

Diplomarbeit

**Minimal invasive Plattenosteosynthese bei
Oberarmschaftfrakturen**

eingereicht von

Gregor Alfred Krassnitzer

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Unfallkrankenhaus Klagenfurt

unter der Anleitung von

Prim. Univ.-Prof. Dr. Nikolaus Schwarz

Ort, Datum (Unterschrift)

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, am

Unterschrift
Gregor Krassnitzer

Danksagungen

Ich möchte auf diesem Weg Prim. Univ. Prof. Dr. Nikolaus Schwarz für die Betreuung meiner Arbeit und seinen Einsatz danken.

Des Weiteren möchte ich Prim. Univ. Prof. Mag. Dr. Franz Josef Seibert danken, der sich als interner Betreuer zu Verfügung gestellt hat.

Ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich während des Studiums immer unterstützte und für mich da war.

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema der minimal invasiven Plattenosteosynthese, kurz MIPO genannt. Zu diesem Zweck wurde im Unfallkrankenhaus Klagenfurt an 47 Patienten eine prospektive Level IV Studie durchgeführt. Die Patientengruppe setzte sich aus 34 Frauen und 13 Männern zusammen. Das Durchschnittsalter betrug 63 Jahre. Die Frakturen wurden nach der A/O-Klassifikation eingeteilt. Es wurden 17 Frakturen des Typ C, 15 des Typ B und 15 des Typ A behandelt. Es wurden je nach Frakturform Locking Compression Plates (LCP) 4,5 oder PHILOS-Platten verwendet. Der durchschnittliche Nachbehandlungszeitraum erstreckte sich über 25 Monate. Es wurden der Bewegungsumfang des Schulter- und Ellbogengelenkes erfasst, und zusätzlich wurde der Heilungsverlauf radiologisch dokumentiert. Abschließend wurde bei 37 Patienten der relative Constant-Murley-Score erhoben und bei 21 Patienten zusätzlich der DASH-Score erfasst. Der durchschnittliche relative Constant-Murley-Score liegt bei 90%, und der Durchschnitt des DASH-Score beträgt 22,5 Punkte. Bei 5 Patienten wurde eine Störung der Frakturheilung festgestellt, wobei eine Pseudoarthrose durch eine Marknagelung zur Ausheilung gebracht wurde. Alle Patienten erlangten eine zufriedenstellende Funktionsfähigkeit der Extremität, außer einer Patientin, die zusätzlich an Polyarthritits und an Insultfolgen leidet. Es wurden keine Verletzungen des N.radialis oder des N.axillaris beobachtet.

Abstract

The topic of this work is the minimal invasive plate osteosynthesis (MIPO). For this purpose a prospective level IV study with 47 patients was made in the casualty hospital of Klagenfurt. Of these 47 patients were 34 females and 13 males. The median age was 63 years. The fractures were divided in the A/O-Classification. 17 fractures of type C, 15 of type B and 15 of type A were treated with the MIPO-technique. According to the kind of fracture Locking Compression Plates (LCP) 4,5 or PHILOS-plates were used. The median follow up was 25 months. It was reported the motion of the shoulder- and elbow-joint, and also an x-ray was made to document the bone healing process. At last the relative constant-murley-score was inquired in 37 cases, and in 21 cases the DASH-score was additional recorded. The average value of the relative constant-murley-score is 90%, and the median of the DASH-score is 22,5 points. In 5 cases a failure were seen in the bone healing process. One pseudoarthrosis was treated and healed by intramedullary nailing. All patients recovered a good range of motion, except one patient, who suffers from poly-arthritis and the consequences of a cerebral haemorrhage. There were no iatrogenic injuries of the radial or axillary nerve.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
2. TOPOGRAPHIE DES OPERATIONSGBIETES	3
2.1. NERVEN	3
2.1.1. NERVUS MUSCULOCUTANEUS	3
2.1.2. NERVUS AXILLARIS	3
2.1.3. NERVUS RADIALIS	3
2.1.4. NERVUS ULNARIS	4
2.1.5. NERVUS MEDIALIS	5
2.2. MUSKELN	6
2.2.1. MUSCULUS DELTOIDEUS	6
2.2.2. MUSCULUS BICEPS BRACHII	6
2.2.3. MUSCULUS BRACHIALIS	7
2.2.4. MUSCULUS CORACOBRACHIALIS	7
2.2.5. M. SUPRASPINATUS	7
2.2.6. M. INFRASPINATUS	7
2.2.7. M. SUBSCAPULARIS	7
2.2.8. M. TERES MINOR	8
2.2.9. M. PECTORALIS MAJOR	8
2.2.10. M. TRICEPS BRACHII	8
2.2.11. MUSCULUS LATISSIMUS DORSI	9
2.2.12. MUSCULUS TERES MAJOR	9
2.3. BLUTVERSORGUNG	9
2.3.1. ARTERIA SUBCLAVIA	9
2.3.2. ARTERIA AXILLARIS	10
2.3.3. ARTERIA BRACHIALIS	10
2.3.4. VENA CEPHALICA	11
2.3.5. VENA BASILICA	11
2.3.6. VENA MEDIANA ANTEBRACHII	11

3. MATERIAL UND METHODIK	12
3.1. STUDIENLEVEL	12
3.2. DEFINITIONEN	12
3.3. PATIENTENAUSWAHL	13
3.4. PATIENTENDATEN	14
3.5. PLATTENWAHL	15
3.6. FRAKTURKLASSIFIKATION	15
3.7. OPERATIONSMETHODIK	15
3.8. IMPLANTATE	19
3.9. BIOLOGISCHE OSTEOSYNTHESE	20
3.10. NACHUNTERSUCHUNG	21
3.11. MESSUNG DER BEWEGLICHKEIT	21
3.12. CONSTANT-MURLEY-SCORE	22
3.13. DASH SCORE (DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER, AND HAND)	23
4. ERGEBNISSE	26
4.1. OPERATIONSINDIKATION	26
4.2. OPERATIONSDAUER	27
4.3. OPERATEURE	27
4.4. BEOBACHTUNGSZEITRAUM	27
4.5. IMPLANTATE	27
4.6. FRAKTURHEILUNG	27
4.7. REOPERATIONEN	29
4.8. KLINISCHE ERGEBNISSE	30
4.8.1. CONSTANT-MURLEY-SCORE	31
4.8.2. DASH-SCORE	31
6. DISKUSSION	33
6.1. MIPO UND PSEUDOARTHROSE	34
6.2. MIPO UND RADIALIS	36
6.3. KLINISCHE RESULTATE	39
7. LITERATURVERZEICHNIS	42

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: ventrale Ansicht Humerus (Bauer et al)	2
Abbildung 2: LCP- und PHILOS.Platte (Synthes)	13
Abbildung 3: AO-Frakturklassifikation (Müller et al.)	14
Abbildung 4: Operationszugang	15
Abbildung 5: Präparation des Tunnels	16
Abbildung 6: distaler Zugang	16
Abbildung 7: M.brachialis mit N.cutaneus antebrachii radialis	17
Abbildung 8: Einschieben der Platte mit Haltegerät	18
Abbildung 9: A-Fraktur, vor Operation und 3 Tage danach	19
Abbildung 10: B-Fraktur, versorgt mit PHILOS-Platte 10 Monate später	20
Abbildung 11: 88-jährige Patientin 10 Monate nach Operation	22
Abbildung 12: komplexe Fraktur mit Ausläufern in den subkapitalen Bereich + Dislokation	26
Abbildung 13: teilweise Frakturheilung, spärliche Callusbildung	28
Abbildung 14: Verschiebung des distalen Fragmentes	29
Abbildung 15: 88-jährige Patientin	33
Abbildung 16: A-Fraktur versorgt mit verdrehter Platte	36
Abbildung 17: Fraktur achsengerecht verheilt	40
Abbildung 18: Fraktur reicht vom subkapitalen Bereich bis Diaphysemitte	41

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Maximalpunktezah für die einzelnen Kategorien	22
Tabelle 2: Alters- und Geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score nach Gerber	23
Tabelle 3: Wertung des Constant-Murley-Score	23
Tabelle 4: Patientenübersicht	32

1. EINLEITUNG

Die operative Behandlung von Brüchen des Oberarmschaftes kann entweder durch Marknagelung oder durch offene Verplattung erfolgen. Die offene Bruchereinrichtung und Plattenosteosynthese benötigt einen relativ ausgedehnten Zugang mit entsprechender Schädigung der Weichteile. Der klassische Zugang erfolgt an der Lateralseite des Oberarmes, die Freilegung des Nervus radialis ist dabei obligat. Allein diese Präparation verursacht eine Schädigung des Nervens in 10% der Fälle.¹ In den meisten Fällen stellt sich die Funktion des Nervus radialis wieder ein, allerdings oft erst im Laufe von Monaten.

Die Platte wird zwangsläufig unter den Nerven positioniert. Ist eine weitere Operation etwa wegen ausbleibender Frakturheilung erforderlich, muss der Nerv, nunmehr unter deutlich erschwerten Bedingungen, erneut frei präpariert werden.

Während theoretisch fast alle Frakturen und auch solche mit Beteiligung der metaphysären Bereiche durch Verplattung behandelt werden können, ist die Indikationsbreite der Marknagelung auf Brüche im Schaftbereich beschränkt.² Die Marknagelung ist eine perkutane Methode mit relativ geringem Weichteiltrauma. Radialisschädigungen sind allerdings auch bei der Marknagelung nicht auszuschließen. Hingegen sind Beeinträchtigungen von Schulter- oder Ellbogengelenk eine typische Komplikation der Marknagelung, während solche bei der Plattenosteosynthese nicht zu erwarten sind.³

Das gegenüber der Marknagelung weitere Indikationsspektrum der Verplattung wird durch den großen Zugang und die Probleme mit dem Nervus radialis wieder relativiert. Der dorsale Zugang hat in Schaftmitte ebenfalls wegen des Nervus radialis keine Vorteile gegenüber dem radialen Zugang; der mediale Zugang ist wegen der Gefäße und Nerven nicht standardmäßig zu verwenden.

Interessanterweise beschränkt sich die rekonstruktive Chirurgie auf den lateralen, radialen Zugang zur Humerusdiaphyse. Der vordere Zugang wurde bisher nahezu völlig ignoriert und wird am ehesten in der Tumorchirurgie benützt. Es finden sich hier jedoch weder große Gefäße noch Nerven und der gesamte Humerusschaft kann risikoarm freigelegt werden (Abb.1). „The only totally safe region is the anterior aspect of the humerus.“⁴ Dieser ventrale Zugang wurde von Henry angegeben.⁵ Er wurde in jüngerer Zeit zur Osteosynthese von Humerusfrakturen

bei Polytrauma⁶ sowie zur Versorgung von Pseudarthrosen benutzt.⁷

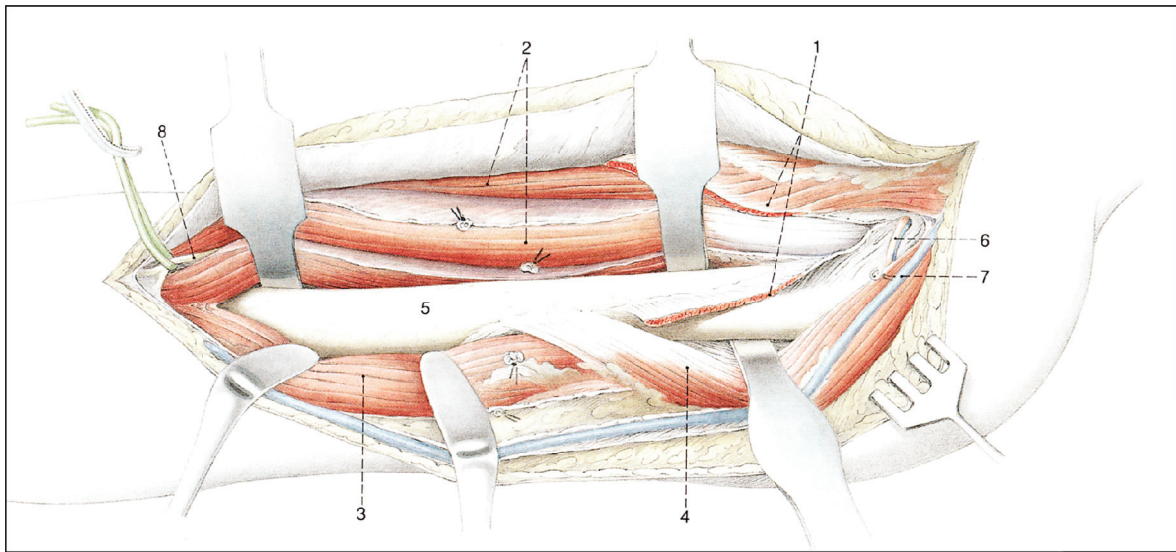


Abbildung 1: ventrale Ansicht Humerus

Weil die Ventralseite des Humerusschaftes keine empfindlichen anatomischen Strukturen aufweist und lediglich der derbere Ansatz des Musculus deltoideus mit Fasern zum lateralen Teil des Musculus brachialis zu überwinden ist, um vom Raum unterhalb des Musculus deltoideus unter den Musculus brachialis und damit vom Humeruskopf bis nahe an den Ellbogen zu gelangen, ist ein Durchschieben einer Osteosyntheseplatte risikoarm möglich.⁸ Die Vorteile der Plattenosteosynthese können hier mit den Vorteilen der minimal invasiven Osteosynthese (MIPO) kombiniert werden.

Dell'Oca hat offenbar als Erster über die ventrale Humerusverplattung in der MIPO-Technik berichtet. Die ersten klinischen Serien von vier bzw 15 Patienten wurden 2004 in Thailand (2004) sowie von Livani et al¹⁰ (2004) in Brasilien publiziert. Insgesamt wurden in der zugänglichen Literatur 255 Patienten veröffentlicht. (Livani¹⁰, Lopez¹¹, Zhiquan¹², Jiang¹³, Kobayashi¹⁴, Sahetty¹⁵ und Pospula¹⁶) Ausgehend von Situationen operationsbedürftiger Frakturen, bei denen weder eine Marknagelung noch eine Verplattung komplikationsarm durchführbar erschienen, wurde eine Serie von Patienten mit Oberarmfrakturen durch perkutane ventrale Verplattung versorgt. Die Fragestellung war erstens die Machbarkeit einer minimal invasiven ventralen Plattenosteosynthese und zweitens das Resultat an einer Patientenserie. Technik und Resultate werden vorgestellt.

Von dieser im folgendem bearbeiteten Serie von 47 Patienten wurden 10 Patienten in einer früheren Publikation von Prof.-Univ. Dr. Schwarz¹⁷ veröffentlicht.

2. Topographie des Operationsgebietes

2.1. Nerven

2.1.1. Nervus musculocutaneus

Der N.musculocutaneus verlässt als gemischter Nerv, das heisst mit motorischen und sensiblen Ästen, den Fasciculus lateralis des Plexus brachialis in Höhe des lateralen Randes des Musculus pectoralis minor und tritt nach kurzem Verlauf durch den Musculus coracobrachialis hindurch. Danach verläuft der Nerv zwischen dem Musculus biceps brachii und dem Musculus brachialis bis zur Ellenbeuge und versorgt mit seinem sensiblen Endast die Haut an der Radialseite des Unterarms.^{18,19}

Motorische Innervation: M.coracobrachialis, M.biceps brachii und M.brachialis.

Sensible Äste: N.cutaneus antebrachii lateralis und die Rami articulares (vorderer Anteil der Gelenkkapsel des Ellbogengelenkes).

2.1.2. Nervus axillaris

Der N.axillaris verlässt als gemischter Nerv den Fasciculus posterior und verläuft in der Tiefe der Achselhöhle direkt unter dem Schultergelenk nach dorsal, um durch die laterale Achsellücke sowie entlang des Collum chirurgicum auf die Hinterseite des proximalen Humerus zu gelangen. Mit seinem sensiblen Endast innerviert er die Haut über dem M.deltoideus.^{18,19}

Motorische Innervation: M.deltoideus und M.teres minor

Sensibler Ast: N.cutaneus brachii lateralis superior

2.1.3. Nervus radialis

Der N.radialis stellt die unmittelbare Fortsetzung des Fasciculus posterior dar und verläuft in Begleitung der Arteria profunda brachii im Sulcus n.radialis schraubenförmig um die Rückseite des Humerus. Nach seinem Durchtritt durch das Septum intermusculare laterale etwa 10cm proximal des Epicondylus humeri

radialis zieht der N.radialis zwischen dem M.brachoradialis und dem M.brachialis nach distal in die Ellenbeuge, wo er sich in den R.profundus und den R.superficialis aufteilt. Der R.profundus durchdringt den M.supinator zwischen seinem oberflächlichen und seinem tiefen Teil (Supinatorkanal) und zieht als dünner N.interosseus (antebrachii) posterior weiter zum Handgelenk. Der R.superficialis verläuft weiter am Unterarm zusammen mit der A.radialis entlang des M.brachioradialis, gelangt im unteren Drittel zwischen Radius und M.brachioradialis auf die Streckseite und endet als sensibler Hautast auf dem radialen Handrücken sowie den dorsalen Rändern der radialen 2 ½ Finger.^{18,19}

Motorische Innervation:

- Rr.musculares: M.triceps brachii, M.anconeus, M.brachioradialis, M.extensor carpi radialis longus und M.extensor carpi radialis brevis.
- N.interosseus posterior: M.supinator, M.extensor digitorum, M.extensor digiti mini, M.extensor carpi ulnaris, M.extensor pollicis longus, M.extensor pollicis brevis, M.extensor indicis und M.abductor pollicis longus.

Sensible Äste:

- Rr. articulares (aus dem N.radialis): Gelenkkapsel des Schultergelenkes
- Rr. articulares (aus dem N.interosseus posterior): Gelenkkapsel des Handgelenkes und der vier radialen Fingergrundgelenke
- N.cutaneus brachii posterior
- N.cutaneus brachii lateralis inferior
- N.cutaneus antebrachii posterior
- R.superficialis: Nn.digitales dorsales und R.communicans ulnaris

2.1.4. Nervus ulnaris

Der N.ulnaris entspringt aus dem Fasciculus medialis. Nach Verlassen der Achselhöhle folgt der N.ulnaris dem Sulcus bicipitalis medialis, und wechselt in Höhe Mitte Oberarm durch das Septum intramusculare mediale auf die Streckseite. Dann zieht der Nerv zwischen Septum und medialen Trizepskopf zum Ellbogengelenk, welches er auf der medialen Seite, eingebettet im Sulcus nervi ulnaris, unterhalb des Epicondylus medialis überquert. Der N.ulnaris wechselt dann zwischen den beiden Köpfen des M.flexor carpi ulnaris auf die Beugeseite des Unterarms und verläuft unter diesem Muskel bis zum Handgelenk. In weiterer Folge zieht der Nerv auf dem Retinaculum musculorum flexorum radial vom Os

pisiforme durch die Guyon-Loge zur Pakmarfläche der Hand, dort teilt er sich in einen Ramus superficialis und einen rein motorischen Ramus profundus auf.^{18,19}

Motorische Innervation:

- Rr. musculares: M.flexor carpi ulnaris und M.flexor digitorum profundus
- R. muscularis: M.palmaris brevis
- Rr.musculares (aus dem R.profundus): M.abductor digiti minimi, M. flexor digiti minimi, M.opponens digiti minmi, Mm.lumbricales III und IV, Mm.interossei palmares und dorsales, M.adductor polliciis und M.flexor pollicis brevis

Sensible Äste:

- Rr.articulares: Gelenkscapsel des Ellbogengelenks und der Hand- und Fingergrundgelenke
- R.dorsalis
- R. palmaris
- N. digitalis palmaris proprius
- N. digitalis palmaris communis IV

2.1.5. Nervus medialis

Der Nervus medialis bildet sich aus der Radix lateralis, die aus dem Fasciculus lateralis stammt, und aus der Radix medialis, die aus dem Fasciculus medialis entspringt. Radix medialis und Radix lateralis bilden die sogenannte Medianusgabel. Untenhalb der Medianusgabel verläuft der Nerv im Sulcus bicipitalis medialis oberhalb der Arteria brachialis zur Ellenbeuge. Danach gelangt der N.medianus unter dem Lacterus fibrosus und zwischen den beiden Köpfen des M. pronator teres zum Unterarm. Distal vom M. pronator teres gibt er den Ast N. interosseus antebrachii anterior ab, und zieht zwischen den oberflächlichen und tiefen Fingerflexoren zum Handgelenk und gelangt unter dem Retinaculum musculorum flexorum im Karpalkanal zur Hohlhand, wo er sich in seine Endäste aufteilt.^{18,19}

Motorische Innervation:

- Rr. musculares: M. pronator teres, M. flexor carpi radialis, M. palmaris longus und M. flexor digitorum superficialis
- Rr. musculares (aus dem N. interosseus antebrachii anterior): M. pronator quadratus, M. flexor pollicis longus und M. flexor digitorum profundus
- R. muscularis thenaris: M. abductor pollicis brevis, M. flexor pollicis brevis und

M. opponens pollicis

- Rr. musculares (aus den Nn. digitales palmares communens): Mm. lumbricales I und II

Sensible Äste:

- Rr. articulares: Gelenkkapsel des Ellbogengelenkes und der Handgelenke
- R. palmaris n. mediani
- R. communicans cum nervo ulnare
- Nn. digitales palmares communes
- Nn. digitales palmares proprii

2.2. Muskeln

2.2.1. Musculus deltoideus

Er setzt sich aus drei Teilen zusammen: Pars clavicularis, Pars acromialis und Pars spinalis. Der Muskel setzt an der Tuberositas deltoidea des Humerus an. Der Pars clavicularis kann eine Anteversion, Innenrotation und Adduktion durchführen.

Die Funktion des Pars acromialis ist nur die Abduktion. Die Pars spinalis hat ebenfalls drei Funktionen: Retroversion, Außenrotation und Adduktion. Zwischen 60° und 90° unterstützen die claviculären und spinalen Teile die Pars acromialis bei der Abduktion.

Alle drei Anteile werden vom Nervus axillaris innerviert.^{18,19}

2.2.2. Musculus biceps brachii

Der Musculus biceps brachii besteht aus einem Caput longum und einem Caput breve. Das Caput longum hat seinen Ursprung am Tuberculum supraglenoidale der Scapula, und das Caput breve hat seinen am Processus coracoideus. Beide Köpfe setzen an der Tuberositas radii des Radius an.

Die Funktion des Muskels im Ellbogengelenk besteht in der Flexion und Supination bei gebeugten Ellbogen.

Beide Anteile des Muskels werden vom Nervus musculocutaneus innerviert.^{18,19}

2.2.3. Musculus brachialis

Der Musculus brachialis hat seinen Ursprung an der distalen Hälfte der ventralen Fläche des Humerus. Seinen Ansatz hat der Muskel an der Tuberositas ulnae an der Ulna. Die Funktion des M.brachialis ist die Flexion im Ellbogengelenk.^{18,19}

„ Der Nervus musculocutaneus innerviert den medialen Teil und der Nervus radialis den lateralen Anteil des Muskels.“⁴

2.2.4. Musculus coracobrachialis

Der Muskel hat seinen Ursprung am Processus coracoideus der Scapula und seinen Ansatz am Humerus in der Verlängerung der Crista tuberculi minoris. Der M. coracobrachialis hat drei Funktionen: Anteversion, Adduktion und Innenrotation.

Er wird vom Nervus musculocutaneus innerviert, der auch durch den Muskel verläuft.^{18,19}

2.2.5. M. supraspinatus

Der M. supraspinatus hat seinen Ursprung an der Fossa supraspinata der Scapula und seinen Ansatz am Tuberculum majus des Humerus.

Er ist für die ersten 5 bis 10° der Abduktion sehr wichtig. Innerviert wird der Muskel vom N. suprascapularis.^{18,19}

2.2.6. M. infraspinatus

Der M. infraspinatus nimmt seinen Ursprung in der Fossa infraspinata der Scapula, und setzt am Tuberculum majus des Humerus an.

Seine ausführende Funktion ist die Außenrotation. Der Muskel wird vom N. suprascapularis innerviert, gleich wie bei dem M. supraspinatus.^{18,19}

2.2.7. M. subscapularis

Der M. subscapularis entspringt in der Fossa subscapularis der Scapula, und hat seinen Ansatz am tuberculum minus des Humerus.

Der Muskel ist für die Innenrotation des Armes im Schultergelenk verantwortlich. Innerviert wird der Muskel vom N. subscapularis.^{18,19}

2.2.8. M. teres minor

Der M. teres minor hat seinen Ursprung an der Margo lateralis der Scapula, und seinen Ansatz am Tuberculum majus des Humerus.

Seine Funktionen sind die Außenrotation und eine schwache Adduktion. Der M.teres minor wird vom N.axillaris innerviert.^{18,19}

2.2.9. M.pectoralis major

Der M.pectoralis major setzt sich aus drei Teilen zusammen: Pars clavicularis, Pars sternocostalis und Pars abdominalis.

Der Pars clavicularis hat seinen Ursprung an der medialen Hälfte der Clavicula, der Pars sternocostalis am Sternum und 2-7 Rippenknorpel und der Pars abdominalis an der Lamina anterior der Rektusscheide.

Alle drei Teile setzen an der Crista tuberculi majoris des Humerus an.

Die Funktionen des Muskels sind die Adduktion und Innenrotation (gesamter Muskel), Anteversion (Pars clavicularis und Pars sternocostalis) und als Atemhilfsmuskel bei fixiertem Schultergürtel.

Die Innervation des M.pectoralis major erfolgt über die Nn. pectorales mediales und laterales.^{18,19}

2.2.10. M. triceps brachii

Der M. trizeps brachii setzt sich aus drei Köpfen zusammen: dem Caput longum mit Ursprung am Tuberculum infraglenoidale der Scapula, dem Caput mediale mit Ursprung an der Hinterfläche des Humerus distal des Sulcus n. radialis und aus dem Caput laterale mit Ursprung an der Hinterfläche des Humerus proximal des Sulcus n. radialis.

Alle drei Köpfe setzen am Olecranon der Ulna an.

Im Ellbogengelenk übt der Muskel die Funktion als Extensor aus. Im Schultergelenk führt das Caput longum eine Retroversion und eine Adduktion des Oberarms aus.

Innerviert wird der M. triceps brachii vom N.radialis.^{18,19}

2.2.11. Musculus latissimus dorsi

Der M-latissimus dorsi setzt sich aus vier Teilen zusammen:

Pars vertebralis mit seinem Ursprung an den Procc. Spinosi der 7 - 12

Brustwirbelkörper. Der Ursprung zieht sich weiter über die Fascia thoracolumbalis von der Dornfortsätzen sämtlicher Lendenwirbelkörper sowie bis zum Os sacrum.

Der Pars iliaca hat seinen Ursprung am hinterem Drittel der Crista iliaca.

Der Pars costalis nimmt seinen Ursprung an der 9 – 12 Rippe.

Als vierten Teil der Pars scapularis mit seinem Ursprung am Angulus inferior.

Alle Teile setzen an der Crista tuberculi minoris des Humerus an. Die Funktionen des Muskels sind Innenrotation, Adduktion und Retroversion. Der Muskel gehört zur Atemhilfsmuskulatur.

Alle vier Teile werden vom Nervus thoracodorsalis innerviert.^{18,19}

2.2.12. Musculus teres major

Der M. teres major hat seinen Ursprung am Angulus inferior der Scapula, und seinen Ansatz an der Crista tuberculi minoris des Humerus.

Seine Funktionen sind die Innenrotation, Adduktion und Retroversion.

Der Muskel wird vom Nervus thoracodorsalis innerviert.^{18,19}

2.3. Blutversorgung

2.3.1. Arteria subclavia

Die Arteria subclavia entspringt auf der rechten Seite aus dem Truncus brachiocephalicus, auf der linken Seite direkt aus dem Aortenbogen. Sie verläuft durch die Skalenuslücke, zwischen den Mn.scaleni anterior und medius, über die erste Rippe, an deren lateralen Rand sie sich in die A.axillaris fortsetzt. Die A.subclavia versorgt nicht nur den Arm und den Schultergürtel, sondern auch zu einem Teil den Hals, zum okzipitalen Teil des Gehirns und die vordere Brustwand.¹⁸

Astfolge der A.subclavia:

- A.vertebralis
- A. thoracica interna
- Truncus thyrocervicalis: A. thyroidea inferior, A. suprascapularis und A. transversa cervicis
- Truncus costocervicalis: A. cervicalis profunda und A. intercostalis superior

2.3.2. Arteria axillaris

Die Arteria axillaris verläuft vom lateralen Rand der ersten Rippe bis zum unteren Rand des M. pectoralis major bzw. bis zur Sehne des M. latissimus dorsi.¹⁸

Astfolge der A. axillaris:

- A. thoracica superior
- A. thoracoacromialis: R. acromialis, R. clavicularis, R. deltoideus und R. pectoralis
- A. thoracica lateralis
- A. subscapularis: A. thoracodorsalis und A. circumflexa scapulae
- A. circumflexa humeri anterior
- A. circumflexa humeri posterior

Äste der A. axillaris Regelfall und Varianten (nach Lippert u. Pabst)

In 40% der Fälle gehen folgende Äste aus der Axillaris ab:

A. thoracica superior, A. thoracoacromialis, A. thoracica lateralis, A. subscapularis, A. circumflexa humeri anterior und A. circumflexa humeri posterior.

In 10% der Fälle geht der Ursprung der A. thoracoacromialis aus der A. thoracica lateralis ab.

In weiteren 10% der Fälle haben die A. thoracica lateralis und die A. subscapularis einen gemeinsamen Ursprung.

Bei 20% liegt der Ursprung der A. circumflexa humeri posterior in der A. subscapularis.

In weiteren 20% besteht ein gemeinsamer Abgang der Aa. circumflexae humeri anterior und posterior. In diesem Fall heisst die gemeinsame Wegstrecke A. circumflexa humeri communis.¹⁸

2.3.3. Arteria brachialis

Aus der A. axillaris geht auf Höhe des M. teres major die A. brachialis hervor, die im Sulcus bicipitalis medialis zur Ellenbeuge zieht. Dort teilt sie sich in die A. ulnaris und in die A. radialis auf. Auf ihrem Weg entlang des Oberarms gibt sie neben Ästen zur Oberarmmuskulatur die A. profunda brachii ab, die streckseitig verläuft und sich distal vom Sulcus nervi radialis in die A. collateralis media, die zum Caput mediale des M. triceps brachii zieht, und in die A. collateralis radialis, die zum Rete articulare cubiti zieht, teilt. Über die beiden Aa. collaterales ulnares superior und inferior versorgt die A. brachialis das Rete articulare cubiti.

In 74% der Fälle (nach Lanz u. Wachsmuth) wird die A. brachialis im unteren Drittel von N. medianus überkreuzt. Nur in einem 1% der Fälle wird die A. brachialis vom N. medianus unterkreuzt.¹⁸

In 25% der Fälle teilt sich die A. brachialis bereits im Bereich des Oberarms, eine sogenannte „hohe Teilung“, in eine A. brachialis superficialis und eine A. brachialis. beide Arterien können gut ausgebildet sein und eine Medianusgabel bilden, dass heisst den N. medianus umschliessen. In diesem Fall geht die A. radialis aus der A. brachialis superficialis hervor und die A. ulnaris bildet die Fortsetzung der A. brachialis.¹⁸

2.3.4. Vena cephalica

Die Vena cephalica zieht sich am Oberarm zuerst entlang des M. biceps brachii und verläuft dann zwischen dem M. deltoideus und dem M. pectoralis major im sogenannten Sulcus deltoideopectoralis. Zuletzt mündet die Vena cephalica im Trigonum clavipectorale in die Vena axillaris.^{18,19}

2.3.5. Vena basilica

Die Vena basilica verläuft zunächst epifaszial kommend aus der Ellenbeuge im Sulcus bicipitalis medialis zum Hiatus basilicus, dort durchtritt die Vene die Oberarmfaszie. Dies macht sie ungefähr auf Höhe Mitte Oberarm, dann liegt ihr weiterer Verlauf subfaszial. Schließlich mündet die Vena basilica in die ulnare Vena brachialis.

Die V. cephalica und die V. basilica sind vor allem für den venösen Abfluss aus den Hautvenen des Handrückens verantwortlich.^{18,19}

2.3.6. Vena mediana antebrachii

Die Vena mediana antebrachii hat einen sehr variablen Verlauf, am häufigsten mündet sie in der Ellenbeuge über die V. mediana cephalica und die V. mediana basilica in die entsprechende Längsvene.

Sie ist hauptverantwortlich für den venösen Abfluss der Unterarmbeugeseite.^{18,19}

3. MATERIAL UND METHODIK

3.1. Studienlevel

Es handelt sich um eine prospektive Level IV Studie an operativ versorgten Oberarmschaftfrakturen. Level IV Studie ist eine Untersuchung an einer Patientenserie mit einer gleichartigen Behandlungsart ohne Kontrollgruppe.

3.2. Definitionen

AO Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (www.aofoundation.org) ist eine internationale wissenschaftliche Organisation, die sich um die Entwicklung von Osteosynthesetechniken und deren Lehre bemüht.

Open Reduction Internal Fixation (ORIF) bezeichnet die konventionelle offene Bruchereinrichtung und Verplattung

Minimal-invasive Osteosynthese ist eine Methode zur operativen Stabilisation von Frakturen, bei der die Frakturzone nicht eröffnet wird und das Weichteiltrauma durch Minimierung des Zuganges so gering wie möglich gehalten wird. Das Nichteröffnen der Frakturzone erlaubt einerseits das Frakturhämatom, in dem sich heilungsfördernde Wachstumsfaktoren befinden, zu erhalten und andererseits wird dadurch verhindert, dass durch eine Freilegung Knochenfragmente vom Weichteilzusammenhang getrennt und in ihrer Durchblutung gestört werden. Die Zugänge für die Einbringung der Osteosynthese werden fernab von der Fraktur angelegt und die Platten werden subcutan eingebracht.

MIPO Der entsprechende Terminus für diese Art der Plattenosteosynthese heißt MIPO (minimal invasive Platten Osteosynthese).

LCP Locking Compression Plate (Synthes, Bettlach, Schweiz) (Abb.2) ist eine Osteosyntheseplatte, welche sowohl mit konventionellen als auch mit winkelstabilen Schrauben fixiert werden kann. Sie wird in verschiedenen Stärken produziert.

PHILOS Proximal Humerus Internal Locking System (Synthes) (Abb.2) ist eine anatomische vorgeformte Platte für den proximalen Oberarm. Die Langversion der Platte dient zur Stabilisierung des gesamten Humerus.



Abbildung 2: LCP- und PHILOS-Platte

3.3. Patientenauswahl

Eingeschlossen wurden Patienten mit Frakturen der Humerusdiaphyse Klassifikation AO 12²⁰ (Abb.3), welche durch minimal invasive ventrale Plattenosteosynthese versorgt wurden. In einem Zeitraum von fünf Jahren wurden Oberarm-Schaftfrakturen, bei denen auf Grund der Frakturausdehnung oder der Frakturlokalisation eine Marknagelung nicht zielführend erschien oder von Operateur oder Patient nicht gewünscht war, der Operationsmethodik der minimal invasiven ventralen Plattenosteosynthese unterzogen. Proximale Frakturen AO 11 und distale Frakturen AO 13 wurden vorzugsweise durch offene Verplattung versorgt. Im angegebenen Zeitraum wurden keine frischen Frakturen des Humerusschaftes mittels offener lateraler oder dorsaler Verplattung behandelt. Die Patienten wurden im Rahmen einer standardisierten Aufklärung über den geplanten Eingriff und die Alternativen unterrichtet und erteilten ihre schriftliche Zustimmung zur Operation.

Abbildung 3: AO-Frakturklassifikation

3.4. Patientendaten

Innerhalb von 5 Jahren wurden 47 Patienten mit einer Humerusfraktur mittels MIPO behandelt. Die Patientengruppe bestand aus 34 Frauen und 13 Männern. Das durchschnittliche Alter der 47 Patienten betrug 63,38 Jahre (37 – 88). 20 Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation siebzig Jahre und älter, 27 Patienten waren jünger als 70 Jahre.

Nach der AO-Klassifikation²⁰ (Abb.3) wurden 15 A-Frakturen, 15 B-Frakturen und 17 C-Frakturen operiert. Eine Fraktur war offen; ein Patient hatte zusätzlich zur Humerusfraktur eine Luxation im gleichseitigen Schultergelenk erlitten; ein Patient hatte einen Zustand nach Poliomyelitis mit einem kurzen Humerus fast ohne Markraum; eine Fraktur waren pathologisch; keine hatte eine Gefäßläsion; eine Patientin hatte eine primäre Schädigung des Nervus medianus; eine zweite erlitt während der anfänglichen konservativen Therapie einen Teilausfall des Nervus

medianus. Bei keinem Patienten bestand präoperativ eine Läsion des Nervus radialis.

36 Patienten wurden innerhalb einer Woche nach Unfall operiert; weitere 10 innerhalb eines Monats; eine Patientin wurde nach dreimonatiger konservativer Therapie wegen ausbleibender Heilung operiert. Im Schnitt erfolgte die OP nach 8,8 Tagen.

3.5. Plattenwahl

Die Plattenwahl erfolgte nach Form und Lokalisation der Fraktur. Die größte Gruppe, 28 Patienten, wurden mit Locking Compression Plates (LCP Synthes) behandelt, 18 Patienten mit langen PHILOS-Platten (Synthes) und ein Patient mit einer Tibiametaphysenplatte (Synthes).

3.6. Frakturklassifikation

Die Frakturen wurden nach dem Schema der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese nach Müller et al.²¹ eingeteilt (Abb.3). An der Diaphyse werden einfache Frakturen, Keil- und komplexe Frakturen mit jeweils drei Subgruppen unterschieden. Frakturausläufer insbesondere nach proximal in den subcapitalen Bereich werden dabei nicht extra klassifiziert.

3.7. Operationsmethodik

Die Operation des Patienten erfolgt in Rückenlagerung unter leicht sitzender Position (beach chair Lagerung) mit beweglich abgedecktem Arm. Der Arm wird entweder auf einer Schiene oder vorzugsweise in einem arretierbaren Haltegerät gelagert.

Es sind zwei Hautincisionen von jeweils rund 5 cm Länge erforderlich (Abb.4)



Abbildung 4: Operationszugang

Die proximale Hautincision wird über den Sulcus deltoideopectoralis gelegt. Unter Schonung der Vena cephalica wird der subcapitale Bereich des Humerus frei präpariert, die Bizepssehne identifiziert und von dort aus stumpf nach distal lateral des Bizeps brachii mittels Finger bzw. einem Präparationsgerät (Abb.5) die Ventralseite des Oberarmschaftes präpariert.



Abbildung 5: Präparation des Tunnels

Man gelangt dabei von der Gleitfläche an der Unterseite des Musculus deltoideus an die Gleitfläche unterhalb des Musculus brachialis. Das einzige zu überwindende anatomische Hindernis stellt der Deltoideusansatz mit seiner sehnenartigen Verbindung zum Brachialisursprung dar²². Das gelingt mit Druck mit einem stumpfen Gerät oder einer Schere.

Die distale Hautincision wird rund 3 cm cranial der Beugefalte des Ellbogengelenkes begonnen und parallel zur Oberarmachse nach proximal geführt (Abb.6).



Abbildung 6: distaler Zugang

Im subcutanen bzw. Fascienbereich wird der Nervus cutaneus antebrachii radialis frei präpariert (Abb.7).

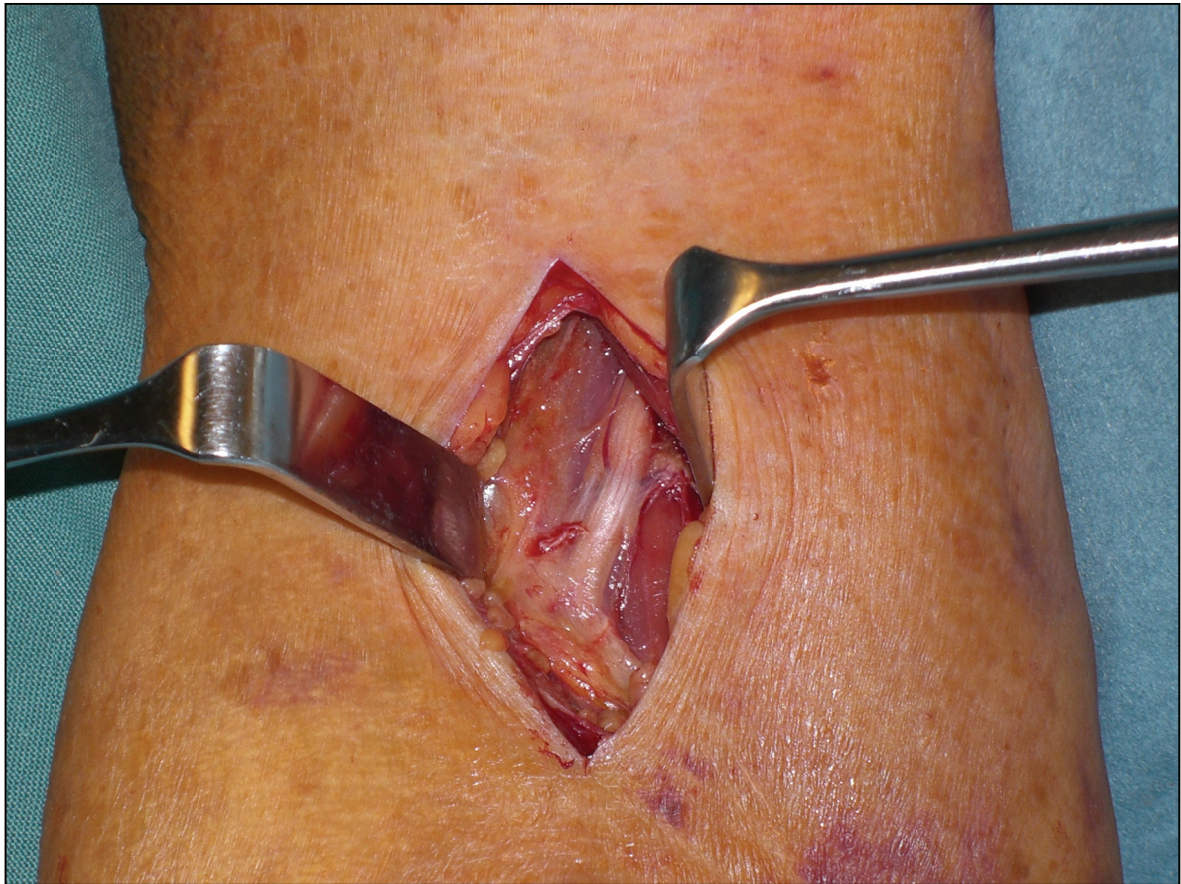


Abbildung 7: M. brachialis mit N. cutaneus antebrachii radialis

Man findet ihn in diesem Situs allerdings nur bei einem Teil der Patienten. Stumpfes Eingehen lateral des Biceps brachii, Präparation des Musculus brachialis, der längsgespalten wird. Dann kann man stumpf den Oberarmschaft an der Beugeseite aufsuchen. Ein Hakendruck nach radial ist wegen der Nähe des Nervus radialis zu vermeiden. Aus gleichem Grund wird die Präparation auch in Supinationsstellung des Unterarmes vorgenommen. Von diesem Zugang aus wird dann ähnlich wie von proximal her von distal nach proximal die Ventralseite des Humerusschaftes stumpf präpariert.

Die Reposition der Fraktur erfolgt durch entsprechende Lagerung und Manipulation. Ist diese akzeptabel, wird eine Platte der entsprechenden Länge von proximal nach distal oder umgekehrt eingebracht (Abb.8) und Plattenposition und Frakturstellung im Bildwandler kontrolliert. Die Fixation erfolgt mit 2 bis 3 Schrauben proximal bzw. distal.



Abbildung 8: Einschleiben der Platte mit Haltegerät

Da die Platten gerade sind, ist eine Positionierung proximal lateral der Bizepssehne und distal direkt an der Ventralseite des Humerusschaftes in richtiger Rotation der Hauptfragmente manchmal schwierig. Deshalb wurden die Platten bei den letzten 14 Fällen getwistet, d.h. axial so gebogen, dass sie proximal lateral der Bizepssehne und distal an der Ventralseite des Humerus bei korrekter Rotation zu liegen kommen. (Abb.9)

Während die Achsstellung im Bildwandler gut zu kontrollieren ist, ist eine Kontrolle der Rotation nur klinisch möglich. Das kann nur nach Plattenanlage bei gebeugtem Ellbogengelenk kontrolliert werden.

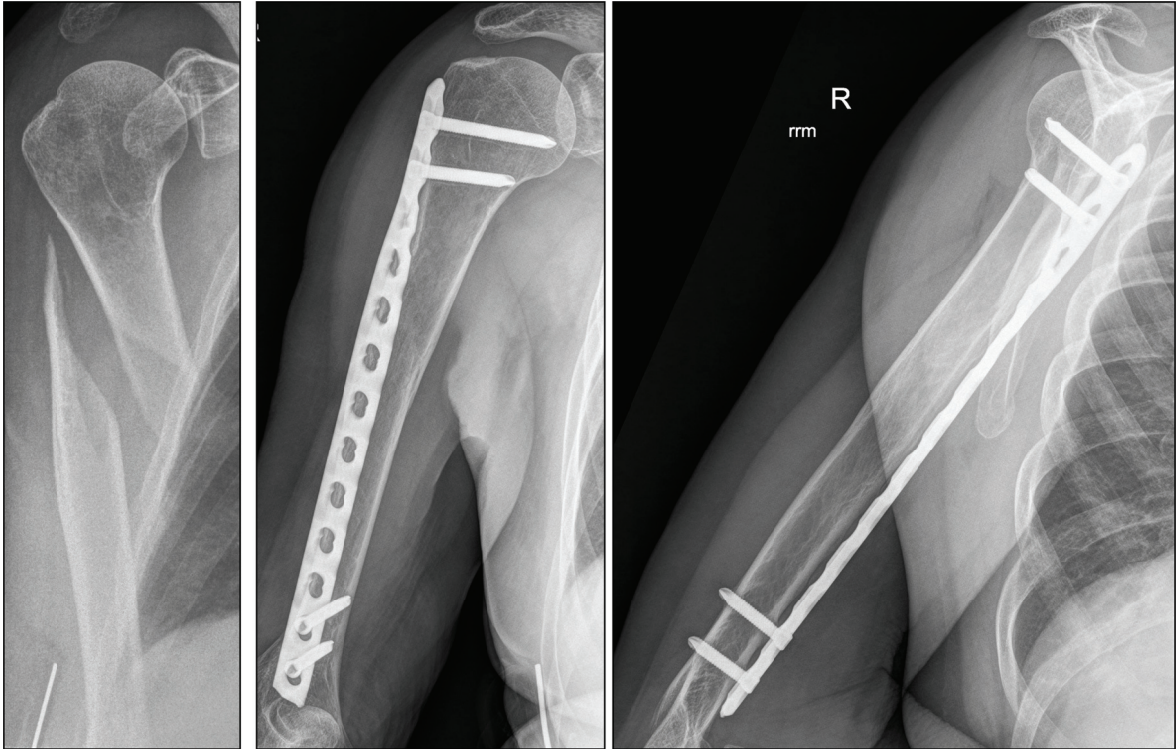


Abbildung 9: A-Fraktur, vor Operation und 3 Tage danach

3.8. Implantate

Eine reine Schaftfraktur ohne Frakturausläufer nach proximal wird vorzugsweise mit einer Locking Compression Plate 4.5 (LCP, Fa Synthes Bettlach, Schweiz) stabilisiert. Man hat dabei die Möglichkeit sowohl winkelstabile Schrauben bei Osteoporose als auch konventionelle Schrauben einzusetzen.

Liegt eine weit nach proximal reichende Fraktur vor und bestehen Zweifel über eine ausreichende Verankerungsmöglichkeit der LCP im proximalen Humerus, kann eine sog. PHILOS Platte (Proximal Humerus Internal Locking System, Synthes) eingesetzt werden, welche die Verankerung im Humeruskopf mit multiplen winkelstabilen Schrauben ermöglicht (Abb.10).

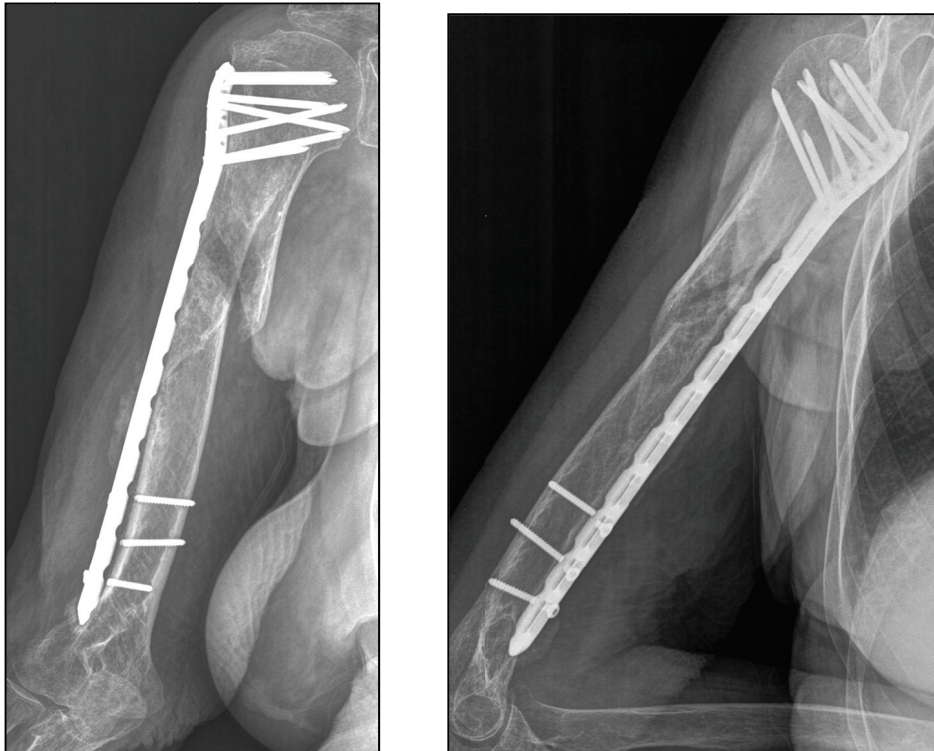


Abbildung 10: B-Fraktur, versorgt mit PHILOS-Platte 10 Monate später

Die Schraubenstärke bei PHILOS Platten beträgt 3.5 mm, bei LCP 4.5 mm. Die Implantate sind sowohl in Stahl als auch in Titan erhältlich. Es wurden nur Titanimplantate verwendet.

Die optimale Plattenlänge hängt grundsätzlich von der Länge der Frakturzone ab und soll bei der biologischen Osteosynthese relativ umso länger sein je kürzer die Frakturzone ist.

Am Humerus diktiert der Zugang subcapital bzw supracondylär die Plattenlänge, das bedeutet, diese muss vom subcapitalen Bereich bis knapp an den Ellbogen reichen.

3.9. Biologische Osteosynthese

Das Prinzip der sogenannten biologischen Osteosynthese wird bei der ventralen Humerusverplattung angewandt. Die Platte wird frakturfern durch kleine Weichteilinzisionen eingebracht (MIPO). Die Fraktur wird nicht freigelegt und das Frakturhämatom kann damit belassen werden, was sich durch den Erhalt von Wachstumsfaktoren positiv auf die Frakturheilung auswirkt. Dadurch vermeidet man auch die Denudierung von Bruchstücken und verhindert eine über den Traumaschaden hinausgehende Kompromittierung der Blutversorgung der Fragmente. Die Fixation der Hauptfragmente erfolgt unter Wiederherstellung von

Achse, Länge und Rotation des Knochens, jedoch nicht obligat anatomisch. Die angestrebte Stabilität ist nicht absolut, sondern nur relativ, d.h. dass eine gewisse elastische Restbeweglichkeit zwischen den Fragmenten möglich ist. Dadurch wird die periostale Kallusbildung stimuliert.

3.10. Nachuntersuchung

Es wurden alle Patienten im Jänner 2012 zu einer Nachkontrolle eingeladen mit Ausnahme jener Patienten, die zu diesem Zeitpunkt älter als 85 Jahre waren, bei denen aus den Unterlagen eine stärkere physische Beeinträchtigung ersichtlich war oder die nicht in einem Umkreis von 100 Km von Klagenfurt ihren Wohnsitz haben.

Bei der klinischen Nachuntersuchung wurden Funktion und Bewegungsumfang der Extremität erhoben sowie der Constant-Murley-Score²³ und der DASH Score²⁴ erhoben.

Es wurde weiters Röntgenbilder des Humerus inklusive Schulter und Ellbogen in zwei Ebenen angefertigt. Konnte eine Beurteilung der Frakturheilung im Röntgenbild wegen Metallüberlagerungen nicht erfolgen, wurde eine Computertomographie durchgeführt.

3.11. Messung der Beweglichkeit

Erfasst wurden die Elevation, d.i. die Erhebung des gestreckten Armes in der Richtung des maximalen Bewegungsausmasses (Abb.11) die gleno-humerale Abduktion, d.i. die Bewegung des Armes seitlich in der Frontalebene ohne Mitnahme des Schulterblattes, Außen- und Innenrotation (Abb.11).

Bei 28 Patienten konnte gezielt die Schulterrotation mit Vergleich zur gesunden Gegenseite anlässlich der Nachkontrolle gemessen werden. Dies erfolgte bei angelegtem und 90° gebeugtem Ellbogen durch Messung des Winkels zwischen Neutralstellung und maximaler Außenrotation, sowie durch Innenrotation und Registrierung des höchsten mit der Daumenspitze erreichbaren Punktes.



Abbildung 11: 88-jährige Patientin 10 Monate nach Operation

3.12. Constant-Murley-Score

Die Basis dieser Methode ist eine 100-Punktwertung, die sich aus mehreren Einzelparametern zusammensetzt. Diese beinhalten subjektive (Maximalpunktzahl 35) wie objektive (Maximalpunktzahl 65) Faktoren.

Tabelle 1: Maximalpunktzahl für die einzelnen Kategorien²³

Schmerz	15 Punkte
Tätigkeiten des alltäglichen Lebens	20 Punkte
Bewegungsumfang	40 Punkte
Kraft	25 Punkte
Gesamt-Punktzahl	100 Punkte

Getestet werden aktiver Bewegungsumfang und Kraft, Schmerz und die subjektive Fähigkeit Aktivitäten nach Wunsch des Patienten durchzuführen. Die Bewertung des Schmerzes wird nach dem Grad der schlimmsten Schmerzen während alltäglichen Aktivitäten, wie Arbeit, Freizeit, Ruhe und Schlaf, erhoben. Die Addition der Punkte ergibt den absoluten Scorewert. Weil die Schulterfunktion von Alter und Geschlecht abhängig ist, wird zur Vergleichsmöglichkeit ein Relativwert berechnet. Dieser wird im Vergleich zur Geschlechts- und Altersnorm in Prozentwerten angegeben und kann damit auch mehr als 100% betragen.

Tabelle 2: Alters- und Geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score nach Gerber²⁵

Alter	Frauen	Männer
20 -30	97	98
31- 40	90	93
41 - 50	80	92
51 - 60	73	90
61 - 70	70	83
71 - 80	69	75
81 - 90	64	66
91 - 100	52	56

Die Kraft der Schulter wird isokinetisch mit einem Tensiometer erhoben. Diese Methode gewährleistet eine Reproduzierbarkeit. Die Kraft wird in 90° lateraler Elevation gemessen. Bei Patienten, die einen geringeren Bewegungsumfang als 90° haben, wird die Kraft beim Maximum der Abduktion erfaßt. Das Tensiometer hat eine Maximalbelastung von 40 Kg und eine Digitalanzeige. 1 Kg Zug wurde mit 2 Punkten im Score gewertet.

Tabelle 3: Wertung des Constant-Murley-Score²⁵

ausgezeichnet	91 – 100%
gut	81 – 90%
befriedigend	71 – 80%
ausreichend	61 – 70%
schlecht	< 60%

3.13. DASH Score (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand)

Das ist ein subjektiver Score, der die Fähigkeit Tätigkeiten auszuführen bewertet und nicht die Art.²⁶ Er ist geeignet, multiple Funktionsstörungen der oberen Extremität zu erfassen. Der Fragebogen wurde vom Autor gemeinsam mit den Patienten beantwortet.

Der Score wird aus 30 Fragen errechnet. Bei jeder Frage gibt es eine Wertung von 1 (keine Schwierigkeiten) bis 5 (nicht möglich oder sehr starke Schmerzen). Es ist

ein Gesamtscore von 0 bis 100 Punkten möglich, wobei 100 den kompletten Funktionsverlust bedeutet. Es dürfen nicht mehr als 3 Fragen unbeantwortet bleiben, da sonst eine Auswertung nicht möglich ist. Der ausgefüllte Fragebogen wurde auf der Seite www.orthopaedicsore.com übertragen und von dieser Anwendung berechnet. Dabei wird diese Formel verwendet:

$$\text{DASH Punktwert} = \frac{\text{Gesamtpunktezahl} - 3(\text{Minimalpunktzahl})}{1,20 \text{ (Bandbreite)}}$$

Um zu erfahren wie der Patient die Funktionsfähigkeit seiner Extremität beurteilt, werden Fragen gestellt wie: schätzen sie ihre Fähigkeit ein, wie sie folgende Tätigkeiten in der vergangen Woche durchgeführt haben:

- Ein neues oder fest verschlossenes Glas zu öffnen?
- Schreiben?
- Eine Mahlzeit zubereiten?
- Eine schwere Türe aufstoßen?

Es wird beispielsweise nachgefragt, ob der Patient in seiner Freizeit in normalen sozialen Aktivitäten eingeschränkt ist:

In welchem Ausmaß haben ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt?

Zum Thema Schmerzen wird der Patient mit folgenden Fragen konfrontiert:

Bitte schätzen sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein:

- Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?
- Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit?
- Kribbeln in Schulter, Arm oder Hand?
- Steifheit in Schulter, Arm oder Hand?

Um zu erfahren ob es psychische Auswirkungen der Verletzung gibt, und wenn ja inwieweit der Patient durch diese eingeschränkt oder behindert ist gibt es eine Frage:

Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. Auch diese Frage bewertet der Patient von 1 (Stimme überhaupt nicht zu) bis 5 (Stimme sehr zu) selbst.

4. Ergebnisse

4.1. Operationsindikation

Die Indikation wurde in der Mehrzahl der Fälle aus einer Kombination mehrerer Faktoren gestellt, wobei Alter des Patienten und Dislokation der Fraktur vorherrschend waren (Abb.12). Dies traf auf total 32 Patienten zu.

Einmal führte die Kombination Humerusfraktur plus Schulterluxation zur OP; einmal eine offene Fraktur und einmal eine drohende Perforation; einmal eine primäre und einmal eine sekundäre Schädigung des Nervus medianus; zwei Frakturen waren pathologisch; zwei Patienten waren für eine konservative Therapie zu dick; zweimal war die Compliance zu gering um ohne Operation auszukommen; zweimal lag eine verzögerte Heilung nach konservativer Therapie vor; und schließlich zogen zwei Patienten die Operation einer konservativen Behandlung vor.

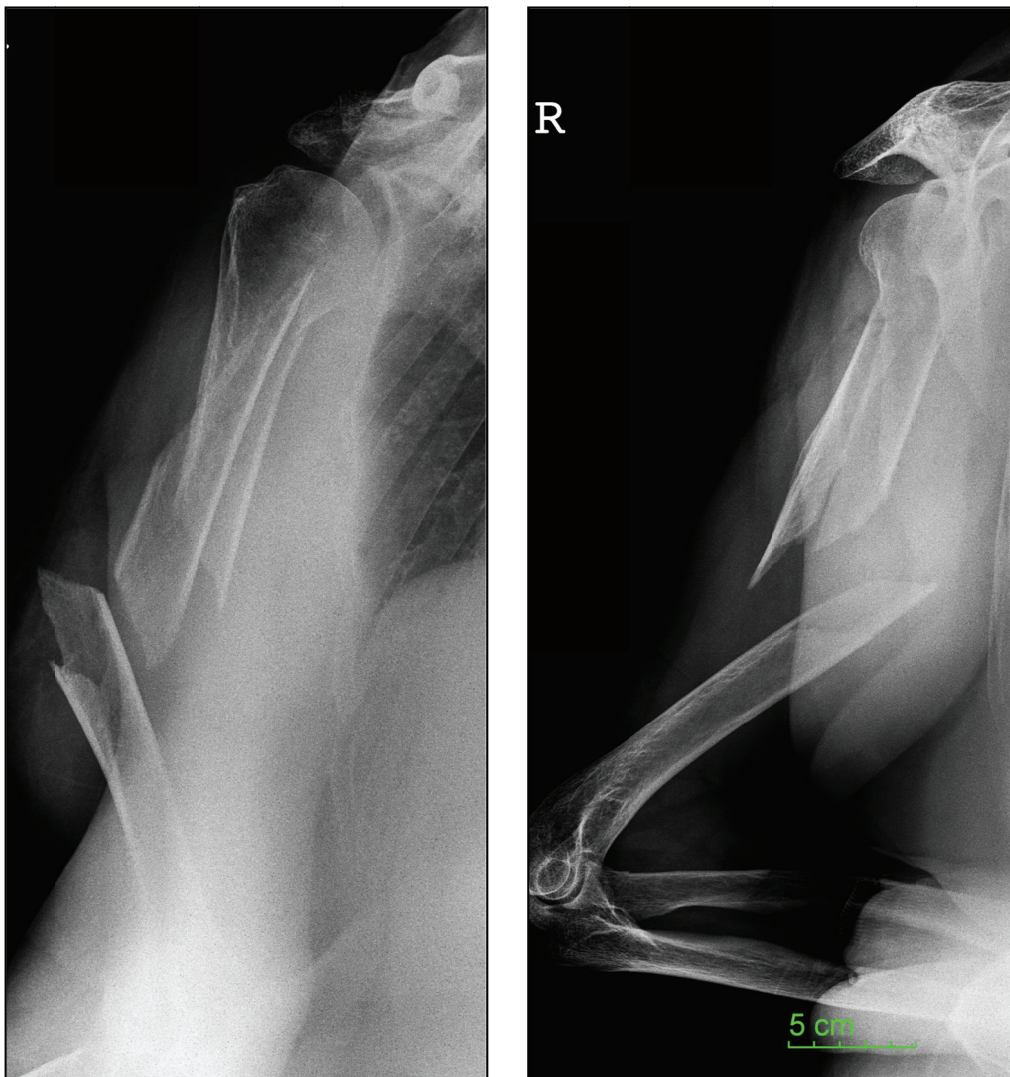


Abbildung 12: komplexe Fraktur mit Ausläufern in den subkapitalen Bereich + Dislokation

4.2. Operationsdauer

Die mittlere Operationsdauer betrug 102 Minuten (44-158 Minuten).

4.3. Operateure

Die Operationen wurden von insgesamt 13 Operateuren durchgeführt. Ein Operateur hat 27 Operationen durchgeführt. 12 weitere Operateure führten jeweils eine bis vier Operationen aus.

4.4. Beobachtungszeitraum

Dieser betrug im Mittel 25 Monate. Zwei Patienten kamen zu keiner Kontrolluntersuchung, zwei weitere erschienen nicht mehr zur 6- Monatskontrolle. Bei 13 Patienten erfolgte die letzte Untersuchung sechs bis zwölf Monate post OP und bei den übrigen 30 Patienten betrug der Beobachtungszeitraum mehr als ein Jahr, im längsten Fall 70 Monate.

Bei drei Patienten wurde die Behandlung vor Erreichen der Frakturheilung abgebrochen; bei einem vierten Patienten war die Fraktur zum Zeitpunkt der letzten Kontrolle drei Monate post OP in Heilung.

36 Patienten kamen zu einer gezielten Spätkontrolle.

4.5. Implantate

Es wurden je nach Frakturlokalisation durch Entscheidung des Operateurs 18 PHILOS Platten, 28 LCP sowie eine sog Tibiametaphysenplatte (Synthes) implantiert.

4.6. Frakturheilung

Störungen der Frakturheilung waren bei fünf Patienten festzustellen ($5/44 = 11\%$).

Eine Pseudarthrose wurde durch Marknagelung ausgeheilt. Einmal führte nach Ausriss einer PHILOS Platte erst die zweite Reosteosynthese zur Heilung (dieser Patient ist auch unter „Reoperationen“ angeführt).

Bei drei Patienten im Alter von 83, 86 und 88 Jahren kam es nicht zum ossären Durchbau der Fraktur, jedoch war radiologisch weder eine Lockerung der Osteosynthese noch klinisch eine Instabilität festzustellen. Keiner dieser Patienten war funktionell beeinträchtigt (Abb.13).

Zweimal heilte die Fraktur mit einer Verzögerung von mehr als sechs Monaten aus.

Am postoperativen Röntgenbild wurden die Diastase auf über oder unter 5 mm geschätzt und Fehlstellungen erfasst und in Korrelation mit der Frakturheilung gesetzt. Von 35 Patienten mit einer Diastase von weniger als 5 mm und einer Parallelverschiebung von maximal halber Schaftbreite heilten 33 Frakturen; bei 10 Patienten mit einer Diastase von mehr als 5 mm und/oder einer Parallelverschiebung von mehr als halber Schaftbreite (Abb.14) heilten sieben Frakturen.

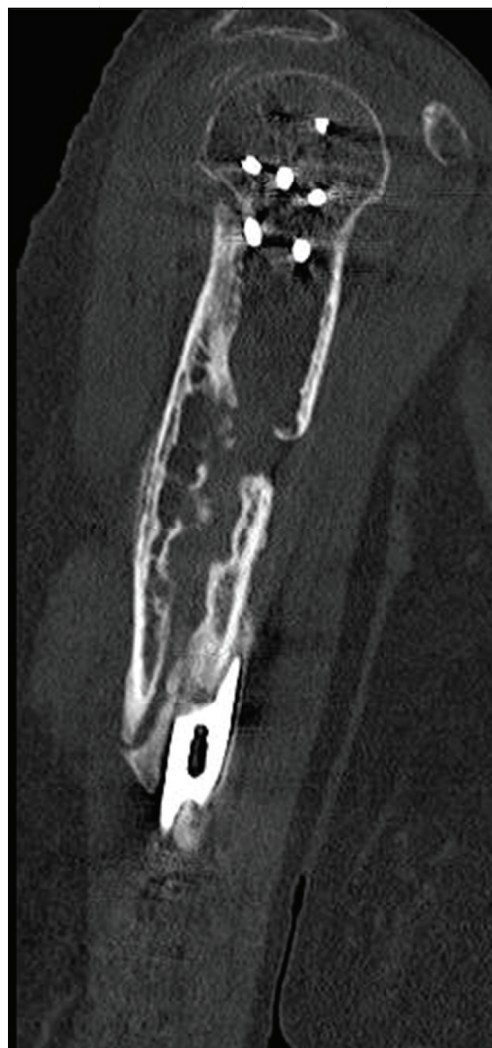


Abbildung 13: teilweise Frakturheilung, spärliche Callusbildung

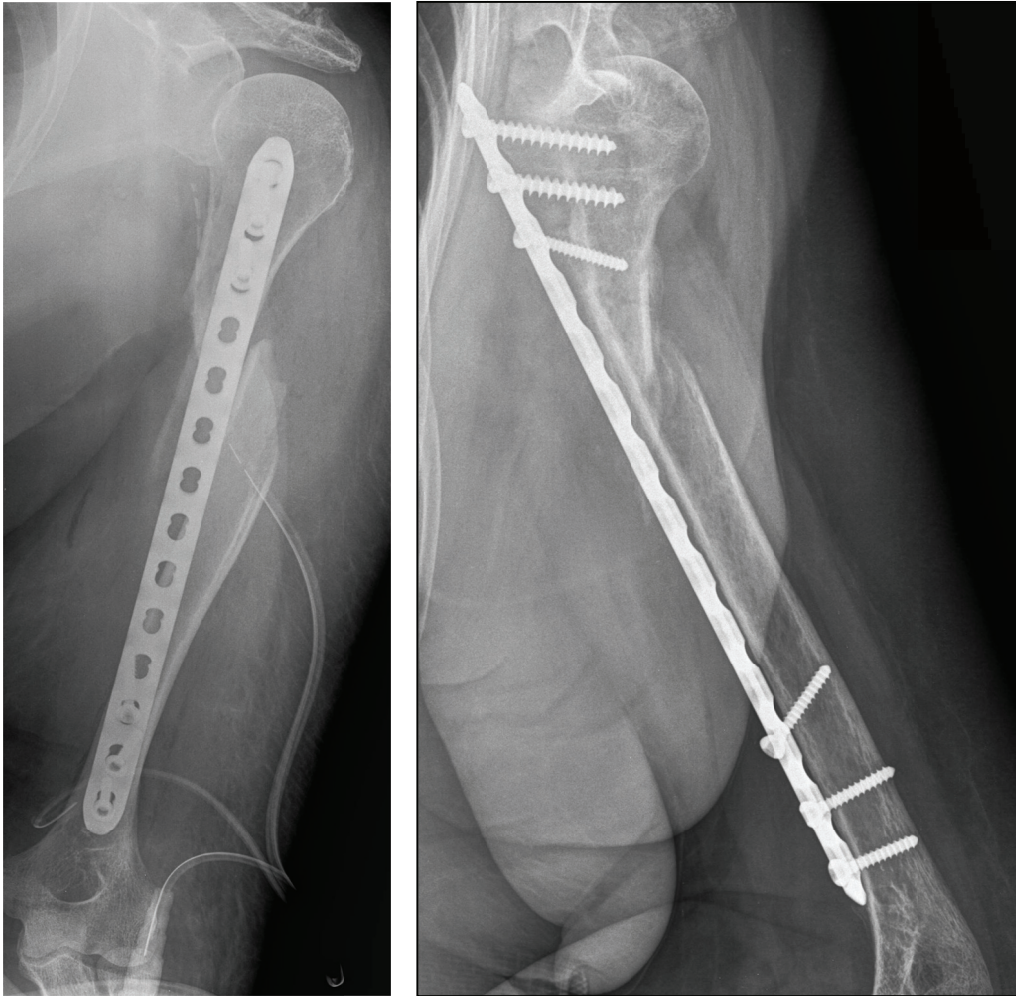


Abbildung 14: Verschiebung des distalen Fragmentes

4.7. Reoperationen

In sieben Fällen waren Reoperationen erforderlich (7/44 = 16%). In fünf dieser Fälle stand die Reoperation in kausalem Zusammenhang mit Störungen der Frakturheilung oder einer nicht optimalen Plattenlage.

Zweimal kam es zum Plattenausriss distal bei einer PHILOS Platte; in einem Fall kam es nach Neuverschraubung zur ossären Heilung; bei zweiten Patienten führte erste die zweite Reosteosynthese inklusive Spongiosatransplantation zur Heilung.

Einmal wurde eine Pseudarthrose durch Verplattung und Spongiosaplastik saniert.

Zwei Reoperationen waren wegen subacromialen Impingement zur Plattenentfernung bzw Kürzung erforderlich. Und in zwei Fällen bedingte eine Schultergelenkssteife eine Artholyse bzw eine subacromiale Bursitis eine operative Revision.

4.8. Klinische Ergebnisse

Eine Nervenläsion war bei keinem Patienten postoperativ festzustellen.

Die glenohumerale Abduktion (GHA) wurde bei 33 Patienten gemessen. Der durchschnittlich gemessene Winkel betrug 79° Grad. Bei 21 dieser Patienten wurde die operierte Extremität mit der gesunden Seite verglichen. Der dabei größte gemessene Unterschied der GHA betrug 25° Grad in einem Fall. 5° Grad Unterschied wurde bei 7 Patienten, 10° Grad Unterschied bei 8 Patienten und 0° Grad Unterschied wurde bei 5 Patienten gemessen.

Die Elevation wurde bei 25 Patienten erhoben. Der im Durchschnitt gemessene Wert betrug 116° Grad. Es konnte 21mal die operierte mit der gesunden Seite verglichen werden, der dabei höchste gemessene Unterschied betrug 20° Grad und wurde bei 2 Patienten gefunden. Bei 12 Patienten konnte kein Unterschied zwischen gesunder und operierter Extremität gefunden werden. 5° Grad Differenz wurde bei einem Patienten, 10° Grad bei 5 Patienten und 15° Grad bei einem Patienten gemessen werden.

Rotation

Bei 28 Patienten konnte gezielt die Schulterrotation mit Vergleich zur gesunden Gegenseite anlässlich der Nachkontrolle gemessen werden.

18 Patienten wiesen keinen Unterschied in der Außenrotation auf.

Eine Differenz der Außenrotation zur Gegenseite von 10° wurde bei zehn Patienten konstatiert, bei keinem wurden mehr als 10° gefunden. Eine gleichsinnige Veränderung der Innenrotation im Sinne einer Vermehrung oder Verminderung parallel zur Veränderung der Außenrotation fand sich bei fünf Patienten. Das lässt den Schluss zu, dass eine Fixation der Fraktur in Fehlrotation von 10° nicht klinisch messbar überstieg. Kein Patient bemerkte subjektiv einen Drehfehler.

4.8.1. Constant-Murley-Score

Der Constant-Murley-Score wurde 37mal erhoben. Der durchschnittliche relative Constant-Murley-Score liegt bei 90,4%. Der höchste gemessene Wert liegt bei 130% und der niedrigste bei 38% der Altersnorm. 23 Patienten erreichten das Resultat ausgezeichnet, 3 Patienten gut, 4 Patienten befriedigend, 5 Patienten ausreichend und 2 schlecht.

4.8.2. DASH-Score

Der DASH-Score wurde bei 21 Patienten erhoben, dabei lag der durchschnittliche Score bei 22,5 Punkten. Zweimal wurde der Wert 0 erhoben, was eine volle Funktionsfähigkeit bedeutet. Der höchste Score betrug ist 61,7 Punkte, aber die Patientin litt zusätzlich an Polyarthritits und Insultfolgen.

Tabelle 4: Patientenübersicht

Pat.	Alter	Seite	Tage		Implantat	Kontroll- Zeitraum	Co.Sc.abs.	Co.Sc.rel.	DASH	Komplikationen
			Unfall-Op	#-Typ						
1	88	R	10	C1	PHILOS	7 Monate	60	94%	-	fragliche Heilung
2	52	L	0	B1	PHILOS	70 Monate	46	63,00%	31	
3	65	L	5	C1	PHILOS	69 Monate	45	64%	58	Plattenausriss 2x Reop.
4	46	R	3	C2	LCP	0	-	-	-	
5	58	L	1	A3	LCP	32 Monate	-	-	-	
6	62	L	17	A2	LCP	63 Monate	82	99%	3	
7	78	L	13	A2	LCP	7 Monate	60	87%	-	
8	78	R	97	C1	PHILOS	21 Monate	75	109%	-	
9	77	R	13	C1	PHILOS	7 Monate	74	107%	-	
10	66	L	6	C1	Tibiameta	54 Monate	55	78%	33	
11	53	L	67	B3	LCP	68 Monate	89	122%	2	Reop. wegen Impingement
12	38	R	10	B1	LCP	50 Monate	94	101%	0	
13	39	R	0	C1	LCP	10 Monate	-	-	-	
14	83	L	6	B2	PHILOS	8 Monate	35	55%	-	Pseudoarthrose
15	78	L	4	B1	PHILOS	8 Monate	78	113%	-	
16	69	R	3	C1	PHILOS	43 Monate	58	83%	26	
17	43	R	1	B1	PHILOS	0	-	-	-	
18	50	R	10	C1	PHILOS	7 Monate	78	98%	-	
19	71	R	20	B1	PHILOS	40 Monate	87	126%	7	
20	82	R	1	A1	LCP	6 Monate	76	119%	-	
21	86	L	4	B1	PHILOS	10 Monate	69	108%	-	Pseudoarthrose Platte entfernt wegen Bursitis
22	38	R	8	C1	PHILOS	39 Monate	56	61%	27	
23	53	R	8	C1	PHILOS	7 Monate	63	79%	-	
24	67	L	5	B2	LCP	44 Monate	64	91%	40	
25	67	R	8	A1	LCP	37 Monate	56	80%	32	
26	37	R	5	A2	PHILOS	36 Monate	84	90%	-	
27	49	R	5	B2	LCP	11 Monate	-	-	-	Reop. wegen Impingement
28	70	L	11	B1	LCP	12 Monate	74	95%	-	
29	48	L	1	A2	LCP	32 Monate	52	65%	62	Arthrolyse
30	85	L	3	A1	LCP	17 Monate	72	113%	-	
31	79	L	10	A3	LCP	6 Monate	-	-	-	
32	70	L	6	A1	LCP	7 Monate	-	-	-	Pseudoarthrose
33	48	L	0	A1	LCP	7 Monate	80	65%	-	
34	88	R	8	C1	LCP	30 Monate	76	119%	-	
35	70	R	7	A3	LCP	31 Monate	88	117%	2	
36	57	L	2	B1	LCP	30 Monate	86	96%	4	verzögerte Heilung
37	83	L	2	B1	LCP	7 Monate	24	38%	-	verzögerte Heilung
38	76	R	2	C1	LCP	28 Monate	63	91%	15	
39	39	R	7	A2	LCP	18 Monate	-	-	-	verzögerte Heilung
40	58	L	2	C1	LCP	26 Monate	54	74%	43	
41	50	R	2	A1	LCP	12 Monate	-	-	-	
42	45	R	4	B2	LCP	Polen	-	-	-	
43	68	L	2	A1	LCP	22 Monate	91	130%	0	
44	77	R	6	B3	LCP	3 Monate	-	-	-	
45	57	L	7	C1	PHILOS	22 Monate	83	115%	30	Reop.Schraubenbruch
46	70	R	0	C1	PHILOS	16 Monate	91	110%	2	
47	68	R	2	C1	PHILOS	10 Monate	65	93%	53	

6. Diskussion

Die operative Behandlung der Oberarmschaftfraktur hat Vorteile gegenüber der konservativen Therapie: die achtwöchige äußere Immobilisation entfällt, was für jüngere Patienten eine Verkürzung des Krankenstandes und einen Entfall eines äußerst unbequemen Gipsverbandes bedeutet; alten Patienten hingegen ist eine Immobilisation kaum zuzumuten (Abb.15) und die Operation ist nicht zu selten als das weniger belastende Verfahren anzusehen. Polytraumatisierte Patienten wiederum können konservativ kaum suffizient behandelt werden. Wenn auch die Mehrzahl der Patienten mit Humerusfrakturen nicht operativ behandelt wird, wird die Indikation zur Operation deshalb zunehmend häufiger gestellt.



Abbildung 15: 88-jährige Patientin

Plattenosteosynthese und Marknagelung stellen die zwei Standardverfahren der Osteosynthese dar. Die Wahl des Verfahrens erfolgt je nach Frakturform und Präferenz des Chirurgen, weil viele Frakturen durch Marknagelung und fast alle durch Verplattung behandelt werden können.

Das größere Indikationsspektrum hat die Plattenosteosynthese, und die Resultate von Meta-Analysen oder randomisierten Studien sprechen auch für die Verplattung als das, wenn auch geringfügig, bessere Verfahren. So ist das Risiko

einer Reoperation bei Verplattung geringer^{3,27,28}, die Infektionsrate niedriger²⁷ und postoperative Schulterprobleme sind seltener^{3,28}.

Von der ventralen minimalinvasiven Verplattung ist theoretisch zu erwarten, dass das Risiko einer Nervus radialis Schädigung reduziert werden würde, dass sich das geringere operative Trauma positiv auf die Dauer der Rehabilitation auswirkt und dass die Frakturheilung dabei zumindest nicht häufiger wird.

An et al.²⁹ veröffentlichten die Resultate einer Studie, in der 19 mittels MIPO operierte Humerusschaftfrakturen mit den Daten von 21 Patienten, die durch offene Verplattung (ORIF) versorgt worden waren, verglichen wurden. Der Artikel ist allerdings nur im Abstract verfügbar, weil das Original in einem chinesischen Journal publiziert wurde. Es gab keine Infektionen, keine Pseudarthrosen und keine technischen Versager; keine Radialisläsion in der MIPO Serie, jedoch 5 passagere Läsionen in der ORIF Serie.

6.1. MIPO und Pseudoarthrose

Bei offener Plattenosteosynthese kommt es in etwa 4% und bei der Marknagelung in 5-6% zu Frakturheilungsstörungen.¹

Das Risiko einer ausbleibenden Frakturheilung bei MIPO des Humerus errechnet sich aus der Literatur (Livani¹⁰, Jiang¹³, An²⁹, Kobayashi¹⁴, Lopez-Aravelo¹¹, Zhiquan¹², Pospula¹⁶ und Apivatthakakul³⁰) mit 5/223 (2.2%).

Die Pseudarthrosenrate im eigenen Kollektiv liegt mit 4/44 (9%) deutlich höher. Eine mögliche Ursache dafür sehen wir im Belassen von Diastasen von mehr als 5 mm oder Parallelverschiebungen größeren Ausmaßes, weil bei diesen Fällen mehr Pseudarthrosen festzustellen waren als bei den besser reponierten Frakturen.

Die Annahme, dass eine achsengerechte Einstellung unter Belassung einer Parallelverschiebung und eventuell geringer Diastase zur Heilung bei MIPO am Humerus ausreicht, hat sich als nicht richtig erwiesen. Die manuelle Reposition bei eingeschobener Platte unmittelbar vor Platzierung der ersten Schrauben ist

schwierig und offenbar in manchen Fällen unzureichend. Einerseits muss auch am Humerus eine Reposition vor Anlage der Osteosynthese erfolgen, etwa durch einen Fixateur externe, und andererseits muss man bei Repositionsschwierigkeiten gegebenenfalls auch rechtzeitig auf eine offene Frakturposition umsteigen. Kobayashi et al.¹⁴ weisen daraufhin, dass sie alle Frakturen anatomisch reponiert haben und keine Pseudarthrose bei 14 Frakturen hatten; Lopez-Aravelo et al.¹¹ führen eine ihrer drei Pseudarthrosen auf eine belassene Diastase von mehr als 3 mm zurück.

An der Pseudarthrosenrate unserer Serie mag auch das relativ höhere Patientenalter von 62 Jahren mitgewirkt haben. In den anderen Serien von Livani¹⁰, Jiang¹³, An²⁹, Apivatthakakul³⁰, Kobayashi¹⁴, Lopez-Arevalo¹¹, Shantaram Shetty³¹ und Pospula¹⁶ lag das Alter im Mittel zwischen 30 Jahren und 46 Jahren.

Wir sahen keinen Schraubenbruch bei einer LCP mit 4.5 mm starken Schrauben, jedoch teilweise Probleme mit den dünneren Schrauben bei PHILOS Platten. Die PHILOS Platten wurden nur verwendet, wenn die Frakturform insbesondere mit einer Ausdehnung in den Bereich des Humeruskopfes mittels LCP nicht stabilisiert hätte werden können (Abb.13). Zur distalen Verschraubung wurden winkelstabile oder konventionelle Schrauben verwendet, welche in einem Teil der Fälle der Belastung nicht standhielten. Nicht immer hatte das Konsequenzen. Nur einmal war das Schraubenversagen an der Entstehung einer Pseudarthrose zumindest mitbeteiligt, einmal musste eine Neuverschraubung durchgeführt werden.

Kopfverriegelungsschrauben bieten experimentell in osteoporotischem Knochen einen höheren Stabilitätsgrad als konventionelle Schrauben³². In unserer Serie erfolgte die Wahl der Schraubenart nach den Kriterien des Operateurs, so dass aus den Ergebnissen diesbezüglich keine Folgerungen gezogen werden können.

Alle Implantate bestanden aus einer Titanlegierung. Einen besonderen Vorteil bieten Titanplatten in dieser Situation wahrscheinlich nicht. Im Fall der

Notwendigkeit einer Entfernung der Platte, welche durch die Länge und durch die vielen leeren Löcher (Abb.16) an sich schon schwierig ist, wären Stahlplatten sicher problemloser.

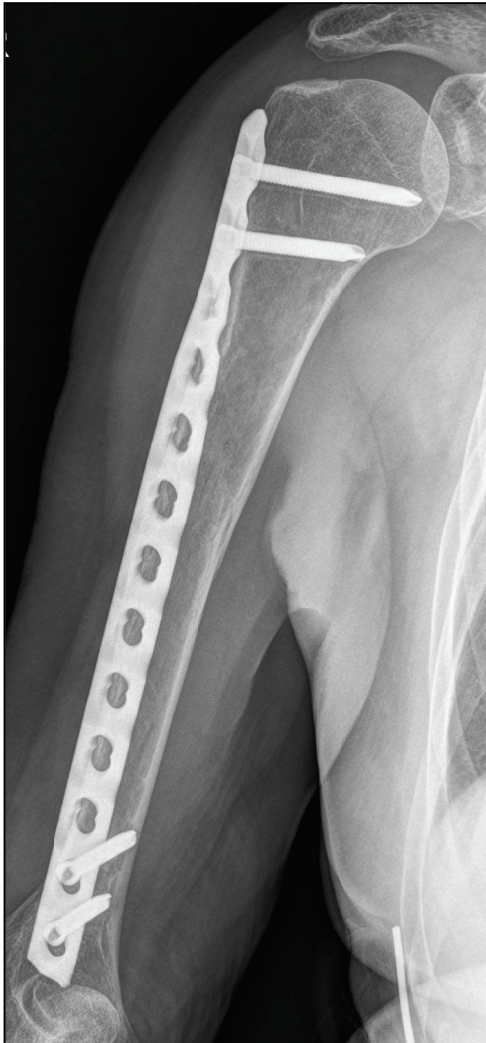


Abbildung 16: A-Fraktur versorgt mit verdrehter Platte

6.2. MIPO und Radialis

Die offene Verplattung (ORIF) führt in 10% zur Radialisschädigung, bei der Marknagelung ist mit einer solchen Komplikation in 2-3% zu rechnen¹.

Bei 188 minimal-invasiven Verplattungen (Livani¹⁰, An²⁹, Apivatthakakul³⁰, Lopez-Arevalo¹¹, Ziquan¹², Shantaram Shetty³¹ und Pospula¹⁶) kam es postoperativ in vier Fällen zu passageren Lähmungen des Nervus radialis. Bei unseren 47 Patienten trat keine Radialislähmung auf. Insgesamt ist daraus eine Frequenz

iatrogener Radialisschädigungen von 1.7% (4/235) zu errechnen. Eine Erklärung über mögliche Ursachen der vier Nervenschädigungen ist aus den Arbeiten nicht zu ersehen, jedoch fällt auf, dass eine Gruppe (Lopez) allein über drei Radialisläsionen berichtet. Eventuell liegt die Ursache dafür in der OP-Technik.

Im allgemeinen geht man davon aus, dass bei der ventralen MIPO der Nervus radialis nicht identifiziert werden muss. Nur Zhiquan et al.¹² haben angegeben, dass der Nervus radialis vor der Platteninsertion im distalen Wundbereich aufgesucht wurde.

In einer post mortem Studie fanden Apivithakakul et al.³³, dass der Nervus radialis dem distalen Plattenende sehr nahe liegen kann. In Supination des Unterarmes war die geringste Distanz zwischen Platte und Nerv 2 mm, im Mittel 3.2 mm. In Pronation jedoch konnte beobachtet werden, dass der Nerv die Platte berühren konnte.

Lopez-Arevalo et al.¹¹ studierten die Verhältnisse Platte – Nerven ebenfalls in einer post mortem Untersuchung, in der zuerst die Platten implantiert wurden und dann eine komplette Dissektion aller Strukturen durchgeführt wurde. In keinem Fall kam es zu einer Kollision zwischen Platte und Nerv. Die Distanz betrug in Supination mindestens 2.5 cm, in Pronation immer noch im Mittel 9 mm. Der Nerv war immer durch die radiale Hälfte des Musculus brachialis geschützt.

Livani et al.¹⁰ suchten die Lage des Nervus radialis an operierten Patienten mittels Ultraschall und unterschieden die Resultate je nach Frakturhöhe zwischen Brüchen in Schaftmitte bzw. im distalen Schaftdrittel. Bei Frakturen in Schaftmitte fanden sie einen Abstand Nerv – Platte von 1.6 bis 19.6 mm; bei Frakturen im distalen Drittel betrug die Distanz nur mehr 1.0 bis 8.1 mm. Allerdings positionierten die Autoren die Platten bei Frakturen im distalen Drittel in die radiale Hälfte des Humerus. Die Autoren empfehlen, bei Einführung der Platte den Ellbogen gebeugt zu halten und die Platte bei Brüchen in Schaftmitte von proximal nach distal, bzw bei Brüchen im distalen Drittel von distal nach proximal zu schieben.

Bei Verschraubungen in Schaftmitte ist der Nervus radialis in Gefahr, wenn beide Cortices durchbohrt werden¹⁰. Eine Verschraubung in Schaftmitte ist jedoch bei der MIPO auch nicht notwendig.

Die Präparation des Tunnels an der Ventralseite des Humerus wird bei leicht gebeugtem Ellbogen sowohl von proximal nach distal als auch umgekehrt vorgenommen. Ebenso unterliegt das Einführen der Platten keiner Regel, sondern richtet sich nach der Praktikabilität. Um den Nervus radialis keiner Gefahr auszusetzen wird bei der distalen Inzision kein Retraktor an der Radialseite eingesetzt und es wird auch die Platte streng in die Mitte des Humerus positioniert. Dell'Oca⁸ zeigt am anatomischen Präparat sehr eindrucksvoll, wie nahe ein Hohmann-Retraktor an der Radialseite des Humerusschaftes an dem Nervus radialis eingesetzt werden kann.

Eine Läsion des Nervus axillaris ist bei einem Zugang über den Sulcus deltoideopectoralis weitgehend ausgeschlossen.

Es kam in keinem Fall in der Literatur zu einer Schädigung des Nervus musculocutaneus. In den post mortem Untersuchungen von Apivitthakakul et al³³ bzw. Lopez-Arevalo et al.¹¹ war auch keine Gefährdung des Nervens durch die Platte zu erkennen.

Bei drei Patienten der spezifischen Literatur (1.3%) wird eine ebenfalls passagere Läsion des Nervus cutaneus antebrachii radialis nach MIPO beschrieben³⁰.

Dieser Nerv liegt häufig exakt im Bereich des distalen Zuganges (Abb.4). Findet man ihn dort nicht, kann man ihn offenbar außer Acht lassen, weil wir dann auch keine Läsion des Nervens feststellen mußten.

Die nervale Versorgung des Musculus brachialis erfolgt medial aus dem Nervus musculocutaneus und lateral aus dem Nervus radialis. Aus diesem Grund kann der Muskel in seiner Mitte gespalten werden ohne ihn in seiner Funktion zu schädigen (Livani 2004)¹⁰.

6.3. Klinische Resultate

Ein Vergleich klinischer Resultate ist nur mit Vorbehalt möglich, weil in die Scores auch subjektive Daten einfließen die Beurteilung dadurch zum Teil auch untersucherabhängig ist. Dazu kommt, dass in sieben einschlägigen Arbeiten vier verschiedene Scores verwendet wurden. Zwei von diesen Studien benützten den Constant-Score²³.

Wir haben bei 37 Patienten den Constant-Score erhoben und den altersbezogenen Relativwert angegeben, welcher im Mittel 90% betrug. Jiang et al.¹³ fanden 83 Punkte und Apivatthakakul et al.³⁰ einen Absolutwert von 86 Punkten ohne Angabe eines Relativwertes, so dass auch hier kein Vergleich möglich ist.

Kobayashi et al.¹⁴ gaben an, dass alle ihre 18 Patienten 180° Abduktion und Flexion erreichten, ohne das näher zu erläutern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die minimal-invasive ventrale Plattenosteosynthese der Humerusfraktur machbar ist mit einem im Vergleich zu alternativen Verfahren beschränktem Risiko. Die Häufigkeit iatrogenen Radialisläsionen liegt unter 2%, die Wahrscheinlichkeit einer anderen Nervenverletzung ist bei entsprechender Technik vernachlässigbar. Die Rate an Pseudarthrosen liegt nach bisherigen Erfahrungen bei knapp über 2%, aber dabei ist zu bedenken, dass diese Zahl von zehn Arbeitsgruppen errechnet ist, welche alle eine Lernkurve mitmachen mussten.

Die ventrale MIPO ist sicher eine gute Alternative zur konventionellen Plattenosteosynthese, weil die OP technisch einfacher ist und weil die Problematik um den Nervus radialis entfällt. Ob das Verfahren auch die gut etablierte Marknagelung ersetzen soll (Abb.17), ist zu bezweifeln. Die Vorteile der MIPO liegen am ehesten in der Nichtbeeinträchtigung des Schultergelenkes vor allem bei jungen Patienten. Die Nachteile sind das große extraossäre Metall, dessen Entfernung deutlich schwieriger als die eines Marknagels ist.

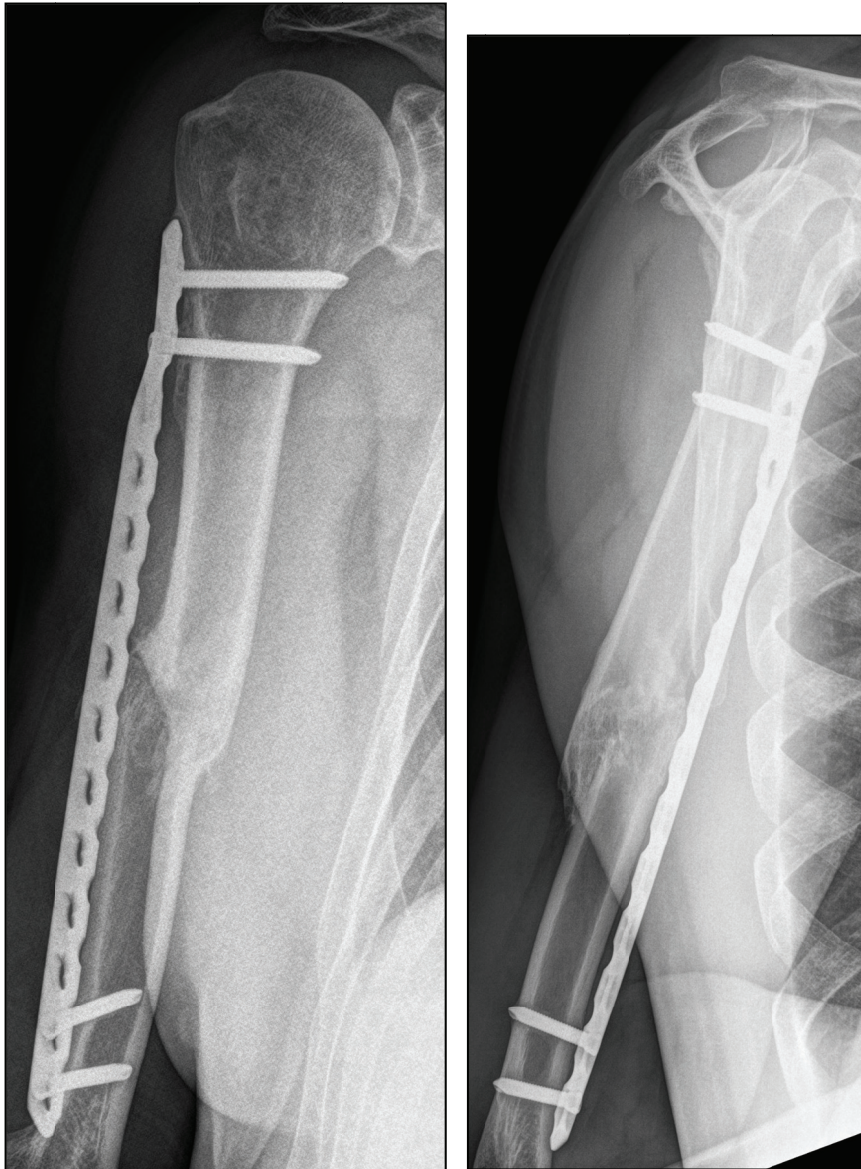


Abbildung 17: Fraktur achsengerecht verheilt

Die ideale Indikation für die ventrale MIPO des Humerus bilden etwa Frakturen bei sehr engem Markraum, Frakturen mit Ausläufern in den proximalen oder distalen metaphysären und epiphysären Bereich (Abb.18), insbesondere solche, die bis in den Humeruskopf reichen, Frakturen, die kaum durch Marknagelung zu versorgen sind, offene Frakturen oder Frakturen mit Gefäß- oder Nervenbeteiligung, Frakturen bei fortgeschrittener Osteoporose oder Frakturen bei jungen Patienten mit intakter Rotatorenmanschette.

Die Indikation zur ventralen Plattenosteosynthese ist in jenen Fällen gegeben, in denen auf Grund der Frakturform oder besonderer anatomischer Verhältnisse eine Marknagelung nicht möglich ist.

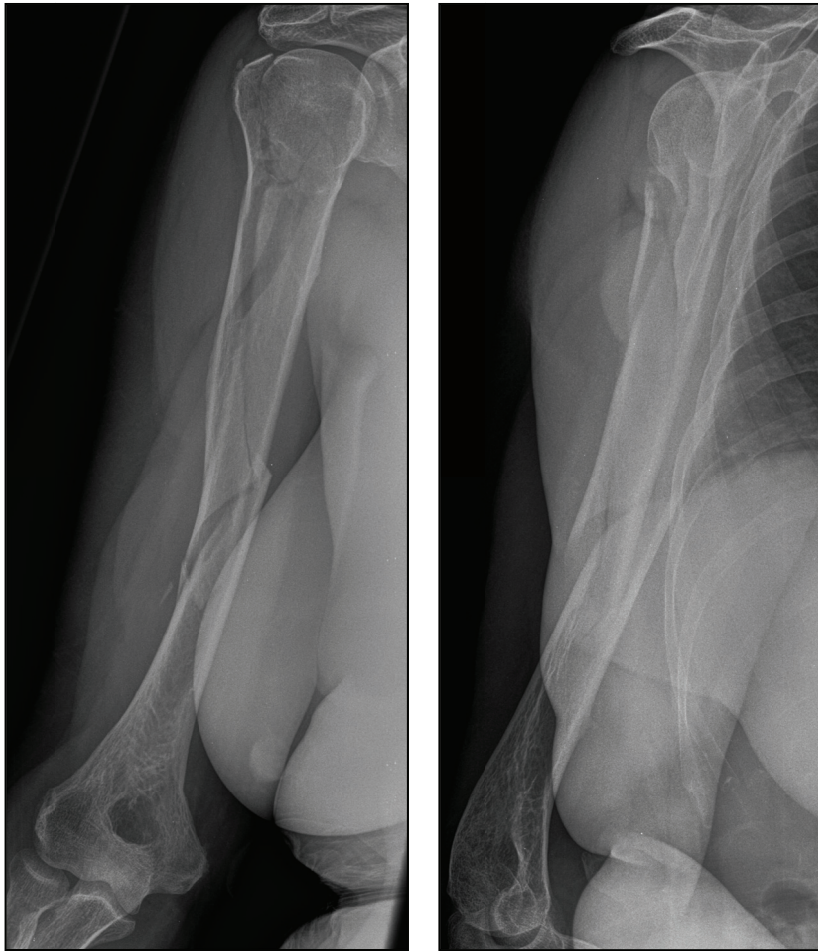


Abbildung 18: Fraktur reicht vom subkapitälen Bereich bis Diaphysemitte

7. Literaturverzeichnis

¹ Verheyden A. Komplikationen bei der Behandlung von Schafffrakturen. In : Wirth CJ, Mutscher W, Bischoff HP, Püschmann H, Neu J editor. Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Thieme; 2010. p. 190-213.

² Blum J, Engelmann R, Küchle R, Hansen M, Rommens PM. Intramedullary nailing of humeral head and humeral shaft fractures. Eur J Trauma. 2007 ;2:149-158.

³ Bhandari M, Dereaux PJ, McKee MD, Schemitsch EH. Compression plating versus intramedullary nailing of the humeral shaft fractures – a met-analysis. Act Orthop Scand. 2006 ;77:279-284.

⁴ Livani B, Belangero W, Medina G, Pimento C, Zogalb R, Mongon M. Anterior plating as a surgical alternative in the treatment of humeral shaft non-union. Int Orthop SICOT. 2010 ;34:1025-1031.

⁵ Henry AK. Extensile exposure applied to limb surgery. Livingston Edinburgh (1950) cit. nach Dell’Oca F. The principle of helical implants – Unusual ideas worth considering. Injury. 2002 ;33:Suppl

⁶ Idoine III JD, French BG, Opalek JM, DeMott L. Plating of acute humeral diaphyseal fractures through an anterior approach in multiole trauma patients. J Orthop Trauma. 2012 ;26:9-18.

⁷ Livani B, Belangero W, Kleber A, Zuiani G, Pratali R. Is MIPO in humeral shaft fractures really safe? Postoperative ultrasonographic evaluation. Int Orthop. 2009 ;33:1719-1723.

⁸ Dell’Oca F. The principle of helical implants – Unusual ideas worth considering. Injury. 2002 ;33:Suppl.

¹⁰ Livani B, Dias Belangero W. Briding plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. Int. J. Care Injured. 2004 ;35:587-595.

¹¹ Lopez-Arevalo R. et al. Treatment of Diaphyseal Humeral Fractures With the Minimally Invasive Percutaneous Plate (MIPPO) Technique: A Cadaveric Study and Clinical Results. J Orthop Trauma. 2011 ;25:294-299.

¹² Zhiquan A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z, Peiyan H. Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. J Orthop Trauma. 2007 ;21:628-633.

-
- ¹³ Jiang R, Luo CF, Zeng BF, Mei GH. Minimally invasive plating for complex humeral shaft fractures. 2007 Sep;127(7):531-5. Available from: [URL:http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17401571](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17401571). Accessed Jan 20, 2012.
- ¹⁴ Kobayashi M et al. Early Full Range of Shoulder and Elbow Motion is Possible After Minimally Invasive Plate Osteosynthesis for Humeral Shaft Fractures. Orthop Trauma. 2010 ;24:212-216
- ¹⁵ Shantaram Shetty M, Ajith Kumar M, Sulay KT, Kini AR, Kanthi KG. Minimally invasive plate osteosynthesis of humeral diaphyseal fractures. Indian J Orthopaedics. 2011 ;45:520-526.
- ¹⁶ Pospula W, Abu Noor T. Percutaneous fixation of comminuted fractures of the humerus: Initial experience at Al Razi hospital Kuwait. Med Princ Pract. 2006 ;45:520-526.
- ¹⁷ Schwarz N, Windisch M, Mayr B. Minimally invasive anterior plate osteosynthesis in humeral shaft fractures. Eur J Trauma. 2009 ;3:271-276
- ¹⁸ Schünke M, Schulte E, Schumacher U. PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie. Stuttgart: Thieme;2005. p. 258-272, 284-290,308-326,328-342.
- ¹⁹ Platzer W. Taschenatlas Anatomie 01 Bewegungsapparat. 10. Stuttgart: Thieme;2009. p. 114-116,138-148,154-158,372-380.
- ²⁰ AO12 Frakturklassifikation. Available from: [URL:http://www.mevis-research.de/-hhj/AOKlassifikation.htm#AO12](http://www.mevis-research.de/-hhj/AOKlassifikation.htm#AO12) . Accessed Feb 13,2012.
- ²¹ Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. Classification of fractures. Springer Berlin Heidelberg New York Tokyo (1990)
- ²² Dell'Oca F. The principle of helical implants – Unusual ideas worth considering. Injury. 2002 ;33:Suppl.
- ²³ Constant C.R, Murley A.H.G. A Clinical Method of Functional Assessment of the Shoulder. In : Marshall R.U. editor. CLINICAL ORTHOPAEDICS AND RELATED RESEARCH. 214. Philadelphia: J.B.LIPPINCOTT COMPANY; 1987. p. 160-164.
- ²⁴ DASH-Score. Available from: www.orthopaedicsore.com. Accessed Feb 15,2012.
- ²⁵ Fialka C et al. Modification of the Constant-Murley shoulder score-introduction of the individual relative Constant score Individual shoulder assessment. Injury. 2005 ;36:1159-1165.
- ²⁶ Germann G, Wind G, Harth A. Der DASH-Fragebogen – ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. Handchir Mikrochir Plast Chir. 1999 ;31:149-152.

-
- ²⁷ Heinemann DJ, Poolman RW, Nork SE, Ponsen KJ, Bhandari M. Plate fixation or intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *Act Orthop Scand*. 2010 ;81:216-223.
- ²⁸ McCormack RG, Brien D, Buckley RE, McKee MD, Powell J, Schemitsch EH. Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail : a prospective randomised trial. *J Bone Joint Surg*. 2000 ;82B:336-339.
- ²⁹ An Z, He X, Zeng B. A comparative study on open reduction and plating osteosynthesis and minimally invasive plating osteosynthesis in treating mid-distal humeral shaft fractures. 2009 Jan;23(1):41-4. Available from: [URL:http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?Term=Acomparativestudyonopenreductionandplatingosteosynthesisandminimalinvasiveplatingosteosynthesisintreatingmid-distalhumeralshaffractures](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?Term=Acomparativestudyonopenreductionandplatingosteosynthesisandminimalinvasiveplatingosteosynthesisintreatingmid-distalhumeralshaffractures). Accessed Jan 20, 2012.
- ³⁰ Apivatthakakul T. et al. Less Invasive Plate Osteosynthesis in Humeral Shaft Fractures. *Oper Orthop Traumatol*. 2009 ;21:602-613.
- ³¹ Shantaram Shetty M, Ajith Kumar M, Sulay KT, Kini AR, Kanthi KG. Minimally invasive plate osteosynthesis of humeral diaphyseal fractures. *Indian J Orthopaedics*. 2011 ;45:520-526.
- ³² Davis C, Stalla, Knutsen E, Whitney A, Becker E, Hsieh AH, O'Toole RV. Locking plates in osteoporosis: A biomechanical cadaveric study of diaphyseal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 2012 ;26:216-221.
- ³³ Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury*. 2005 ;36:530-538.

