung von Spätfolgen nicht ausreichend war.

4.2.5 Conclusio

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Studien, die das Outcome der Versorgung von distalen Humerusfrakturen mit interner Fixierung mittels Plattenosteosynthese untersucht haben, zu dem Ergebnis kamen, dass die Behandlungsmethode, trotz hoher Komplikationsrate und dem im Durchschnitt alten Patientenkollektiv, zufriedenstellende Ergebnisse liefert.

Aufgrund der Tatsache, dass das durchschnittliche Alter der drei Studien über unserem lag, wäre zu erwarten gewesen, dass unsere Ergebnisse im Vergleich besser abschneiden. Diese Erwartung beruht darauf, dass die Ergebnisse in jungen Jahren besser ausfallen, weil anzunehmen ist, dass der Heilungsverlauf in jüngeren Jahren besser und die Komplexität der Fraktur geringer als im Alter ist. Die wahrscheinlichste Ursache für das schlechtere Abschneiden unserer Studienergebnisse ist die fast dreimal so lange Nachbeobachtungszeit.

4.3 Betrachtung der TEA als alternative Behandlungsmethode

Wie in der Hypothese in der Einleitung beschrieben, soll überprüft werden, ob die Versorgung von distalen Humerusfrakturen mit ORIF noch als state of the art vertretbar ist. Im Folgenden werden Ergebnisse der TEA als alternative Versorgung verglichen. Die Ergebnisse stammen entweder aus Studien (70, 71), die ausschließlich Ergebnisse der Versorgung mit TEA einschlossen oder aus Studien (62, 63, 72, 73), welche die Ergebnisse von ORIF und TEA verglichen haben. Lediglich bei einer der vier Studien von Kee *et al.* (72) handelt es sich um eine multizentrische, prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie. Anhand einer Reihe von Studien, welche nur die TEA-Versorgung evaluierten, lässt sich grundsätzlich sagen, dass die TEA bezogen auf die Funktionalität gute Ergebnisse liefert. Die MEPS-Werte lagen zwischen 72 und 94 (62, 63, 70, 71, 73). Es ist festzuhalten, dass es sich dabei nicht immer um reine Populationen mit C-Frakturen handelte, jedoch hatte zumindest der Großteil eine C-Fraktur. Im Folgenden werden zwei dieser Studien (70, 71) und vier der Vergleichsstudien (62, 63, 72, 73) genauer betrachtet.

4.3.1 ROM

Bei den reinen TEA-Studien von Kim *et al.* (70) und Prasad *et al.* (71) betrug der Flexion-Extensionsbogen bei der Nachuntersuchung 114° bzw. 84° (Flexion 118°, Streckdefizit 34°). Die Flexion-Extensionsbögen der vier Vergleichsstudien verteilten sich folgendermaßen: bei Jong Seak *et al.* (62) bei 109° (TEA) vs. 103° (ORIF), bei Lopiz *et al.* (63) bei 79° (TEA) vs. 75° (ORIF), bei Ellwein *et al.* (73) bei 111° (TEA) vs. 99° (ORIF) und bei Kee *et al.* (72) bei 107° (TEA) vs. 95° (ORIF).

Ein Pronation-Supinationsbogen von 148° ergab die Studie von Kim *et al.* (70). In den Vergleichsstudien lag er bei Jong Seak *et al.* (62) bei 172° (TEA) vs. 173° (ORIF), bei Lopiz *et al.* (63) bei 150° (TEA) vs. 155° (ORIF) und bei Ellwein *et al.* (73) bei 176° (TEA) vs. 175° (ORIF).

Beim Betrachten der vergleichenden Studien fällt auf, dass die TEA-Patient*innen tendenziell leicht bessere Flexion-Extensionsbögen aufwiesen, jedoch minimal schlechtere Pronation-Supinationsbögen. Der Unterschied war nicht signifikant.

Zudem zeigt sich, dass die Studien von Prasad *et al.* (71) und Lopiz *et al.* (63) schlechtere Flexion-Extensionsbögen aufwiesen als die anderen Studien, die recht ähnliche Ergebnisse zeigten. Die niedrigeren Ergebnisse lassen sich durch die längere Nachbeobachtungszeit von zehn Jahren bei Prasad *et al.* (71) und ca. 5,5 Jahren bei Lopiz *et al.* (63) erklären. Bei den anderen vier Studien lag sie nur bei zwei bis drei Jahren. Ebenso lässt sich der geringere Pronation-Supinationsbogen in der Studie von Lopiz *et al.* (63) mit demselben Argument belegen. Aufgrund der kleinen Kohorte mit neun Personen in der Studie von Kim *et al.* (70) wäre anzunehmen, dass extreme Ergebnisse den Durchschnittswert negativ beeinflussen, jedoch konnte dies anhand der Betrachtung der Studienergebnisse ausgeschlossen werden.

4.3.2 Scores

Kim *et al.* (70) ermittelten in ihrer Studie einen MEPS von 81, Prasad *et al.* (71) einen von 90. Bei der größten Vergleichsstudie von Jong Seak *et al.* (62) aus dem Jahr 2020, mit 28 Proband*innen in der ORIF und 43 in der TEA-Gruppe, wurden signifikant bessere Ergebnisse des MEPS (TEA 81 vs. ORIF 94) bei ORIF beobachtet. Im Gegensatz zeigten sich in der Studie von Kee *et al.* (72) signifikant besserer Ergebnisse für die TEA (TEA 86

vs. ORIF 73). Kein signifikanter Unterschied ergab sich bei Lopiz *et al.* (63) (TEA 72 vs. ORIF 84) und Ellwein *et al.* (73) (TEA 94 vs. ORIF 85).

Einen qDASH-Score von 20 ermittelten Kim *et al.* (70).

Ebenso wie beim MEPS lieferte der qDASH-Score (TEA 47 vs. ORIF 27) der ORIF bei Jong Seak *et al.* (62) signifikant bessere Ergebnisse. Ellwein *et al.* (73) beobachteten bei TEA einen qDASH von 24 vs. 34 bei ORIF, in der Altersgruppe >65 Jahre war der Unterschied signifikant. In der Studie von Kee *et al.* (72) war das Outcome des qDASH zu Beginn der Studie signifikant besser, die Ergebnisse näherten sich jedoch nach zwei Jahren an (TEA 34 vs. ORIF 38). Keine signifikanten Unterschiede der qDASH-Scores ergaben sich in der Studie von Lopiz *et al.* (63) (TEA 45 vs. 43).

Die Score-Ergebnisse von Kim *et al.* (70) ähneln unseren Werten (MEPS 83, qDASH 23). Im Vergleich mit den anderen Studien entspricht unser MEPS Wert etwa den Werten der ORIF-Gruppe von Lopiz *et al.* (63) und Ellwein *et al.* (73). Die von uns ermittelten qDASH-Werte waren im Vergleich die besten.

Betrachtet man die vier Vergleichsstudien, so fällt auf, dass der MEPS in den älteren beiden Studien (Kee *et al.* (72) von 2008 und Ellwein *et al.* (73) von 2015) bei TEA-Behandlung etwa zehn Punkte höher als bei der ORIF-Therapie lag, auch die entsprechenden qDASH-Ergebnisse waren besser. Jedoch änderte sich dies in den neueren beiden Studien (Jong Seak *et al.* (62) von 2020 und Lopiz *et al.* (63) von 2021). Hier war der MEPS bei ORIF-Therapie etwa zehn Punkte höher als bei den TEA-Patient*innen.

Eine Ursache für die Umkehr des MEPS und des qDASH-Scores zu Gunsten der Versorgung mit ORIF könnte die Weiterentwicklung und Verbesserung der Osteosyntheseplatten sein. Galal *et al.* (74) untersuchte 2020 den MEPS bei Patient*innen mit winkelstabilen vs. nicht winkelstabilen Platten. Dabei konnten die winkelstabilen Platten mit einem MEPS von 88 vs. 76 überzeugen, das Ergebnis war jedoch nicht signifikant. Die Ergebnisse der Studie sind nur eingeschränkt vergleichbar, da bei Galal *et al.* (74) keine C-Frakturen, sondern ausschließlich 60 Proband*innen mit A-Frakturen untersucht wurden.

4.3.3 Komplikationen

Bei den mit TEA behandelten Patient*innen traten bei Kim *et al.* (70) bei drei von neun (33 %) Komplikationen auf. Zwei Patient*innen erlitten eine periprothetische Fraktur und eine Patientin eine Schädigung des N. ulnaris. In der Studie von Prasad *et al.* (71) wiesen acht von 19 (42 %) Patient*innen eine Komplikation auf, 71 % der Männer und 25 % der Frauen. Jedoch lag der Anteil der männlichen Probanden auch nur bei etwa einem Drittel der Gesamtpopulation. In der Vergleichsstudie von Jong Seak *et al.* (62) lag die Komplikationsrate bei TEA bei 32 % (n = 14) und bei ORIF bei 46 % (n = 13). Die Autoren stellten fest, dass die heterotope Ossifikation häufiger in der Gruppe der TEA-Patient*innen und Ulnaris-Neuropathien in der ORIF-Gruppe vorkamen. Die beiden Komplikationen machten in der jeweiligen Gruppe ca. 50 % der Komplikationen aus. Ellwein *et al.* (73) stellten fest, dass das Risiko für schwerwiegende Komplikationen in der ORIF-Gruppe 4,4-mal (TEA 11 % vs. ORIF 45 %) höher als in der TEA-Gruppe war. Zu den schweren Komplikationen wurden Implantatversagen, Infektionen, Nervenläsionen und Schraubenperforationen gezählt. Zu den leichten Komplikationen wurden Neuropathien zugeordnet, hier betrug die Rate bei TEA 33 % und bei ORIF 40 %. Die Aussagekraft ist jedoch eingeschränkt, da die TEA-Gruppe lediglich aus neun Proband*innen bestand. Auf die Gesamtzahl gerechnet ergibt sich dadurch für eine einzelne Person ein prozentueller Anteil von 11 %. Dass bei TEA-Patient*innen mehr Neuropathien auftreten würden, wie von Jong Seak *et al.* (62) festgestellt, konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Eine Komplikationsrate von 80 % wies die ORIF-Gruppe bei der Studie von Kee *et al.* (72) auf. Die TEA-Gruppe kam auf eine Rate von 52 %. Einige Patient*innen beider Gruppen wiesen auch mehr als eine Komplikation auf. Von höheren Komplikationsraten in der TEA-Gruppe sprechen Lopiz *et al.* (63), wie hoch diese genau ausgefallen ist, ist aufgrund mehrerer Komplikationen pro Person nicht genau eruiert. Jedoch mussten 63 % aus der TEA-Gruppe und 23 % aus der ORIF-Gruppe erneut operiert werden. In der Studie von Prasad *et al.* (71) wurden 10,5 % der Zehn-Jahres-Gruppe reoperiert, bei Kee *et al.* waren es bei ORIF 27 % vs. 12 % bei TEA. Jedoch handelte es sich dabei um keinen signifikanten Unterschied.

Es ist herausfordernd, die Komplikationen der unterschiedlichen Studien zu vergleichen, da unterschiedliche Komplikationen erfasst wurden und zum Teil nicht klar ist, ob nicht genannte Komplikationen nicht aufgetreten sind oder nicht einbezogen wurden.

Bei der Betrachtung der Komplikationsrate fällt auf, dass diese bei TEA bei den Studien zwischen 32 % bei Jong Seak *et al.* (62) und 52 % bei Kee *et al.* (72) liegt, vorausgesetzt man würde in der Studie von Ellwein *et al.* (73) die leichten und schweren Komplikationen addieren. Beim Vergleich aller Studien ist zu erkennen, dass die TEA bezüglich der Komplikationsrate in allen Studien besser, als die ORIF abschneidet. Die Komplikationsrate bei ORIF liegt zwischen 46 % bei Jong Seak *et al.* (62) und 85 % bei Ellwein *et al.* (73), sofern die leichten und schweren Komplikationen addiert werden. Es ist festzustellen, dass die Raten beider Verfahren erheblich schwanken. Betrachtet man im Vergleich die Werte unserer Studie, ist zu erkennen, dass die Komplikationsrate mit 65 % im Bereich der ORIF ähnlich ausfällt. Die Reoperationsrate von 43 % fällt höher aus. Ein möglicher Grund für die geringere Komplikationsrate bei der TEA-Gruppe könnte die höhere Sterblichkeit in dieser Gruppe sein. Betrachtet man die beiden Studien von Prasad *et al.* (71) und Kim *et al.* (70) fällt die hohe Sterblichkeitsrate auf. Bei der Studie von Prasad *et al.* (71) verstarben 64 % vor der Nachuntersuchung nach ca. zehn Jahren. Ähnlich hohe Sterblichkeitsraten traten bei der Studie von Kim *et al.* (70) auf, 38 % der Patient*innen konnten aufgrund des Versterbens nicht nachuntersucht werden, obwohl der Nachbeobachtungszeitraum durchschnittlich nur 2,5 Jahre betrug. Daraus lässt sich schließen, dass die TEA vor allem bei älteren Personen eingesetzt wird. In den Vergleichsstudien konnten keine großen Unterschiede im Durchschnittsalter in beiden Gruppen festgestellt werden, somit ist das Alter als Ursache für die Unterschiede unwahrscheinlich.

Auffällig ist die deutlich höhere Komplikations- und Reoperationsrate (TEA 63 % vs. ORIF 23 %) in der TEA-Gruppe in der Studie von Lopiz *et al.* (63). Da diese Studie erst 2021 durchgeführt wurde, könnte man schlussfolgern, dass es im Verlauf der Zeit besseres Osteosynthesematerial gibt. Bereits im Jahr 2011 wurden in der Studie von Berkes *et al.* (75) die Unterschiede der Komplikations- und Reoperationsrate zwischen winkelstabilen vs. nicht winkelstabilen Platten, bei versorgten C-Frakturen, untersucht. Die Nachuntersuchung fand sechs Monaten nach der Operation statt. In der Studie konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Der Beobachtungszeitraum von sechs Monaten ist sehr kurz gewählt und entspricht nicht der Nachuntersuchungszeit anderer Studien. Somit ist nicht sicher, ob die unterschiedlichen Platten nach einer längeren Zeit unterschiedliche Komplikations- und Reoperationsraten aufweisen.

4.3.4 Conclusio

Betrachtet man stellvertretend für die funktionellen Ergebnisse den MEPS aller aufgeführten Studien, fällt auf, dass lediglich in zwei Studienkohorten, einmal in der ORIF-Gruppe von Kee *et al.* und einmal in der TEA-Gruppe von Lopiz *et al.* eine mittelmäßige Leistungsfähigkeit gemessen wurde, bei allen anderen war die Leistungsfähigkeit gut oder exzellent.

Somit kann man sagen, dass beide Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse liefern.

Bei den Studien mit TEA als Therapie besteht eine gewisse indikationsbedingte Verzerrung, da jüngere Patient*innen häufiger mit ORIF behandelt werden und TEA primär bei Älteren angewandt wird.

Abgesehen von den funktionellen Ergebnissen müssen auch die Komplikationsrate und die Reoperationsrate berücksichtigt werden. Bei den betrachteten Studien (65, 67, 68, 69, 73, 76), in denen nur ORIF-Patient*innen untersucht wurden, kam es in 30 - 68 % zu Komplikationen und in 0 bis 42 % zur Reoperation. Bei der Behandlung mit TEA lag die Komplikationsrate zwischen 11 und 42 % (70, 71, 73, 77, 78), die Reoperationsrate bei zwischen 5 und 63 %. Zu beachten ist, dass nicht in allen Studien nur C-Frakturen eingeschlossen wurden.

Die Komplikationsrate scheint bei der Behandlung mit ORIF höher zu sein, als bei TEA.

Jedoch kommt es laut Buckley *et al.* (30), bei TEA häufiger zu schwereren Komplikationen, wie beispielsweise tiefen Infektionen und Osteolyse im Endstadium, für die es derzeit keine gute Behandlungsoptionen gibt (30).

Dies könnte daran liegen, dass Patient*innen mit TEA eine lebenslange Maximalbelastung von 5 kg für die Prothese haben, im Alter jedoch darauf angewiesen sind, sich zum Hinsetzen oder Aufstehen mit dem ganzen Gewicht auf die Arme abstützen zu müssen und sich infolgedessen nicht an die Belastungsgrenze halten können.

Aufgrund dessen oder durch andere Ursachen kommt es irgendwann unweigerlich zu einem unvermeidbarem Versagen der Prothese. Problem ist dabei die Revision, da die Möglichkeiten hierbei stark limitiert sind und zu einem fast vollständigen Verlust der Ellbogenfunktion führen können. Ein gewisses Risiko besteht auch darin, dass die Lebensdauer der Prothese begrenzt ist. Ist die Lebensdauer abgelaufen, aber der*die Patient*in nicht mehr operabel, muss beispielsweise eine gelockerte Prothese in situ verbleiben.

Ein Vorteil der ORIF ist, dass bei der Revision immer die Rückzugs-Option einer TEA zur Verfügung steht. Logli *et al.* (79) untersuchten in ihrer Studie das Outcome von einer primären Versorgung einer Fraktur mit TEA und der Umstellung auf TEA nach primärer ORIF-Versorgung. Dabei konnten sie keine nennenswerten Unterschiede bezüglich funktionellem Ergebnis, Häufigkeit von Komplikationen und Reoperationen feststellen. Beachtet werden muss dabei jedoch das Risiko der Zweitoperation (79).

Eine weitere Behandlungsoption, welche im Zuge dieser Diskussion der Vollständigkeit halber kurz erwähnt wird, stellt die Ellenbogen-Hemiarthroplastik (EHA) dar, welche derzeit noch kein Behandlungsstandard ist und in klinischen Studien getestet wird. Vorteil der EHA ist, dass sie keine Belastungslimitation, wie die TEA hat. Die funktionellen Ergebnisse scheinen vergleichbar mit denen der ORIF und TEA zu sein, mit MEPSs im Bereich von 85 - 90, DASH-Scores von 11 - 20, Flexion-Extensionsbögen, sowie Pronation-Supinationsbögen von 105 - 116° und 160 - 172°, Komplikationsraten von 11 - 29 % und Reoperationsraten von 0 - 13 % (80, 81, 82).

Zwei Studien verglichen bzw. vergleichen aktuell die Behandlung von EHA mit ORIF. Dirckx *et al.* (83) untersuchte 36 Patient*innen mit einem Durchschnittsalter von 73 und fand nach etwa drei Jahren Nachbeobachtung heraus, dass die funktionellen Ergebnisse ähnlich waren. Komplikationen traten bei ORIF signifikant häufiger auf, auch erneute Operationen waren bei ORIF häufiger. Die Studie von Al-Hamdani *et al.* (84) läuft noch, dabei handelt es sich um eine randomisierte, kontrollierte nicht-verblindete Studie, welche die Behandlung von 44 >50 Jährigen mit C2- und C3-Frakturen kontinuierlich über die Zeit bis zu zehn Jahren nachuntersuchen wird. Diese Studie sollte im Blick gehalten werden, um einen Anhaltspunkt zu gewinnen, ob EHA vielleicht künftig eine überzeugende Alternative zu ORIF oder TEA bietet.

4.4 Implikationen für Theorie und Praxis

Die Ergebnisse sind vor allem für die orthopädisch-traumatologische Abteilung des LKH-Univ. Klinikum Graz von Bedeutung, da sie zeigen, dass die funktionellen Ergebnisse nach wie vor zufriedenstellend sind und somit weiterhin an der ORIF-Therapie als Primäroption, für die Versorgung von distalen Humerusfrakturen, festgehalten werden kann. Jedoch

sollte kritisch hinterfragt werden, welche Gründe die Verschlechterung der aktuellen Serie im Vergleich zu den Vorserien haben könnte und es sollte überprüft werden, ob sich der Trend in der Folgeserie fortsetzt. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Operation möglichst innerhalb von 24 h durchgeführt wird und eine zeitnahe und regelmäßige postoperative Beübung des Gelenks erfolgt. Bei älteren Patient*innen sollte in jedem Fall die alternative Versorgung mit TEA in Erwägung gezogen werden.

4.5 Kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode

Die Studie bietet, aufgrund der kleinen Patientenpopulation und des retrospektiven Studienaufbaus, bei welchem lediglich ein einzelnes operatives Verfahren an einem Haus, ohne Vergleich mit einer Kontrollgruppe untersucht wird, nur eine eingeschränkte Aussagekraft. 21 % der Studienpopulation war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits verstorben, weitere 41 % konnten nicht für die Studie gewonnen werden. Schlussendlich nahmen nur 38 % an der Nachbeobachtung teil, davon kamen etwa $\frac{3}{4}$ für eine persönliche Nachuntersuchung in die orthopädische Ambulanz des LKH-Univ. Klinikum Graz. Dass viele nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen wollten, liegt zum Teil daran, dass das LKH-Univ. Klinikum Graz ein großes Einzugsgebiet hat und vielen der zeitliche Aufwand, die Anfahrtszeit und die damit verbundenen Kosten zu hoch waren. Diese Tatsache der unfreiwilligen Selektion führt zu einem Selektionsbias. Möglicherweise hätte dem, mittels einer Aufwandsentschädigung, entgegen gewirkt werden können. Das generell in einem Jahrzehnt gerade einmal 56 Patient*innen für die Studie in Frage gekommen sind zeigt, wie selten die distale Humerus-C-Fraktur ist. Selbst wenn alle zur Nachuntersuchung gekommen wären, wäre die Population dennoch gering gewesen. Wie bereits erwähnt ist die Aussagekraft des qDASH-Score Ergebnisse bei der Interpretation eingeschränkt, da es für diesen Score irrelevant ist, ob die alltäglichen Fertigkeiten mit der operierten oder nicht operierten Hand durchgeführt werden und nicht bekannt ist, ob sich die Patient*innen dessen beim Ausfüllen des Fragebogens bewusst waren, oder ob sie es automatisch auf die operierte Seite bezogen haben. Die Aussage von Werten, wie der Kraftmessung, des SF-36 Scores oder der Varus-Valgusstellung, ist eingeschränkt nutzbar, da diese Werte in vergleichbaren Studien nicht

erhoben wurden. Eine interpretierende Aussage lässt sich erst beim Vergleich mit der Folgeserie treffen, falls diese Werte dann erneut gemessen werden.

Positiv hervorzuheben ist an unserer Studie die ausgeglichene Geschlechterverteilung und die lange Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich neun Jahren.

4.6 Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten

Es ist schwierig anhand einer retrospektiven Studie mit nur 21 nachuntersuchten Teilnehmer*innen, in welcher nur ein Verfahren betrachtet wird, eine eindeutige Aussage zu treffen. Möchte man herausfinden welches Verfahren wirklich besser ist, wäre es ratsam eine aktuelle großangelegte randomisierte, kontrollierte multizentrische Vergleichsstudie durchzuführen. Dabei kann der Vergleich von ORIF mit TEA oder EHA erfolgen. Da die distale Humerusfraktur sehr selten ist, wäre beispielsweise eine Studie, die alle österreichischen Zentren einschließt und gleichen Kriterien und Standards garantiert wünschenswert. Die Studienteilnehmer*innen sollten dabei über einen Zeitraum von ca. zehn Jahren, am besten engmaschig nachbeobachtet und die Ergebnisse zentral ausgewertet werden.

4.7 Schlussfolgerungen

In dieser Studie wurden ein guter MEPS von 83,2 und ein qDASH von 23,3 ermittelt. Die Bewegungsbögen waren zufriedenstellend, jedoch geringer als in vergleichbaren aktuellen Studien. In der untersuchten Serie am LKH-Univ. Klinikum Graz, lässt sich vor allem bezogen auf den Cassebaum-Score und den Jupiter-Score eine Verschlechterung beobachten. Die Komplikations- und Reoperationsrate entsprechen denen in vergleichbaren Studien. Die Komplikationsrate war, bei Heranziehen der selben Komplikationen, ähnlich zu den Vorserien, bei Heranziehen weiterer beobachteten Komplikationen war sie jedoch deutlich schlechter. Auch wenn die Ergebnisse unter unseren Erwartungen liegen, sind wir mit dem Langzeitoutcome nach Behandlung von C-Frakturen mit ORIF, bei einer immer älter werdenden Bevölkerung, zufrieden und halten es für vertretbar, auch in Zukunft an der Plattenosteosynthese als primäre

Versorgungsoption festzuhalten. Jedoch sollte bei älteren Patient*innen immer eine TEA, zumindest als Option, in Erwägung gezogen werden.

Literaturverzeichnis

- (1) Antwerpes F. Alignment [Internet]. 2020. [letzter Zugriff am: 21.02.2024].
Verfügbar unter:
[https://flexikon.doccheck.com/de/Alignment#:~:text=Unter%20Alignment%20versteht%20man%20in,Knochen\)%20auf%20einer%20gemeinsamen%20Achse.](https://flexikon.doccheck.com/de/Alignment#:~:text=Unter%20Alignment%20versteht%20man%20in,Knochen)%20auf%20einer%20gemeinsamen%20Achse.)
- (2) Pap G. Cerclage. 2017. In: Engelhardt (Hrsg) Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie [Internet]. Springer. Verfügbar unter: [https://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=00334;00334.](https://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=00334;00334)
- (3) Pschyrembel W, Tiemann D, Schäffler A. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 269. neu bearbeitete Auflage. Berlin Boston: De Gruyter; 2023. S. 306, 805, 1651.
- (4) Braunstein V. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. 3. vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014. S. 1016-1021.
- (5) Tiemann D, Schäffler A, Pschyrembel W. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 268. neu bearbeitete Auflage. Berlin Boston: de Gruyter; 2020. S. 558, 660, 825, 1222, 1444.
- (6) WHO. International statistical classification of diseases and related health problems 10th revision [Internet]. 2019. [letzter Zugriff am: 11.04.2024]. Verfügbar unter: [https://icd.who.int/browse10/Content/statichtml/ICD10Volume2_en_2019.pdf.](https://icd.who.int/browse10/Content/statichtml/ICD10Volume2_en_2019.pdf)
- (7) Hollstein G. Krepitation im Gelenk [Internet]. 2019. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: [https://www.pschyrembel.de/Krepitation%20im%20Gelenk/B0D52.](https://www.pschyrembel.de/Krepitation%20im%20Gelenk/B0D52)
- (8) Sonntag E. Grundriß der Gesamten Chirurgie: Ein Taschenbuch für Studierende und Ärzte: Springer Berlin Heidelberg; 2013.
- (9) Venkatesh Gupta SK, Yalamanchili, R.K. Prinzip der Ligamentotaxis bei der Behandlung von Frakturen der Mittelhandknochen und Phalangen der Hand – Ein Überblick über die Techniken. Journal of Orthopaedic Surgery. 2013;Band 21 Nummer 2.

- (10) Lamed. Vessel-Loops [Internet]. 2022. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: <https://www.lamed.de/de/produkte/vessel-loops>.
- (11) Pfitzmann R. Ischämische Kontraktur [Internet]. 2020. [letzter Zugriff am: 21.02.24]. Verfügbar unter: <https://www.pschyrembel.de/Isch%C3%A4mische%20Kontraktur/K0C45>.
- (12) Breusch S, Clarius M, Mau H, Sabo D, Abel R. Klinikleitfaden Orthopädie Unfallchirurgie. 10. Auflage. München: Urban & Fischer in Elsevier; 2023.
- (13) Egol KA, Koval KJ, Zuckerman JD. Handbook of fractures. Sixth edition. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins/Wolters Kluwer; 2020. S. 30, 214-217, 221-225.
- (14) Cannada LK. Spezielle Unfallchirurgie. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2021. S. 422-445.
- (15) Körner D., Gonser C., Histing T. Spezielle Unfallchirurgie. München: Elsevier; 2017. S. 42-48.
- (16) Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Secular trends in distal humeral fractures of elderly women: Nationwide statistics in Finland between 1970 and 2007. Bone. 2010;46(5):1355-8 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.11.025>.
- (17) Aumüller G. Duale Reihe Anatomie 5. korrigierte Auflage. Stuttgart New York: Thieme; 2020. S. 455-476.
- (18) Platzer W. Taschenatlas Anatomie. 12. aktualisierte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2018. S. 132-135, 392-397.
- (19) Sobotta J. Paulsen F. Waschke J. Sobotta Lerntabellen Anatomie Muskeln, Gelenke und Nerven 2022.
- (20) Zilles K. Anatomie. Berlin: Springer; 2010.
- (21) Bodler P. Orthopädie und Unfallchirurgie für Praxis, Klinik und Facharztprüfung. Berlin: Springer; 2011. S. 575-581.

- (22) Schünke M. Prometheus LernAtlas der Anatomie Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart New York, NY: Georg Thieme Verlag; 2022. S. 290-291.
- (23) Cummings GS. Comparison of muscle to other soft tissue in limiting elbow extension. J Orthop Sports Phys Ther. 1984;5(4):170-4 DOI: 10.2519/jospt.1984.5.4.170.
- (24) Werner C, Trentz, O. Unfallchirurgie. Studienausgabe der 2. komplett überarbeiteten und erweiterten Auflage. München Jena: Elsevier, Urban & Fischer; 2008. S. 801-806, 815-816.
- (25) Benninghoff A. Taschenbuch Anatomie. 3. Auflage. München: Elsevier; 2020. S. 36, 57, 64.
- (26) Torklus D. Atlas operativer Zugangswege Orthopädie & Unfallchirurgie. 6. Aufl. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2013. S. 48, 58.
- (27) Destatis, Statistisches-Bundesamt. Klassifikationen, Verzeichnisse, Systematiken [Internet]. [letzter Zugriff am: 08.05.2024]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/textbaustein-klassifikationen.html>.
- (28) BfArM. Terminologien, Nomenklaturen und Klassifikationen [Internet]. [letzter Zugriff am: 08.05.2024]. Verfügbar unter: <https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/terminologien-nomenklaturen-klassifikationen.html>.
- (29) Baierlein S. A. Frakturklassifikationen. Stuttgart: Thieme; 2011. S. 7, 27-29.
- (30) Buckley R, Moran CG, Apivatthakakul T. AO principles of fracture management. Third edition. Stuttgart: Thieme; 2017. S. 39-50, 623-636.
- (31) Hanhoff M., Schönaich M., Voigt C., Lill H., Zettl R. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials Intensivkurs zur Weiterbildung. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2019. S. 445-449, 811.

- (32) Beller J, Maier D, Arand M, Geyer T. Behandlungsstrategie bei distalen Humerusfrakturen. Trauma und Berufskrankheit. 2010;12(3):273-8 DOI: 10.1007/s10039-010-1602-2.
- (33) Berger A, Schmit-Neuerburg K P, Henkel R, Gruber P, Towfigh H, Letsch R, et al. Tscherne Unfallchirurgie: Teil 1: Ellenbogen, Unterarm: Springer Berlin Heidelberg; 2001. S. 11-36.
- (34) Müller-Mai C. Frakturen Klassifikation und Behandlungsindikation. Berlin u.a.: Springer; 2010. S. 41-53.
- (35) Rehm J, Weber M.-A., Zeifang F. Kompendium orthopädische Bildgebung das Wesentliche aus orthopädischer und radiologischer Sicht. Berlin: Springer; 2017. S. 105-106.
- (36) Hellerhoff. Fat pad sign [Internet]. 2015. [letzter Zugriff am. Verfügbar unter: https://wikem.org/wiki/Elbow_x-ray.
- (37) Ruchholtz S, Wirtz DC. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials Intensivkurs zur Weiterbildung. 2. vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2013.
- (38) Elsen A. Orthopädie und Unfallchirurgie für Studium und Praxis inkl. Rheumatologie und Sportmedizin : unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges und der mündlichen Examina in den Ärztlichen Prüfungen. 5. Auflage. Breisach: Medizinische Verlags- und Informationsdienste; 2022. S. 204-205.
- (39) Mutschler W, Wirth C.-J. Komplikationen Kompakt: Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart, New York: Thieme; 2016. S. 89-98, 106-107, 211-212.
- (40) Wirth C-J. Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie vermeiden - erkennen - behandeln. Stuttgart: Thieme; 2010. S. 228-232.
- (41) Hoyer H, Lambert S, Phadnis J. Transolecranon approach to the distal humerus [Internet]. 2021. [letzter Zugriff am: 06.03.2023]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/distal-humerus/approach/transolecranon-approach#skin-incision>.

- (42) Hoyen H, Lambert S, Phadnis J. 1. Tension band principles [Internet]. 2021. [letzter Zugriff am: 06.03.2023]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/distal-humerus/basic-technique/tension-band-fixation-of-olecranon-osteotomy#tension-band-principles>.
- (43) Colton C., Orson J. Schrauben—Form und Funktion [Internet]. [letzter Zugriff am: 09.05.2024]. Verfügbar unter: https://media.aofoundation.org/trauma/-/media/project/aocd/aotrauma/documents/competency-based-education/handout_screws_german_high.pdf?rev=a060904606174f7a85c8a9a959f99fc2.
- (44) Hoyen H, Lambert S, Phadnis J. ORIF - Plate fixation [Internet]. 2021. [letzter Zugriff am: 07.03.2023]. Verfügbar unter: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/distal-humerus/complete-articular-simple-articular-fragmentary-metaphyseal/orif-plate-fixation#supracondylar-reduction-and-fixation>.
- (45) Wagner M, Frigg R. Locking Compression Plate (LCP): Ein neuer AO-Standard. Op-journal. 2000;16:238-43 DOI: 10.1055/s-2007-977512.
- (46) Marquaß B. Ellenbogenprothesen: Prothesenmodelle, Operation und Prognose [Internet]. [letzter Zugriff am: 23.02.2024]. Verfügbar unter: <https://gelenk-klinik.de/ellenbogen-operation/ellenbogenprothesen-prothesenmodelle-operation-und-prognose.html>.
- (47) Becker L, Schmidt-Horlohé K, Hoffmann R. Endoprothetische Versorgung nach distalen Humerusfrakturen. OP-Journal. 2012;28(01):14-8 DOI: 10.1055/s-0032-1314940.
- (48) Lars Becker KS-H, Reinhard Hoffmann. Endoprothetische Versorgung nach distalen Humerusfrakturen. OP-JOURNAL 1/2012. 2012 DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1314940>.
- (49) Großner T, Schmidmaier G. Konservative Therapieoptionen der Pseudarthrosen. Der Unfallchirurg. 2020;123(9):705-10 DOI: 10.1007/s00113-020-00851-1.

- (50) Gambrah-Lyles C. Nerve Damage [Internet]. 2023. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: <https://www.buoyhealth.com/learn/de/nerve-damage>.
- (51) Gautschi OP, Cadosch D, Bauer S, Filgueira L, Zellweger R. Heterotope Ossifikation. *Der Unfallchirurg*. 2008;111(7):523-34 DOI: 10.1007/s00113-008-1475-z.
- (52) Yaseen K. Arthrose (OA) [Internet]. 2022. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: <https://www.msmanuals.com/de/heim/knochen-,gelenk-und-muskelerkrankungen/gelenkerkrankungen/osteoarthrose-oa>.
- (53) Glagau N. Stadien der Arthrose [Internet]. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: <https://www.gelenke-brauchen-mehr.de/arthrose/arthrorestadien>.
- (54) Amazon. Digitale Gepäckwaage Akku Digitale Kofferwaage Hängewaage Digital 50kg Reisewaage Koffer mit Digitalanzeige Hintergrundbeleuchtung Display Tare Schwarz Enthält keine Batterie [Internet]. [letzter Zugriff am: 05.03.2024]. Verfügbar unter:
https://www.amazon.de/gp/product/B09D8LR9X7/ref=ppx_yo_dt_b_search_asin_image?ie=UTF8&psc=1.
- (55) Cassebaum WH. Open reduction of T & Y fractures of the lower end of the humerus. *J Trauma*. 1969;9(11):915-25 DOI: 10.1097/00005373-196911000-00002.
- (56) Papen A, Schöttker-Königer T, Schäfer A, Morrison F, Hollinger B, Burkhart KJ, et al. Reliability, validity and critical appraisal of the cross-cultural adapted German version of the Mayo Elbow Performance Score (MEPS-G). *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2022;17(1):328 DOI: 10.1186/s13018-022-03210-5.
- (57) Martin G. Nachuntersuchung von operativ behandelten supradiakondylären OA-Frakturen (AO13 C1-3) im Zeitraum 1999 - 2008 Medizinische Universität Graz; 2010.
- (58) Longo UG, Franceschi F, Loppini M, Maffulli N, Denaro V. Rating systems for evaluation of the elbow. *British Medical Bulletin*. 2008;87(1):131-61 DOI: 10.1093/bmb/ldn023.

- (59) OrthoToolKit. SF-36 [Internet]. [letzter Zugriff am: 21.02.2024]. Verfügbar unter: <https://orthotoolkit.com/sf-36/>.
- (60) Wirtschaftskammer, Österreich. Österreichs Außenhandel [Internet]. 2023. [letzter Zugriff am: 25.05.2024]. Verfügbar unter: <https://wko.at/statistik/Extranet/Langzeit/Lang-Lebenserwartung.pdf>.
- (61) Schlichting H, Gelhaus M, Nüßlein F. Herausforderung Schmerzen bei Menschen mit geistiger und Komplexer Behinderung: ein Praxisbuch: Lebenshilfe-Verlag; 2023.
- (62) Jong Seok B, Sung Hyun L, Kang HT, Song TH, Kim JW. Comparison of open reduction and internal fixation with total elbow arthroplasty for intra-articular distal humeral fractures in older age: a retrospective study. *Clin Shoulder Elbow*. 2020;23(2):94-9 DOI: 10.5397/cise.2020.00052.
- (63) Lopiz Y, Garríguez-Pérez D, García-Fernández C, Del Baño L, Galán-Olleros M, Marco F. Complex fractures of the distal humerus in the elderly: primary total elbow arthroplasty or open reduction and internal fixation? Mid-term follow-up. *Int Orthop*. 2021;45(8):2103-10 DOI: 10.1007/s00264-021-05027-z.
- (64) Shannon SF, Wagner ER, Houdek MT, Mascarenhas D, Pensy RA, Eglseder WA. Osteosynthesis of AO/OTA 13-C3 distal humeral fractures in patients older than 70 years. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(2):291-7 DOI: 10.1016/j.jse.2017.09.012.
- (65) Al-Hamdani A, Rasmussen JV, Olsen BS. Good functional outcomes after open reduction and internal fixation for AO/OTA type 13-C2 and -C3 acute distal humeral fractures in patients aged over 45 years. *J Shoulder Elbow Surg*. 2022;31(1):143-50 DOI: 10.1016/j.jse.2021.07.024.
- (66) Kervinen KV, Salmela MT, Lähdeoja TA. Outcomes of AO/OTA C-type fractures of the distal humerus after open reduction and internal fixation with locking plate constructs in patients at least 65 years old. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):523 DOI: 10.1186/s12891-022-05431-5.
- (67) Patel J, Motwani G, Shah H, Daveshwar R. Outcome after internal fixation of intraarticular distal humerus (AO type B & C) fractures: Preliminary results with

anatomical distal humerus LCP system. *J Clin Orthop Trauma*. 2017;8(1):63-7 DOI: 10.1016/j.jcot.2017.02.004.

(68) Moursy M, Wegmann K, Wichlas F, Tauber M. Distal humerus fracture in patients over 70 years of age: results of open reduction and internal fixation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(1):157-64 DOI: 10.1007/s00402-020-03664-4.

(69) Rosenlund AN, Søreide E, Madsen JE, Flugsrud GB, Douglass BW, Midtgaard KS. Outcomes and complications after open reduction and internal fixation of distal humeral fractures with precontoured locking plates. *OTA Int*. 2022;5(4):e220 DOI: 10.1097/oi9.0000000000000220.

(70) Kim DH, Kim BS, Baek CS, Cho CH. Primary Total Elbow Replacement for Treatment of Complex Distal Humerus Fracture: Outcomes of Short-term Follow-up. *Clin Shoulder Elb*. 2020;23(1):20-6 DOI: 10.5397/cise.2020.00045.

(71) Prasad N, Ali A, Stanley D. Total elbow arthroplasty for non-rheumatoid patients with a fracture of the distal humerus: a minimum ten-year follow-up. *Bone Joint J*. 2016;98-b(3):381-6 DOI: 10.1302/0301-620x.98b3.35508.

(72) McKee MD, Veillette CJ, Hall JA, Schemitsch EH, Wild LM, McCormack R, et al. 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. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18(1):3-12 DOI: 10.1016/j.jse.2008.06.005.

(73) Ellwein A, Lill H, Voigt C, Wirtz P, Jensen G, Katthagen JC. Arthroplasty compared to internal fixation by locking plate osteosynthesis in comminuted fractures of the distal humerus. *Int Orthop*. 2015;39(4):747-54 DOI: 10.1007/s00264-014-2635-0.

(74) Galal S, Mattar Y, Solyman AME, Ezzat M. Locking versus non-locking plates in fixation of extra-articular distal humerus fracture: a randomized controlled study. *Int Orthop*. 2020;44(12):2761-7 DOI: 10.1007/s00264-020-04770-z.

(75) Berkes M, Garrigues G, Solic J, Van Zeeland N, Shourbaji N, Brouwer K, et al. Locking and Non-locking Constructs Achieve Similar Radiographic and Clinical

Outcomes for Internal Fixation of Intra-articular Distal Humerus Fractures. *Hss j.* 2011;7(3):244-50 DOI: 10.1007/s11420-011-9219-y.

(76) Han SH, Park JS, Baek JH, Kim S, Ku KH. Complications associated with open reduction and internal fixation for adult distal humerus fractures: a multicenter retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):399 DOI: 10.1186/s13018-022-03292-1.

(77) Kamineni S, Morrey BF. Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(5):940-7 DOI: 10.2106/00004623-200405000-00009.

(78) Strelzow JA, Frank T, Athwal GS, Faber KJ, King GJW. Results of Linked Convertible Total Elbow Arthroplasty for the Management of Distal Humeral Fractures in the Elderly. *J Hand Surg Am.* 2021;46(5):396-402 DOI: 10.1016/j.jhsa.2020.10.034.

(79) Logli AL, Shannon SF, Boe CC, Morrey ME, O'Driscoll SW, Sanchez-Sotelo J. Total Elbow Arthroplasty for Distal Humerus Fractures Provided Similar Outcomes When Performed as a Primary Procedure or After Failed Internal Fixation. *J Orthop Trauma.* 2020;34(2):95-101 DOI: 10.1097/bot.0000000000001631.

(80) Nestorson J, Ekholm C, Etzner M, Adolfsson L. Hemiarthroplasty for irreparable distal humeral fractures: medium-term follow-up of 42 patients. *Bone Joint J.* 2015;97-b(10):1377-84 DOI: 10.1302/0301-620x.97b10.35421.

(81) Al-Hamdani A, Rasmussen JV, Sørensen AKB, Ovesen J, Holtz K, Brorson S, et al. Good outcome after elbow hemiarthroplasty in active patients with an acute intra-articular distal humeral fracture. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2019;28(5):925-30 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.10.018>.

(82) Phadnis J, Banerjee S, Watts AC, Little N, Hearnden A, Patel VR. Elbow hemiarthroplasty using a “triceps-on” approach for the management of acute distal humeral fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2015;24(8):1178-86 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.04.010>.

- (83) Dirckx M, Tathgar A, Bellringer S, Phadnis J. Hemiarthroplasty versus open reduction internal fixation for intra-articular distal humerus fractures in older patients. *Shoulder Elbow*. 2023;15(1):83-92 DOI: 10.1177/17585732221093004.
- (84) Al-Hamdani A, Rasmussen JV, Holtz K, Olsen BS. Elbow hemiarthroplasty versus open reduction and internal fixation for AO/OTA type 13 C2 and C3 fractures of distal humerus in patients aged 50 years or above: a randomized controlled trial. *Trials*. 2020;21(1):497 DOI: 10.1186/s13063-020-04418-8.
- (85) Dressler A. Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36) [Internet]. 2017. [letzter Zugriff am: 04.11.2023]. Verfügbar unter: <https://docplayer.org/21490249-Fragebogen-zum-gesundheitszustand-sf-36.html>.

Anhang

Anhang 1: Allgemeiner Fragebogen.....	II
Anhang 2: Untersuchungsbogen.....	III
Anhang 3: Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF 36)	IV

Anhang 1: Allgemeiner Fragebogen

Allgemeiner Fragebogen

Name Vorname Geburtsdatum
Geschlecht: m w d

Beruf vor OP
Beruf nach OP

Mussten Sie aufgrund der OP Ihren Beruf wechseln? Ja Nein
Haben Sie nach OP eine Eingliederung benötigt? Ja Nein
Wenn Ja wie lange dauerte diese?

Mussten Sie Ihre Arbeitszeiten reduzieren? Ja Nein
Wenn Ja auf wie viel Prozent?

Mussten Sie eines Ihrer Hobbys aufgrund der OP aufgeben? Ja Nein
Wenn Ja welches?

Hatten Sie nach der OP Schmerzen? schmerzfrei leicht mittelstark stark

Haben Sie noch Schmerzen? schmerzfrei bei Belastung Wetter Immer

Hat es Komplikationen gegeben? Ja Nein
Hat es Wundheilungsstörungen gegeben? Ja Nein
Mussten Sie erneut operiert werden? Ja Nein
Wenn ja aus welchem Grund?

Wurde Ihre Selbstständigkeit aufgrund der OP eingeschränkt? Ja Nein

Waren Sie zufrieden mit dem Heilungsverlauf? Ja Nein
Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis in Bezug auf ...
Funktionalität 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Optik 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Haben Sie nach OP eine physiotherapeutische Behandlung erhalten? Ja Nein
Sind Sie immer noch in Behandlung (Physiologie /Orthopäde)? Ja Nein

Anhang 2: Untersuchungsbogen

Untersuchungsbogen

Name:

Cassebaum- Score

Bewegung Ellenbogen

	links	rechts
<u>Flexion (in °)</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>Extension (in °)</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Gesamtwertung
<input type="text"/>

Mayo Elbow Performance Score

Schmerzen

- keine
- Schwache
- Moderate
- Starke

Stabilität

- Stabil
- Moderate Instabilität
- schwerwiegende Instabilität

Bewegungsumfang

- >100°
- 50-100°
- <50°

alltägliche Funktionen

- Haare kämmen
- Eigenständig essen
- Körperhygiene
- Hemd anziehen
- Schuhe anziehen

Gesamtwertung
<input type="text"/>

Jupiter Score

(Flexion + Extension siehe oben)

Schmerzen

- keine
- leichte
- bei Bewegung
- wechselhaft/ kommen und gehen

körperliche Einschränkung/ (Behinderung)

- keine
- geringe
- moderate
- schwere

Gesamtwertung
<input type="text"/>

	links	rechts
<u>Supination</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>Pronation</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	links	rechts
<u>Varus</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>Valgus</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Quick DASH-Score

	keine Schw.	geringe	mäßige	erhebliche	nicht möglich
festverschlossenes/neues Glas öffnen	1	2	3	4	5
schwere Hausarbeit (z.B. Boden putzen)	1	2	3	4	5
Einkaufstasche/ Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
eigenen Rücken waschen	1	2	3	4	5
Lebensmittel mit Messer schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten mit Druck/Stoß auf Ellb. (Golf/Tennis/Hämmern etc.)	1	2	3	4	5
Schlafstörung durch Ellenbogen l.W.	1	2	3	4	5
Beeinträchtigung der sozialen Aktivitäten *l.W: (mit Freunden/Familie/Nachbarn treffen)	1	2	3	4	5
l.W. in Arbeit oder tägl. Aktivitäten eingeschränkt?	1	2	3	4	5
Ellenbogenschmerzen	keine	leicht	mäßig	stark	sehr stark
Schmerzen	1	2	3	4	5
Kribbeln	1	2	3	4	5

beantwortete Fragen

Quick-DASH-Score

*l.W. = letzte Woche

Anhang 3: Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36) (85)



Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf

Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36)

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ausgezeichnet..... 1
- Sehr gut..... 2
- Gut..... 3
- Weniger gut..... 4
- Schlecht..... 5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Derzeit viel besser als vor einem Jahr..... 1
- Derzeit etwas besser als vor einem Jahr..... 2
- Etwa so wie vor einem Jahr..... 3
- Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr..... 4
- Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr..... 5

3. Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

TÄTIGKEITEN	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e. einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich mußte mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten) ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1
 Etwas..... 2
 Mäßig..... 3
 Ziemlich..... 4
 Sehr..... 5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ich hatte keine Schmerzen..... 1
 Sehr leicht 2
 Leicht..... 3
 Mäßig..... 4
 Stark..... 5
 Sehr stark..... 6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1
 Ein bißchen..... 2
 Mäßig..... 3
 Ziemlich..... 4
 Sehr..... 5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

BEFINDEN	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manch-Mal	Selten	Nie
a. ...voller Schwung	1	2	3	4	5	6
b. ...sehr nervös	1	2	3	4	5	6
c. ...so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte ?	1	2	3	4	5	6
d. ...ruhig und gelassen	1	2	3	4	5	6
e. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f. ...entmutigt und traurig	1	2	3	4	5	6
g. ...erschöpft	1	2	3	4	5	6
h. ... glücklich	1	2	3	4	5	6
i. ...müde	1	2	3	4	5	6

9. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Immer..... 1
 Meistens..... 2
 Manchmal..... 3
 Selten..... 4
 Nie..... 5

10. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

AUSSAGEN	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

11. Wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben ?

sehr gut o gut o mittelmäßig o schlecht o sehr schlecht o