

Leitlinien Unfallchirurgie – neu erarbeitete Leitlinie
AWMF-Nr. 012-023
ICD S-82.2
Erarbeitet im Expertenkonsens S1
Letztes Bearbeitungsdatum: 18.10.2017
Gültig bis 18.10.2022
Genehmigung durch Vorstand der DGU am 08.09.2017
Korrespondenz: Prof. Dr. med. Klaus Michael Stürmer
E-Mail: office@dgu-online.de



Oberarmkopffraktur

Federführende Autoren:

Prof. Dr. Karl-Heinz Frosch, Hamburg (2017)

Priv.-Doz. Dr. Christian Kammerlander, München (2017)

Dr. Tobias Helfen, München (2017)

Dr. Martin Hoffmann, Bochum (2012)

Leitlinienkommission

der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU)

in Zusammenarbeit mit der

Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU)

Prof. Dr. Klaus Michael Stürmer (Leiter)

Prof. Dr. Felix Bonnaire (Stellv. Leiter)

Prof. Dr. Klaus Dresing

Prof. Dr. Karl-Heinz Frosch

Prof. Dr. Thomas Gösling

Dr. Maximilian Heitmann

Dr. Rainer Kübke

Prof. Dr. Philipp Lobenhoffer

Dr. Lutz Mahlke

Prof. Dr. Marlovits (ÖGU)

Prof. Dr. Ingo Marzi

Dr. Christoph Obermeyer

Priv.-Doz. Dr. Oliver Pieske

Prof. Dr. Gerhard Schmidmaier

Priv.-Doz. Dr. Dorien Schneidmüller

Prof. Dr. Franz Josef Seibert (ÖGU)

Göttingen

Dresden

Göttingen

Hamburg

Braunschweig

Hamburg

Berlin

Hannover

Paderborn

Wien

Frankfurt

Kassel

Oldenburg

Heidelberg

Murnau

Graz

konsentiert mit der

Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie
und Orthopädische Chirurgie (DGOOC)

Leiter: Prof. Dr. Andreas Roth, Leipzig

Unfallchirurgische Leitlinien für Diagnostik und Therapie

PRÄAMBEL

Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) gibt als wissenschaftliche Fachgesellschaft Leitlinien für die unfallchirurgische Diagnostik und Therapie heraus. Diese Leitlinien werden von der Kommission Leitlinien in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU) formuliert und vom Vorstand der DGU verabschiedet. Die Leitlinien werden mit der Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) konsentiert. Diagnostik und Therapie unterliegen einem ständigen Wandel, so dass die Leitlinien regelmäßig überarbeitet werden.

Die Methodik der Leitlinienentwicklung und das Verfahren der Konsensbildung sind in einer gesonderten Ausarbeitung im Detail dargestellt, die jeder Leitlinie beigelegt ist. Der aktuelle Stand der Leitlinienentwicklung kann beim Leiter der Leitlinien-Kommission oder der Geschäftsstelle der DGU erfragt werden (office@dgu-online.de).

Leitlinien sollen Ärzten, Mitgliedern medizinischer Hilfsberufe, Patienten und interessierten Laien zur Information dienen und zur Qualitätssicherung beitragen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Leitlinien nicht in jeder Behandlungssituation uneingeschränkt anwendbar sind. Die Freiheit des ärztlichen Berufes kann und darf durch Leitlinien nicht eingeschränkt werden. Leitlinien sind daher Empfehlungen für ärztliches Handeln in charakteristischen Situationen. Im Einzelfall kann durchaus eine von den Leitlinien abweichende Diagnostik oder Therapie angezeigt sein. Leitlinien berücksichtigen in erster Linie ärztlich-wissenschaftliche und nicht wirtschaftliche Aspekte.

Die unfallchirurgischen Leitlinien werden nach Möglichkeit stichwortartig ausgearbeitet und sollen kein Ersatz für Lehrbücher oder Operationslehren sein. Daher sind die Leitlinien so kurz wie möglich gehalten. Begleitmaßnahmen wie die allgemeine präoperative Diagnostik oder die Indikation und Art einer eventuellen Thromboseprophylaxe oder Antibiotikatherapie werden nicht im Einzelnen beschrieben, sondern sind Gegenstand gesonderter Leitlinien. Die Behandlungsmethoden sind meist nur als kurze Bezeichnung und nicht mit Beschreibung der speziellen Technik aufgeführt. Diese findet man in Operationslehren und wissenschaftlichen Publikationen.

Die unfallchirurgischen Leitlinien sind nach einer einheitlichen Gliederung aufgebaut, so dass man bei allen Leitlinien z.B. unter Punkt 4 die Diagnostik mit ihren Unterpunkten findet. Dabei kann die Gliederung einzelner Leitlinien in den Unterpunkten sinnvoll angepasst werden.

Die Leitlinien sind so abgefasst, dass sie für die Zukunft Innovationen ermöglichen und auch seltene, aber im Einzelfall sinnvolle Verfahren abdecken. Die Entwicklung des medizinischen Wissens und der medizinischen Technik schreitet besonders auf dem Gebiet der Unfallchirurgie so rasch fort, dass die Leitlinien immer nur den momentanen Stand widerspiegeln.

Neue diagnostische und therapeutische Methoden, die in den vorliegenden Leitlinien nicht erwähnt werden, können sich zukünftig als sinnvoll erweisen und entsprechend Anwendung finden.

Die in den Leitlinien aufgeführten typischen Schwierigkeiten, Risiken und Komplikationsmöglichkeiten stellen naturgemäß keine vollständige Auflistung aller im Einzelfall möglichen Eventualitäten dar. Ihre Nennung weist darauf hin, dass sie auch trotz aller Sorgfalt des handelnden Arztes eintreten können und im Streitfall von einem Behandlungsfehler abzu-

grenzen sind. Es muss immer damit gerechnet werden, dass selbst bei strikter Anwendung der Leitlinien das erwünschte Behandlungsergebnis nicht erzielt werden kann.

Leitlinien basieren auf wissenschaftlich gesicherten Studienergebnissen und dem diagnostischen und therapeutischen Konsens derjenigen, die Leitlinien formulieren. Medizinische Lehrmeinung kann aber nie homogen sein. Dies wird auch dadurch dokumentiert, dass verschiedene wissenschaftliche Fachgesellschaften Leitlinien zu ähnlichen Themen mit gelegentlich unterschiedlichen Aussagen herausgeben.

Leitlinien oberhalb des Niveaus S1 basieren u.a. auf einer systematischen Literatur-Recherche und -Bewertung mit dem Ziel, bestimmte Aussagen Evidenz basiert treffen zu können. Der Evidenzgrad wird nach den DELBI-Kriterien ermittelt. Leider finden sich in der Unfallchirurgie auf Grund des raschen medizinischen Fortschritts nur relativ wenige Evidenz-basierte Aussagen, weil dies zahlreiche aufwändige und teure Forschungsarbeiten über einen oft 10-jährigen oder noch längeren Zeitraum voraussetzt.

Bei fraglichen Behandlungsfehlern ist es Aufgabe des Gerichtsgutachters, den zum maßgeblichen Zeitpunkt geltenden Medizinischen Standard zu beschreiben und dem Gericht mitzuteilen. Die Funktion des fachspezifischen und erfahrenen Gutachters kann nicht durch Leitlinien ersetzt werden.

Univ.-Prof. Dr. med. Klaus Michael Stürmer
Leiter der Leitlinien-Kommission
Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.

Göttingen, den 9. September 2017

Schlüsselwörter:

Allgemeine Maßnahmen – Alternativverfahren – Analgetikagabe – Anästhesieverfahren – Anschlussheilbehandlung – AO-Klassifikation – Arthroskopie – Ätiologie – Aufklärung – Augmentation – Begleitumstände – Begleitverletzungen – Behandlungsalgorithmus – Behandlungsaufschub – Bewegungseinschränkung – Collum chirurgicum – Constant Score – DASH-Score – Dauerfolgen – Dekubitusprophylaxe – Diabetes mellitus – Diagnostik – Differentialdiagnose – Dokumentation – Endoprothese – Ermüdungsfraktur – Flüssigkeits- und Elektrolytbilanzierung – Frakturrisiko – Frühmobilisation – Gefäß- und Nervenläsion – Geriatrische Rehabilitation – Gerinnungshemmende Substanzen – Gleichgewichtsstörungen – Grunderkrankungen – häuslicher Sturz – Head Split Fraktur – Hemiprothese – Heterotrope Ossifikationen – Hormonmangel – Hormonsubstitution – Humerus – Humeruskopf – Humeruskopffraktur – Humeruskopffrakture – Humeruskopfnekrose – Impingement – Implantatentfernung – Implantatversagen – Indikation – Infektionsprophylaxe – Inverse Prothese – Inzidenz – Kalziumsubstitution – kardiovaskuläre Erkrankungen – Klassifikation nach Codman/Hertel – Kapsulitis – Klassifikation nach Neer – Klinische Erstversorgung – Klinisches Management – Knochenbezogen – Knochenersatzmaterial – Komplikationen – Kompressionsschraube – Koordinationsstörungen – körperliche Aktivität – künstlicher Gelenkersatz (Endoprothesen) – Labor – Lagerung – Lagerungstherapie – Leitlinien – Logistik – Lokalisation – Lungenembolie – Luxation – Luxationsfraktur – Marknagelung – Mobilisation – Morbidität – Mortalität – MRSA – Multimorbidität – Muskel- und Gleichgewichtstraining – Muskelaufbau – Neurologische Erkrankungen – nichtoperative Behandlung – niedrige Knochendichte – Notfallmaßnahmen – Oberarm – Oberarmhals – Oberarmkopf – Oberarmkopffraktur – Oberarmkopffrakture – Oberarmkopfpseudarthrose – Omarthrose – Operationszeitpunkt – operative Behandlung – Osteoporose – Osteosynthese – Östrogen Therapie – pathologische Fraktur – Perioperative Maßnahmen – Physiotherapie – Plattenosteosynthese – Plexusläsion – Postoperative Behandlung – Postoperative Maßnahmen – posttraumatische Omarthrose – Präklinisches Management – Prävention – Prognose – Pseudarthrose – Rasanztraumen – Regionale Anästhesieverfahren – Rehabilitation – Reosteosynthese – Risiken – Risikofaktoren – Röntgen – Rotatorenmanschette – Skalenus-Block – Schmerztherapie – Schraubenosteosynthese – Schulter – Schultersteife – Soziale Umstände – Spätkomplikationen – Spongiosaplastik – Standardverfahren – Stromunfall – Synkopen – Therapie nichtoperativ – Therapie operativ – Thrombose – Thromboseprophylaxe – Totalendoprothese – Transport – Tubercula – Unfallhergang – Verletzungshergang – Verletzungsrisiken – Vorerkrankungen – Zerebrovaskuläre Erkrankungen – Zugang

Keywords:

Aetiology – acceleration trauma – accident sequence – accompanying circumstances – accompanying injuries – algorithm – alternative procedures – anaesthetic procedures – analgetics – anaesthesia – anticoagulants – AO/OTA classification – approach – arthroscopy – artificial joint replacement (endoprosthesis/arthroplasty) – balance disturbances – blood vessel or nerve lesion – bone related – calcium supplementation – cardio vascular diseases – cerebrovascular diseases – Codman/Hertel – comorbidities – complication – composite osteosynthesis – connecting rehabilitation – consent – contraindication – DASH-score – decubitus prophylaxis – diabetes mellitus – diagnostics – differential diagnosis – dislocation – displacement – disturbance – documentation – DVT – early mobilization – emergency measures – endoprosthesis – estrogen therapy – fall from standing height – fatigue fracture – first line clinical treatment – first line clinical management – fluid and electrolyte balance – functional status score – general measures – geriatric rehabilitation – greater tubercle – guidelines – hardware removal – head split fracture – hemiarthroplasty – heterotropic ossification – high voltage injury – hormone deficiency – hormone supplementation – humerus - humeral fracture – impingement – implant failure – infection prophylaxis – injury mechanism – injury risks – internal fixation – intramedullary nailing – laboratory parameters – limitation of movement – localization – logistics – long term complications – long term consequences – low bone density – malunion – mobilization – morbidity – mortality – MRSA – multi morbidity – Neer-classification – neurological diseases – non-operative treatment – nonunion – omarthrosis – open reduction – operative treatment – osteoporosis – osteosynthesis – pain – pathological fracture – perioperative treatment – physical activity – physiotherapy – placement therapy – placement/positioning – plate fixation – postoperative measures – postoperative treatment – posttraumatic – preclinical management – pre-existing diseases/comorbidity – prevention – proximal humerus – proximal humeral fracture – pseudoarthrosis – pulmonary embolism – regional anaesthetic procedures – rehabilitation – removal of implant – reverse shoulder – risk – risk factors – risk of fracture – rotator cuff – Salter/Harris – seizure – shoulder – social circumstances – standard procedures – surgical neck – surgical stocking – surgical timing – syncope – therapy – thrombosis (DVT) – thrombosis (DVT) prophylaxis – total shoulder – total shoulder arthroplasty – transport – treatment algorithm – treatment delay – tubercle – upper arm – upper extremity – X-ray

1. Allgemeines

Die allgemeine [Präambel](#) für Unfallchirurgische Leitlinien ist integraler Bestandteil der vorliegenden Leitlinie. Die Leitlinie darf nicht ohne Berücksichtigung dieser Präambel angewandt, publiziert oder vervielfältigt werden.

Diese Leitlinie gilt nicht für Frakturen im Wachstumsalter.

- 6,6/1000 Personen Jahre ^{7, 87, 100}
- Dritthäufigste Fraktur bei Patienten über 60 Jahre ^{7, 111}
- 4-6% aller Frakturen im Erwachsenenalter ^{7, 22, 23, 126}
- Indikatorfraktur für Osteoporose ³⁷
- Verhältnis Frauen:Männer 7:3 ¹¹³
- Deutlicher Anstieg in den letzten Jahrzehnten ⁴⁸

1.1 Ätiologie

- Sturz auf die Schulter
- Direkte Gewalteinwirkung auf die Schulter
- Kombination mit Luxation

1.1.1 Strukturelle Ursachen

- Osteoporose ³⁹
- Rauchen
- Alkoholabusus ⁴⁴
- Gangunsicherheit
- Kardiovaskuläre Erkrankungen
- Neurologische Erkrankungen
- Metabolische Erkrankungen
- Muskelschwäche
- Sehstörungen
- Tumorbedingte Osteolysen ⁹³
- Knochenzysten
- Inaktivität
- Hormonmangel
- Krampfanfall ^{54, 62}
- Stromunfall ¹²⁰
- Mangelernährung

1.1.2 Pathomechanismus

- Patienten bis 60 Jahre (je nach Aktivität)
 - Sport-/Freizeitverletzung
 - Hochrasanztraumen
 - Verkehrsunfälle
 - Stürze
 - Arbeitsunfälle

- Patienten über 60 Jahre^{108, 112} (je nach Aktivität)
 - Sturz im häuslichen Umfeld¹⁴
 - Gangunsicherheit¹³
 - Umgebung (Glätte, Stufen, etc.)

1.2 Prävention

1.2.1 Nicht medikamentös (siehe Basismaßnahmen aktuelle Leitlinien Osteoporose der DVO(6))⁸¹ insbesondere:

- Abklärung und Behandlung von neuro-muskulären Erkrankungen
- Vermeidung der Immobilisation
- Regelmäßige körperliche Aktivität
- Verbesserung der Muskelkraft und Koordination³⁵
- Alter > 70 Jahre jährliche Sturzanamnese
- Bei hohem Sturzrisiko Ursachen- und Risikoabklärung
- Therapie vermeidbarer Sturzursachen
- Allgemeine Unfallverhütung (Altersgerechte Wohnungseinrichtung)
- Körperliches und geistiges Training³⁵
- Medikamentenrevision
- Ausreichende Ernährung (BMI>20)
- Calciumreiche Ernährung (1200-1500 mg/Tag)
- Vermeidung eines sturzfördernden Vitamin-D-Mangels
- Gegebenenfalls Supplementierung (400-1200 IE/Tag Vitamin D oral)
- Ausreichende Sonnenexposition (30 min täglich)
- Nikotinvermeidung
- Behandlung Sturz verursachender Erkrankungen
- Erkennung und rechtzeitige Behandlung bei Filialisierung maligner Tumoren
- Erkennung und rechtzeitige Behandlung von Knochenzysten

Maßnahmenkatalog zur Prävention erstellen, z.B.:

- *Dem Wetter angepasstes Schuhwerk und Gehhilfen*
- *Altersgerechte Wohnungseinrichtung (Türschwellen und Teppiche vermeiden, Handläufe benutzen)*
- *Überprüfung der Sehfähigkeit*
- *Gute Beleuchtung auch nachts*
- *Medikamente anpassen, die das Gleichgewicht beeinträchtigen*
- *Muskelaufbau- und Kraftübungen*

1.2.2 Medikamentös

(bezüglich Diagnostik und spezieller Therapie siehe aktuelle Leitlinie Osteoporose der DVO(6))⁸¹

Bei Verdacht auf eine Osteoporose assoziierte Fraktur: Diagnostik, Prophylaxe und Therapie der Osteoporose nach DVO-Leitlinien veranlassen



1.3 Lokalisation

- Tuberculum majus
- Epi- und Metaphyse
- Humeruskopf als „Head split“
- Luxationskomponente Humeruskopf

1.4 Typische Begleitverletzungen

- Meist isolierte Verletzung
- Abhängig vom Unfallmechanismus
 - Rotatorenmanschettenrupturen
 - Ipsilaterale distale Radiusfraktur (Kettenverletzung)
 - Hüftgelenksnahe Fraktur (Osteoporose)
 - Schädel-Hirn-Traumen ¹²⁸
 - Bei Hochrasanztraumen
 - Mehrfachverletzung
 - Thoraxtrauma, Rippenfrakturen
 - HWS-Trauma
 - Fraktur der ersten Rippe
 - Skapulafraktur
 - Clavikulafraktur
 - Plexusläsion
 - Selten A. axillaris-Schaden ^{22, 71, 84, 86}
 - Selten Pectoralis major-Sehnenverletzung ⁹

1.5 Klassifikation

- Codman-Hertel ⁴¹ („Lego[®]-System“)
 - 5 Basis-Frakturebenen
 - 12 Basis-Frakturemuster
- AO/OTA (1990) ⁷⁵
 - 11 A1-A3: extraartikulär einfach
 - 11 B1-B3: extraartikulär bifocal
 - 11 C1-C3: intraartikulär
- Neer (1970) ⁷⁹

(Dislokation definiert als > 1cm oder >45°)

 - Typ I: nicht und wenig dislozierte Frakturen
 - Typ II: dislozierte Frakturen des anatomischen Halses

- Typ III: dislozierte Frakturen des chirurgischen Halses

- Typ IV: dislozierte Frakturen des Tuberculum majus
 - Typ IV/2: Isolierte Tuberculum majus Fraktur mit Dislokation
 - Typ IV/3: Tub. Majus Fraktur und Fraktur des chirurgischen Halses
 - Typ IV/4: Frakturen beider Tubercula und des chirurgischen Halses

- Typ V: Frakturen des Tuberculum minus
 - Typ V/2: Isolierte Fraktur des Tuberculum minus
 - Typ V/3: Tub. minus- und chirurgische Hals-Fraktur
 - Typ V/4: = Typ IV/4

- Typ VI: Luxationsfrakturen
 - Typ VI/2: Isolierte Luxationsfraktur eines Tuberculums oder des chirurgischen Halses
 - Typ VI/3: Luxationsfraktur eines Tuberculums und des chirurgischen Halses
 - Typ VI/4: Luxationsfraktur beider Tubercula und des chirurgischen Halses
 - Typ VI Frakturen werden zudem nach der Luxationsrichtung (anterior/posterior) klassifiziert
 - Frakturen der Gelenkfläche
 - Impressionsfrakturen
 - Headsplit-Frakturen

- Jakob (1991) ⁴⁶
Sonderform der „valgusimpaktierten 4-Segmentfraktur“

- Habermeyer (1989) ³⁸
 - Typ 0: Ein-Part-Fraktur
 - Typ A: Zwei-Part-Fraktur
 - Typ B: Collum chirurgicum
 - Typ C: Collum anatomicum
 - Typ X: Fraktur mit Luxation

Zur Auswahl des therapeutischen Vorgehens wird eine Klassifizierung der Fraktur auf der Grundlage aussagekräftiger Röntgenbilder empfohlen, bei höhergradigen, komplexeren Frakturen ist im Zweifelsfall zur z.B. zur Beurteilung des Tuberculum majus oder einer Head-Split-Komponente eine CT-Bildgebung indiziert.

2. Präklinisches Management

2.1 Analyse des Unfallhergangs

- Siehe 1.1
- Übermittlung wesentlicher Begleitumstände
- Minimierung des Informationsverlustes

2.2 Notfallmaßnahmen und Transport ¹³³

- Im Rahmen einer Monoverletzung:
 - Immobilisation der Schulter
 - Analgesie
 - Keine Reposition einer glenohumeralen Luxation bei Verdacht auf Frakturkomponente ⁴⁰
 - Transport in eine unfallchirurgische Praxis oder Klinik
 - Innerhalb eines Traumanetzwerks: mindestens lokales Traumazentrum
- Im Rahmen einer Mehrfachverletzung:
 - Siehe oben
 - Vorgehen gemäß gültigen Versorgungsalgorithmen/Leitlinien (ATLS, DGU-S3 Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung)
 - Transport in ein Regionales oder Überregionales Traumazentrum

2.3 Dokumentation

- Schriftliches Übergabeprotokoll durch Rettungspersonal sinnvoll
- Mitteilung über:
 - Primär:
 - Neurovaskulärer Status der Extremität
 - Sekundär:
 - Alle relevanten Angaben zum Unfall
 - Arbeitsunfall: genauer Hergang
 - Das soziale Umfeld
 - Bekannte Vorerkrankungen
 - Mentale Dysfunktion
 - Frühere Unfälle
 - Sturzneigung
 - Medikamente
 - Nikotin
 - Alkohol
 - Drogen
 - Multiresistente Keime
 - Infektionen (speziell Hepatitis B, C, HIV)

3 Anamnese

3.1 Analyse des Verletzungsmechanismus

- Richtung und Maß der einwirkenden Kräfte
- Weichteilrelevante Unfall- / Verletzungsmechanismen
- Hinweise auf Begleitverletzungen aus biomechanischer Sicht

3.2 Gesetzliche Unfallversicherung

- In Deutschland muss bei allen Arbeitsunfällen, bei Unfällen auf dem Weg von und zur Arbeit, bei Unfällen in Zusammenhang mit Studium, Schule und Kindergarten sowie allen anderen gesetzlich versicherten Tätigkeiten - einschließlich aller ihrer Folgen - eine Unfallmeldung durch den Arbeitgeber erfolgen, wenn der Unfall eine Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Kalendertagen oder den Tod zur Folge hat.
- In Österreich muss diese Meldung in jedem Fall erfolgen.
- Diese Patienten müssen in Deutschland einem zum Durchgangsarztverfahren zugelassenen Arzt vorgestellt werden. Dieser entscheidet über die Einleitung eines bg-lichen Heilverfahrens.
- Die weitere Behandlung muss zum frühestmöglichen Zeitpunkt in einer von der DGUV zugelassenen Einrichtung erfolgen, abgestuft nach DAV, VAV und SAV.
- Bei allen späteren Unfallfolgen und Folgeerkrankungen muss das bg-liche Heilverfahren wieder aufgenommen werden.
- Nach dem Verletzungsartenverzeichnis der DGUV sind folgende proximale Oberarmfrakturen in für VAV oder SAV zugelassenen Kliniken zu behandeln:
 - 7.5 VAV: Verrenkungsbrüche des Schultergelenkes, mehrfragmentäre verschobene Brüche des Oberarmkopfes bei gegebener oder abzuklärender Operationsnotwendigkeit.
 - 7.5 SAV: Vorgenannte Verrenkungsbrüche des Schultergelenkes oder vorgenannte Brüche des Oberarmkopfes bei gegebener oder abzuklärender Indikation zum primären Gelenkersatz.
 - Unfallfolgen wie z.B. posttraumatische Omarthrose.

3.3 Vorerkrankungen und Verletzungen

- Lokal:
 - Frühere Erkrankungen und Verletzungen der Schulter (auch der Gegenseite)
128
 - Voroperationen
 - Klinisch manifester degenerativer Rotatorenmanschettenschaden vor dem Unfall
 - Impingementsymptomatik
 - AC-Gelenks-Arthrose
 - Omarthrose
 - Tendinitis calcarea
 - Knochenerkrankungen
 - Gelenkerkrankungen
 - N. axillaris-Schaden
 - Plexusschaden

- Lymphödem
- Lokaler Infekt
- Lokale Hauterkrankung
- Tumorleiden, -operationen
- Tendinitis der langen Bizepssehne

- Allgemein:
 - Kardiovaskuläre Erkrankungen
 - Neurologische Erkrankungen
 - Zerebrovaskuläre Erkrankungen
 - Osteoporose¹⁰⁵
 - Malignom
 - Rheumatische Vorerkrankungen
 - Diabetes mellitus
 - Leber-/Nierenerkrankungen
 - Infektionen
 - Hepatitis B, C
 - HIV
 - Multiresistente Keime
 - Allgemeine Hauterkrankungen
 - Allergien
 - Kontinenz
 - Flüssigkeitsbilanz
 - Bisherige Mobilität, Aktivitäten des täglichen Lebens
 - Alkoholabusus

- Sozial
 - Soziale Umstände/Prognose
 - Familiensituation
 - Pflegefall
 - Rechts-/Linkshänder
 - Rehabilitationsfähigkeit

3.4 Wichtige Begleitumstände

- Zeitpunkt und -intervall zwischen Unfall und stationärer Aufnahme
 - Ausschluss längerer Luxationsstellungen

- Medikamente
 - Gerinnungshemmende Substanzen
 - Acetylsalicylsäure (ASS) und Kombinationspräparate
 - Cumarine
 - Neue orale Antikoagulantien (NOAK)
 - Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR)
 - Clopidogrel
 - Zytostatika
 - Metforminhaltige Antidiabetika
 - Kortison
 - Alkoholeinfluss
 - Nikotin

- Drogen

3.5 Symptome

- Schmerzen in der Schulter und/oder Oberarm
- Ausstrahlung bis in die Hand
- Funktionseinschränkung der Schulter
- Motorische Ausfälle
- Sensible Ausfälle
- Im Laufe von Tagen oft ausgedehnte Hämatombildung ¹²⁸

4 Diagnostik

4.1 Notwendige Untersuchungen

4.1.1 Klinische Untersuchung lokal

- Schonhaltung des verletzten Armes
- Prellmarke und Hämatom (am Unfalltag selten)
- Schmerzen bei aktiver und passiver Bewegung ¹²⁸
- Druckschmerz proximaler Oberarm
- Leere Gelenkpfanne
- Stauchungsschmerzen
- Krepitation ¹²⁸ – dabei keinen zusätzlichen Schmerz auslösen!
- Infektionen im späteren Operationsgebiet und Axilla
- Periphere Durchblutung
- Neurologische Ausfälle (speziell: Sensibilität im autonomen Gebiet des N. axillaris) ^{61, 128}
- Wunden im Frakturbereich
- Schwellung, Spannungsblasen
- Begleitverletzungen (insbesondere bei Rasanztraumen)
- Bewegungsausmaß der gesunden Seite als Referenz

4.1.2 Röntgenuntersuchung (konventionell)

- Schulter und proximaler Humerus in 2 Ebenen ^{90, 107, 112}
 - Schulter und proximaler Humerus true a.p.
 - Proximaler Humerus axial oder Y-Aufnahme (Skapula tangential)

Der proximale Oberarm und das Schultergelenk sollten in zwei senkrecht aufeinander stehenden Ebenen abgebildet werden. Bei der transthorakalen Aufnahme oder der Skapula-tangential-Aufnahme ist die Beziehung des Kopfes zum Glenoid oft nicht ausreichend zu beurteilen. Bei stark dislozierten Mehrfragmentfrakturen kann eine Durchleuchtungsaufnahme unter Zug bei der Auswahl des Operationsverfahrens hilfreich sein



- Gesamter Oberarm mit Ellenbogengelenk in 2 Ebenen bei Verdacht auf Frakturausläufer im Schaft oder begleitende Ellenbogenverletzung

4.1.3 Laboruntersuchungen

- Laboruntersuchung unter Berücksichtigung von Alter und Begleiterkrankungen des Patienten
 - Ursachenuntersuchung
 - Operationsvorbereitung

4.2 Fakultative Untersuchungen

4.2.1 Computertomographie^{41, 112}

- Beurteilung der Tubercula
- Beurteilung der Kalotte
- Beurteilung der glenohumeralen Zentrierung
- Beurteilung einer „Head-Split“-Situation
- Beurteilung der Knochenstruktur
- 3-D-Rekonstruktionen
- Entscheidungshilfe Osteosynthese vs. Endoprothese

4.3 Ausnahmsweise

- Magnetresonanztomographie
 - bei V. a. pathologische Fraktur, Plexusverletzung
 - Als Ergänzung zur Evaluation der Rotatorenmanschette
- Sonographie
 - Beurteilung der Rotatorenmanschette, auch im postoperativen Verlauf
 - Beurteilung der langen Bizepssehne
 - Verlaufskontrollen der Rotatorenmanschette
- Röntgenaufnahme des Thorax
- Bildwandler-Durchleuchtung
- Röntgenaufnahmen des Ellenbogens und des Handgelenks bei klinischem Verdacht
- Bei Zusatzverletzungen:
 - Dopplersonographie
 - Angiographie
 - Fachneurologische Untersuchung
 - Elektrokardiogramm (EKG)
- Ausschluss multiresistenter Keime
- Kreuzblut für Blutgruppe und Blutkonserven

4.4. Nicht erforderlich

- Szintigraphie
- Arthrographie

4.5 Diagnostische Schwierigkeiten

- Undislozierte Fraktur
- Rotatorenmanschettenverletzung
- Stellung des Kopfes zum Glenoid (Luxationsfraktur)
- Abgrenzung einer pathologischen Fraktur (selten)
- Begleitende Glenoidfraktur (vordere Pfannenlippe)
- Traumatischer Nervus axillaris-Schaden
- Gefäßverletzung (Intimaläsion)

4.6 Differentialdiagnose

- Humerusschaftfraktur
- Schulterprellung
- Schulterluxation
- Rotatorenmanschettenruptur
- Bizepssehnenruptur
- Skapulafraktur
- AC-Gelenk luxation
- Laterale Clavikulafraktur
- Schultergelenkinfektion

5 Klinische Erstversorgung

5.1 klinisches Management

- Lagerung
- Ruhigstellung im immobilisierenden Verband

5.2 Allgemeine Maßnahmen

- Thromboseprophylaxe
 - (siehe zum Risiko, allgemeinen und medikamentösen Maßnahmen aktuelle interdisziplinäre Leitlinie Thromboseprophylaxe der AWMF (5))
 - Rasche Mobilisation des Patienten
- Infektionsprophylaxe
 - Eine Antibiotikaprophylaxe reduziert die Rate der oberflächlichen und tiefen Wundinfektionen²⁰
 - Eine Antibiotika-Einzeldosis mit Beginn der Anästhesieeinleitung ist für die Routine ausreichend⁵
 - Behandlung von ggf. aufgetretenen Spannungsblasen

- Schmerztherapie
 - Analgetikagabe

- Dekubitusprophylaxe
 - Frühzeitige Mobilisation
 - Bettruhe normalerweise nicht erforderlich
 - Lagerung auf speziellen druckmindernden z.B. Gel-Matten auf dem Operationstisch reduziert die Dekubitusrate
 - Abschwellige Maßnahmen

6. Indikation zur definitiven Therapie

Ziel ist die Wiedererlangung einer guten Funktion des Armes und der Schulter.

Die Wahl des Behandlungsverfahrens wird wesentlich beeinflusst durch den Frakturtyp, die Knochenqualität (Osteoporose), das biologische Alter, den Funktionsanspruch und Begleiterkrankungen.

6.1 Nicht operativ

Ein Großteil aller Frakturen wird konservativ behandelt ^{22, 52, 64, 67, 85, 108}

Nicht dislozierte oder gering dislozierte Fraktur (One-Part-Fraktur) ^{64, 112, 126}

Reponier- und retinierbare Frakturen

Allgemeine oder lokale Kontraindikationen gegen eine Operation

6.2 Operativ

Die Indikation zur Osteosynthese oder Endoprothese wird kontrovers diskutiert. Sie sollte sich auf rational nachvollziehbare Argumente stützen und ist im Einzelfall immer individuell zu stellen. Je nach Erfahrung mit der Osteosynthese oder Endoprothese, logistischen Umständen und traditionellen Vorgehensweisen sind Ergebnisse in verschiedenen Institutionen eines Landes und international bei vergleichbaren Untersuchungen unterschiedlich ^{26 36, 64, 85, 96}

6.2.1 Indikation zur Osteosynthese

- Dislozierte Fraktur ^{67, 112, 122}
- Luxationsfraktur
- Serienverletzung der Extremität
- Sekundärer Dislokation nach konservativer Therapie
- Begleitende Gefäßschäden
- Nervenschaden
- Offene Fraktur
- Pathologische Fraktur ⁹³

6.2.2 Indikation zur Endoprothese

- Head split Frakturen beim alten Menschen mit reduzierter Knochenqualität

- Mehrfragmentfraktur beim alten Menschen mit Defektzonen und „eierschalenartig“ ausgedünntem Kopffragment
- Nicht ausreichend reponierbare Frakturen
- Länger bestehende Luxationsfrakturen
- Fehlgeschlagene Osteosynthese mit Gelenkdestruktion und fehlender Rekonstruktionsmöglichkeit⁶¹
- Humeruskopfnekrose mit Gelenkdestruktion⁹⁷
- Pathologische Fraktur bei fehlender osteosynthetischer Versorgungsmöglichkeit⁹⁷

6.2.3 Differentialindikationen für Endoprothesen

- Bei nicht rekonstruierbaren Humeruskopffrakturen bei jüngeren Patienten ist die Hemiprothese oder die anatomische Prothese mit Pfannenkomponente möglich, sollte jedoch aufgrund der oft unbefriedigenden klinischen Ergebnisse zurückhaltend eingesetzt werden^{10, 89, 92, 125}
- Eine begleitende Rotatorenmanschettenmassenruptur spricht für die Implantation einer inversen Schulterprothese^{97, 128}
- Nicht reponierbare Tubercula können die Implantation einer inversen Prothese erforderlich machen^{97, 128}
- Eine inverse Schulterprothese kann bei rezidivierenden Luxationen einer Hemiprothese notwendig werden^{97, 128}
- Bei älteren Menschen wird in aktuellen Studien bei nicht-rekonstruierbaren Humeruskopffrakturen die inverse Schulterprothese favorisiert^{24, 34, 72, 89, 124}

6.3 Stationär/ambulant

- die konservative Therapie erfolgt meist ambulant, abhängig von:
 - Allgemeinzustand
 - Nebenerkrankungen
 - Begleitverletzungen
- die operative Therapie erfolgt in der Regel stationär und nur ausnahmsweise ambulant.

7. Therapie nicht operativ

7.1 Logistik

- Stützverbandsmaterial
- Orthese
- Physiotherapeutisches Behandlungskonzept^{18, 117}
- Möglichkeit der radiologischen Kontrolle der Fraktur

7.2 Begleitende Maßnahmen

- Analgetika bedarfsabhängig
- Manuelle Lymphdrainage
- Aufklärung

- über Behandlungskonzept
- Alternativverfahren
- Komplikationsmöglichkeiten, Risiken und Langzeitfolgen
- Klärung der häuslichen Versorgung
- Behandlung der Sturzursache
- Diagnostik und Behandlung von weiteren Begleiterkrankungen

7.3 Häufigste Verfahren

- kurzfristige Ruhigstellung (z.B. Gilchristverband, Desaultverband) ¹¹²
- Analgetika
- funktionelle Behandlung (kurze Immobilisation, danach passive und aktive Bewegungsübungen bis zur Schmerzgrenze) ¹¹²

7.4 Alternativ Verfahren

- Operation

7.5 Seltene Verfahren

- Reposition und Ruhigstellung im Thorax-Abduktionsverband

7.6 Zeitpunkt

- Möglichst früh nach dem Unfall

7.7 Weitere Behandlung

- Röntgenkontrollen im Verlauf
- Kontrollen von Orthese, Durchblutung und Nervenfunktion
- Bei anhaltenden Schmerzen oder Gefühlsstörungen sofortige Vorstellung bei einem Facharzt
- Selbständige Bewegungsübungen des Ellenbogens und der Gelenke der Hand
- Bei sekundärer Dislokation Operationsindikation erneut prüfen
- In Vergleichsstudien zeigte die einwöchige Immobilisation kurzfristig Vorteile gegenüber der dreiwöchigen Ruhigstellung, nach einem Jahr glichen sich die klinischen Ergebnisse beider Gruppen weitgehend an ^{39, 42, 53}

7.8 Risiken und Komplikationen

- Sekundäre Dislokation der Fraktur
- Oberarmkopfnekrose (s. Pkt. 11. Prognose)
- Sekundäre Arthrose
- Verzögerte Heilung und Pseudarthrose
- Heilung in Fehlstellung
- Ausgedehntes Hämatom am Arm und Stamm
- Hämatom bedingtes Kompartmentsyndrom Unterarm
- Druckstellen durch den Stützverband
- Blutumlaufstörungen und Schwellung der Hand durch den Stützverband

- Bewegungseinschränkung, Funktionsbehinderung und Kraftminderung des gesamten Armes³⁹
- Persistierende Schulterschmerzen
- Neurologische Ausfälle
- Complex Regional Pain Syndrom (CRPS)¹⁹
- Medikamentennebenwirkungen

8. Therapie operativ

8.1 Logistik

8.1.1 Osteosynthese

- Instrumente und Implantate für die Osteosynthese
- Möglichkeit der intraoperativen Durchleuchtung
- Möglichkeit für zusätzliche fixierende Stützverbände
 - Instrumente für intraoperative Komplikationen
 - Instrumente für Endoprothese
 - Instrumente für Spongiosaplastik
 - ggf. Knochenersatzmaterialien
 - Knochenzement
 - Bei bekannter Chrom-Nickelallergie: Titanimplantate
 - Instrumente und Implantate für Rotatorenmanschettenrekonstruktion, -refixation

8.1.2 Endoprothese

- Instrumente und Implantate für die Schulterprothese in geeigneter Größe (anatomisch und invers)
- Instrumente für intraoperative Komplikationen
 - Instrumente für zusätzliche Osteosynthese
 - Instrumente für Spongiosaplastik
 - ggf. Knochenersatzmaterialien
 - Knochenzement
 - Bei bekannter Chrom-Nickelallergie: Titanimplantate
 - Instrumente und Implantate für Rotatorenmanschettenreparatur/ -refixation

8.2 Perioperative Maßnahmen

8.2.1 Allgemeine Maßnahmen

- Aufklärung über Therapie, Gefahren, Erfolgsaussichten und Alternativverfahren
- Labor, EKG, und Röntgenaufnahme des Thorax nach Alter und Anamnese
- Ausschluss von HIV und Hepatitis

- Thromboseprophylaxe nach individuellem Gefährdungsrisiko (s.a. AWMF-S3-Leitlinie VTE-Prophylaxe ⁴⁾)
- Antibiotikagabe sinnvoll (s.a. 5.2, Leitlinie Antibiotika ⁵⁾)
- Lagerung auf speziellen druckmindernden z.B. Gel-Matten auf dem Operationstisch reduziert deutlich die Dekubitusrate
- 2 Erythrozytenkonzentrate auf Abruf beim gerinnungskompetenten Patienten, mehr nach Morbidität

Nach Desinfizieren mit alkoholischen Desinfektionsmitteln auf trockene Auflagefläche, insbesondere am Rücken, achten.



8.2.2 Patienten mit gerinnungsbeeinträchtigenden Medikamenten

- Patienten mit gerinnungshemmenden Medikamenten sollten individuell und interdisziplinär beurteilt werden
- Es findet eine Risikoabwägung zwischen den Folgen einer OP-Verzögerung, einer vermehrten perioperativen Blutungsneigung und den Auswirkungen auf die Grunderkrankung statt.
- Diese Erwägungen können auch die Auswahl des Operationsverfahrens beeinflussen

8.2.3 Anästhesieverfahren

- Vollnarkose
- Regionalanästhesie

8.3 Häufigste Verfahren

Ansprüche an die Osteosynthese und Endoprothese:

- Wiederherstellung von Funktion und Beweglichkeit
- Schmerzreduktion
- Belastbarkeit
- Schonendes Operationsverfahren
- Einfache Operationstechnik
- Niedrige Komplikationsrate
- Geringe Inzidenz von Pseudarthrose und Oberarmkopfnekrose

8.3.1 Osteosynthese

Die Knochenqualität, der Frakturtyp und das Ausmaß der Dislokation sollten zu Beginn der Behandlung genau eingeschätzt werden.



Derzeit gängige und akzeptierte Verfahren:

- Plattenosteosynthese ^{47, 49, 64, 85, 122, 126}
 - konventionell
 - winkelstabil

- Zement augmentierte Schrauben
- Intramedulläre rigide Nagelungen (ante- oder retrograd, konventionelle oder winkelstabile Verriegelung) ^{55, 65, 66, 70, 108}
- Zuggurtung, transossäre Nähte oder Ankernähte ^{64, 110}
- Schraubenosteosynthese offen oder minimal-invasiv
- Bohrdrahtosteosynthesen offen oder geschlossen ^{13, 78, 95, 130}
- Flexible Nagelung ⁷⁶
- Markraumdrahtungen ⁷⁸
- Implantatkombinationen

8.3.2 Endoprothese

- Hemiprothese ^{1, 106}
- Anatomische Prothese ⁶⁸
- Inverse Schulterprothese ^{43, 60, 68, 72, 111}
 - Indikationen für Frakturendoprothesen ¹²⁸:
 - Dislozierte, nicht rekonstruierbare 3- und 4-Fragmentfraktur ¹¹⁰
 - Schwere Osteoporose ¹³²
 - Fehlstellung oder sekundäre Dislokation nach Osteosynthese
 - Nicht rekonstruierbare „Head-split“ Fraktur ^{56, 61}
 - Voraussetzung: intakte Rotatorenmanschette ^{33, 131}
 - Länger bestehende Luxationsfraktur
 - Pathologische Fraktur
 - Vorbestehende Omarthrose
 - Indikationen für die inverse Schulterprothese ¹²⁸:
 - Voraussetzung: kein Plexus- oder N. axillaris-Schaden
 - Dislozierte 3- und 4-Fragmentfraktur ^{88, 110}
 - Hohes Lebensalter ¹²⁸
 - Niedrige funktionelle Ansprüche ¹²⁸
 - Rotatorenmanschettendefektarthropathie/-athrophie ³³
 - Schwere Osteoporose
 - Insuffiziente Hemiarthroplastik ⁹⁷
 - Nicht-reponierbare Dislokation der Tubercula ¹²⁸
 - Veraltete Fraktur
 - Fehlgeschlagene Osteosynthese mit Gelenkdestruktion und fehlender Rekonstruktionsmöglichkeit ⁶¹
 - Begleiterkrankungen, die die Heilung der Tubercula verhindern

8.3.3 Fakultative ergänzende Maßnahmen

- Spongiosaplastik (Autograft)
- Allograft
- Rekonstruktion einer evtl. verletzten Rotatorenmanschette
- Knochenersatzstoffe (Calciumphosphat, Calciumsulfat)
- Demineralized bone matrix
- Zementaugmentation der Plattenosteosynthese

8.3.4 Lagerung

- Beach chair
- Rückenlage mit Armtisch

8.3.5 Zugang

Mehrere Zugänge werden in der Literatur empfohlen ^{85, 103, 134}

- Deltoideo-pectoral (Schonung N. axillaris)
- Antero-lateraler Zugang (Helfet) ^{30, 31}
- Lateraler Deltasplit
- Minimal-invasiv ⁵⁸

8.4 Alternativverfahren

- Verbundosteosynthese ¹⁰⁴
 - bei ausgeprägter Osteoporose
 - bei pathologischen Frakturen
- Resektionsarthroplastik

8.5 Seltene Verfahren

- Transfixation mit Fixateur ⁶⁹
- Flexible Plattenosteosynthese ¹¹⁰
- Intramedulläre Titanwendel ⁷⁷
- Arthrodesen
- Arthroskopisch gestützte Osteosynthese
- Arthroskopie bei frischer Fraktur zur Beurteilung von Binnenschäden des Gelenks

8.6 Operationszeitpunkt

8.6.1 Osteosynthese

- Dringlicher Eingriff
 - Begleitende Gefäßverletzung (Notfall)
 - Luxationsfrakturen (Gefahr der Humeruskopfnekrose und Entwicklung von Nerven- und Plexusschädigung) ^{79, 80, 123}
 - Offene Frakturen 2° und 3°
 - Frakturen mit schwerem Weichteilschaden
 - Erhebliche nicht reponierbare Dislokation mit drohendem sekundärem Schaden
- Primär
 - Andere Frakturen sofern von der Logistik und dem Zustand des Verletzten vertretbar
 - Bei Schürfwunden im Operationsgebiet (Gefahr der Keimbesiedelung)
- Sekundär
 - nach fehlgeschlagenem konservativem Behandlungsversuch

8.6.2 Endoprothese

In der Regel kein Notfall, Operation im Verlauf möglich

- Primär
 - in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere und dem Gesamtzustand des Patienten
- Sekundär
 - nach Konsolidierung lokaler Weichteilschäden
 - nach Konsolidierung von Begleiterkrankungen
 - Behandlung/Stabilisierung von Begleitverletzungen
 - nach fehlgeschlagenem konservativem Behandlungsversuch
 - nach fehlgeschlagener Osteosynthese^{99, 101}
 - bei Oberarmkopfnekrose im Verlauf

8.7 Postoperative Behandlung

8.7.1 Allgemeine postoperative Maßnahmen

- Fortführung der Thromboseprophylaxe bei allgemeiner Immobilisation oder erhöhtem Thromboserisiko (siehe Interdisziplinäre Leitlinie der AWMF⁴)
- Analgesie (Analgetika, Skalenusblock)
- Ggf. Fortführung einer begonnenen Antibiotikatherapie unter Berücksichtigung des Erregerspektrums
- Hb-Kontrolle vor Entlassung
- Flüssigkeits- und Elektrolytbilanzierung; Elektrolytentgleisungen, insbesondere Hyponatriämie und Hypokaliämie sind in der postoperativen Phase häufig und geben die geringe renale Kompensationsfähigkeit des alten Menschen wieder^{50, 59, 102, 121}.

8.7.2 Spezielle chirurgische postoperative Maßnahmen

- Kontrolle von Durchblutung, Sensibilität und Motorik peripher
- Regelmäßige Wundkontrollen
- Wunddrainagen-, bzw. Redondrainagenpflege
- Ruhigstellung zur Schmerzreduktion (z.B. Gilchristverband, Desaultverband)
- Radiologische Stellungskontrolle
- Postoperative Röntgenkontrolle in 2 Ebenen
- Nach Mobilisation
- Bei Schmerzen oder Verdacht auf Änderung des Heilungsverlaufs

8.7.3 Physiotherapie^{64, 128}

- Frühmobilisation¹⁷
- Verringert Dekubitusrate
- Minimiert das Risiko einer Beinvenenthrombose
- Kann pulmonale Komplikationen reduzieren
- Passive Frühmobilisation obligat
 - Adäquate Analgesie

- Pendelübungen⁹¹
- Passive Bewegungsübungen
- Aktive Bewegungsübungen nach Anheilen der Tubercula¹¹⁰
- Lymphdrainage
- Schultermotorschiene, auch ambulant nach Entlassung indiziert

8.7.4 Weitere postoperative Maßnahmen

- Behandlung sturzauslösender Ursachen
 - Therapie von Herzrhythmusstörungen
 - Therapie von neurologischen Erkrankungen
- Darmregulierende Maßnahmen bei Motilitätsstörungen
- Einleitung einer adäquaten Sturzprophylaxe
- Therapie der Osteoporose

8.8 Risiken/Komplikationen

Komplikationen treten bei 24-36% aller Patienten auf^{26, 82}. Die Komplikationsrate verdoppelt sich annähernd für Patienten über 60 Jahre¹⁴

- Allgemein
 - Thrombose, Lungenembolie
 - Stressulcera (u.a. bei NSAR-Medikation beachten)
 - Pneumonie
- Lokal
 - Gefäßverletzung^{74, 95}
 - Nachblutung, Hämatom (2.1-21%)²⁹
 - Nervenschaden (besonders N. axillaris und N. musculocutaneus) (ca. 2%)^{95, 113}
 - Wundrandnekrosen/Wundheilungsstörung (ca. 0,65%)^{2, 14}
 - Weichteilinfekt (1,3-10%)^{2, 26, 29, 113}
 - Gelenkempyem/Osteitis (1-2%)¹²⁷
 - Nässe bedingte Hauterkrankungen in der Axilla und unter den Mammae bis hin zum Schweißdrüsenabszess
- Operationsabhängig
 - Sekundäre Dislokation/Implantatversagen (3-27%)^{14, 26, 98, 113}
 - Implantatfehlage und -dislokation (3-23%)^{26, 58, 78, 82, 98}
 - Schraubenperforation (7 - 30%)^{14, 32, 47, 64, 98, 109, 113, 119}
 - Zusätzliche intraoperative Fraktur⁴³
 - Humeruskopfnekrose (4-37%)^{8, 47, 82, 85, 98, 113, 132}
 - Impingement zwischen Akromion und Implantat und / oder Fragment (1-33%)^{14, 27, 58, 98, 113}
 - Dreh- und Achsabweichungen (25-44%)^{82, 98}
 - Luxation der Prothese/Instabilität (5-7%)^{51, 61, 97}
 - Skapula-Notching (ca. 25%)¹⁵
 - Prothesenlockerung (ca. 0,05%)¹³¹
 - Läsion der langen Bizepssehne⁷⁰

- Läsion der Rotatorenmanschette (ca. 3,2%)^{2, 110}
- Allergie gegen das Implantat¹¹⁴

- Längerfristig
 - Dislokation der Fraktur (ca. 7%)¹¹³
 - Verzögerte Heilung, Frakturheilungsstörung, Pseudarthrose (1,3 - 6%)²⁶
 - Heterotope Ossifikationen (ca. 2%)^{26, 80}
 - Bursitis (ca. 6%)⁹⁸
 - Reflexdystrophie-Syndrom
 - Arthrose
 - Frozen Shoulder (2-3,3%)^{2, 14, 27}
 - Funktionsstörung der Schulter und weiterer Gelenke der betroffenen Extremität

9. Weiterbehandlung

9.1 Rehabilitation

- Physiotherapie unter adäquater Analgesie
- Lymphdrainage bei Schwellungen
- Selbsttätige Bewegungsübungen
- Möglichst frühzeitiger Einsatz der Hand und der oberen Extremität im täglichen Leben
- Motorbewegungsschiene (CPM = continuous passive motion) ambulant zu Hause

9.2 Kontrollen

- Klinische und radiologische Kontrollen in Abhängigkeit von Alter, Beanspruchung, Knochenqualität, Beschwerden und Behandlungsverfahren
- Wiederaufnahme von Diagnostik und Therapie bei Komplikationen
- Bei Verdacht auf Oberarmkopfnekrose weitere Kontrollen und ggf. Einleitung weiterer diagnostischer Maßnahmen (MRT)
- Bei Verdacht auf Pseudarthrose: CT

9.3 Implantatentfernung

Zur Indikation siehe DGU-Leitlinie Nr. 012-004 „Implantatentfernung“

- Die Indikation zur vollständigen oder teilweisen Entfernung muss im Einzelfall gestellt werden, sie ist abhängig von:
 - Lokalen Beschwerden
 - Alter
 - Aktivitätsgrad
 - Implantat
 - Sekundär notwendig werdenden Operationen (Pseudarthrose, Oberarmkopfnekrose)
 - Vor Implantation einer Endoprothese
 - Implantatwanderung
 - Gelegentlich in Verbindung mit Arthrolysen und einer konsequenten Nachbehandlung bei postoperativer Schultersteife

9.4 Spätkomplikationen

9.4.1 Nichtoperative Therapie

- Bewegungseinschränkung ^{39, 135}
- Schultersteife
- Pseudarthrose (ca. 6%) ⁹⁸
- Heilung in Fehlstellung (ca. 28%) ⁹⁸
- Oberarmkopfnekrose (ca. 14.3%) ¹³⁵
- Sekundäre Omarthrose (ca. 33%) ⁹⁸

9.4.2 Operative Therapie

- Osteosynthese
 - Bewegungseinschränkung
 - Implantatdislokation (1,3-2,5%) ^{14, 113}
 - Implantatbrüche (0,7-6,5%) ^{14, 27, 113}
 - Impingement subacromial (1-33%) ^{14, 58, 98, 113}
 - Verzögerte Knochenheilung (ca. 1,3%) ²
 - Pseudarthrose (1,8 - 6%) ^{2, 26, 118}
 - Oberarmkopfnekrose (3-90%) ^{2, 14, 64, 79, 80, 109, 123}
 - Sekundäre Omarthrose (65%) ⁹⁸
 - Spätinfekte ¹²⁷
 - Bursitis subacromialis
 - Läsion der langen Bizepssehne ⁷⁰
 - Heterotope Ossifikationen ⁸⁰
 - Reflexdystrophie-Syndrom
- Endoprothese
 - Bewegungseinschränkung
 - Prothesenluxation/-instabilität (5-7%) ^{43, 51, 61, 97}
 - Prothesenlockerung (0,05-1,8%) ^{3, 131}
 - Prothesenbruch
 - Pseudarthrose des Tuberculum majus (ca. 15%) ¹⁰⁹
 - Periprothetische Fraktur ¹²⁸
 - Arrosion des Glenoids ⁶¹
 - Impingement subacromial ⁶¹
 - Spätinfekte ⁶¹
 - Bursitis subacromialis
 - Läsion der langen Bizepssehne
 - Heterotope Ossifikationen (ca. 9%) ^{51, 61, 80}
 - Reflexdystrophie-Syndrom ¹⁹

9.5 Dauerfolgen

- Bewegungseinschränkung der Schulter und peripherer Gelenke (posttraumatische Arthrofibrose, Schultersteife)

- Chronische Schulterschmerzen
- Kraftminderung des Armes⁸
- Ästhetisch störende Narben
- Omarthrose
- Persistierende Nervenausfälle

10. Klinisch-wissenschaftliche Ergebnis-Scores

- Constant/Murley-Score²¹
- Neer Score⁷⁹
- Rowe-Score⁹⁴
- Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)-Score⁴⁵
- American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Standardized Shoulder Assessment Form⁷³
- Oxford Shoulder Score²⁵
- Shoulder Rating Questionnaire⁵⁷
- SF-36¹⁶
- SMFA^{6, 115}

11. Prognose

Insgesamt ist die Prognose abhängig von den Begleitverletzungen, individuellen Patientenfaktoren (z.B. Osteoporose), der Therapie, der Weiterbehandlung und der Mitarbeit des Patienten.

Hertel-Kriterien für Prognose der Humeruskopfnekrose (Dislokation des Kalkarsegmentes um mehr als 8 mm, das Vorhandensein einer metaphysären Trümmerzone und eine Fraktur im anatomischen Hals)⁴¹

Boileau und Walch stellten 1999 eine Klassifikation der Frakturfolgen vor, die als wichtigstes prognostisches Kriterium, die Integrität des Tuberculum majus mit dem Schaft sowie die Position des Tuberculum majus berücksichtigt⁸³. Die prognostische Bedeutung dieser Klassifikation konnte retrospektiv in der Nizza- Sammelstudie überprüft werden¹²⁹.

11.1 Nichtoperative Behandlung

- Bewegungseinschränkungen der Schulter sind häufig¹³⁵
- Oberarmkopfnekrosen treten je nach Frakturtyp unterschiedlich auf
- Schmerzen mäßigen Grades sind relativ häufig
- Abhängig von der Händigkeit des Patienten

11.2 Osteosynthese

- Bewegungseinschränkung⁸

- sekundäre Dislokation in Abhängigkeit von Frakturtyp, Knochenqualität, Reposition und Implantat in 3 - 23% der Fälle
- Oberarmkopfnekrose 0-45%^{8, 14}
- Pseudarthrose 0-3%¹⁴
- Wechsel auf Endoprothese (3%)^{14, 70}

11.3 Endoprothese

- Bewegungseinschränkung^{28, 51}
- Prothesenlockerung in Abhängigkeit von Knochenqualität, Alter, Aktivität des Patienten und Implantat in 0.05 -1% der Fälle
- Luxation
- Spätinfekte¹²
- Prävention von Folgeschäden
- Primäre Operation bei Luxationsfrakturen
- Möglichst anatomische Reposition der Tubercula bei operativer Behandlung^{3, 110}
- Möglichst stabile Osteosynthese für funktionelle Nachbehandlung
- Möglichst frühzeitige qualifizierte physiotherapeutische funktionelle Nachbehandlung
- Primäre Endoprothese zeigt besseres klinisches Outcome als sekundäre Prothesenimplantation nach fehlerheiliter Fraktur^{3, 11, 51, 56, 61, 116}
- Abklärung und Behandlung von Sturzursachen
- Verlaufskontrollen der Osteoporose bei erhöhtem Frakturrisiko nach aktueller DVO-Leitlinie⁸¹
- Abklärung und Behandlung von sturzverursachenden Erkrankungen
- Vorzeitige Implantatentfernung in Verbindung mit Arthrolyse und konsequenter Nachbehandlung bei fortschreitender Arthrofibrose
- Alternativ: arthroskopisch gestützte Materialentfernung und arthroskopisches Debridement, ggf. begleitende Kapsulotomie⁶³

13. Literatur

1. Agarwal S, Rana A, Sharma RK. Functional outcome after primary hemiarthroplasty in three or four part proximal humerus fracture: A short term followup. *Indian J Orthop.* 2016;50(6):590-594.
2. Agudelo J, Schurmann M, Stahel P, et al. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma.* 2007;21(10):676-681.
3. Antuna SA, Sperling JW, Cofield RH. Shoulder hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus: a minimum five-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(2):202-209.
4. AWMF. AWMF-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE); 2009.
5. AWMF. Leitlinien zur Hygiene in Klinik und Praxis. *Perioperative Antibiotikaphylaxe.* Wiesbaden: mhp-Verlag; 2009.
6. Barei DP, Agel J, Swiontkowski MF. Current utilization, interpretation, and recommendations: the musculoskeletal function assessments (MFA/SMFA). *J Orthop Trauma.* 2007;21(10):738-742.
7. Baron JA, Barrett JA, Karagas MR. The epidemiology of peripheral fractures. *Bone.* 1996;18(3 Suppl):209S-213S.
8. Bastian JD, Hertel R. Osteosynthesis and hemiarthroplasty of fractures of the proximal humerus: outcomes in a consecutive case series. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18(2):216-219.
9. Berghs BM, Tongel AV, Bo TD, De Wilde LF. Fracture of the proximal humerus with disruption of the tendon of the pectoralis major. *Int J Shoulder Surg.* 2016;10(1):44-47.
10. Boileau P, Pennington SD, Alami G. Proximal humeral fractures in younger patients: fixation techniques and arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(2 Suppl):S47-60.
11. Bosch U, Skutek M, Fremerey RW, Tscherne H. Outcome after primary and secondary hemiarthroplasty in elderly patients with fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7(5):479-484.
12. Brorson S, Salomonsson B, Jensen SL, Fenstad AM, Demir Y, Rasmussen JV. Revision after shoulder replacement for acute fracture of the proximal humerus. *Acta Orthop.* 2017;88(4):446-450.
13. Brunner A, Weller K, Thormann S, Jockel JA, Babst R. Closed reduction and minimally invasive percutaneous fixation of proximal humerus fractures using the Humerusblock. *J Orthop Trauma.* 2010;24(7):407-413.
14. Brunner F, Sommer C, Bahrs C, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma.* 2009;23(3):163-172.
15. Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(4):516-520.
16. Bullinger M. [Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]. *Rehabilitation (Stuttg).* 1996;35(3):XVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
17. Caforio M, Maniscalco P. The importance of early rehabilitation in proximal humeral fracture: A clinical trial of efficacy and safety of a new endomedullary nail. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(2):195-202.
18. Carbone S, Razzano C, Albino P, Mezzoprete R. Immediate intensive mobilization compared with immediate conventional mobilization for the impacted osteoporotic

- conservatively treated proximal humeral fracture: a randomized controlled trial. *Musculoskelet Surg.* 2017.
19. Celik D, Demirhan M. Physical therapy and rehabilitation of complex regional pain syndrome in shoulder prosthesis. *Korean J Pain.* 2010;23(4):258-261.
 20. Classen DC, Evans RS, Pestotnik SL, Horn SD, Menlove RL, Burke JP. The timing of prophylactic administration of antibiotics and the risk of surgical-wound infection. *N Engl J Med.* 1992;326(5):281-286.
 21. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1987(214):160-164.
 22. Cotman SJ, Trinh TQ, Vincent S, Backes JR. Proximal Humerus Fracture-Dislocation with Laceration of the Axillary Artery: A Case Report. *Iowa Orthop J.* 2017;37:53-55.
 23. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury.* 2006;37(8):691-697.
 24. Cvetanovich GL, Frank RM, Chalmers PN, Verma NN, Nicholson GP, Romeo AA. Surgical Management of Proximal Humeral Fractures: The Emerging Role of Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Orthopedics.* 2016;39(3):e465-473.
 25. Dawson J, Fitzpatrick R, Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about shoulder surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(4):593-600.
 26. Egol KA, Ong CC, Walsh M, Jazrawi LM, Tejwani NC, Zuckerman JD. Early complications in proximal humerus fractures (OTA Types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma.* 2008;22(3):159-164.
 27. Faraj D, Kooistra BW, Vd Stappen WA, Werre AJ. Results of 131 consecutive operated patients with a displaced proximal humerus fracture: an analysis with more than two years follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2011;21(1):7-12.
 28. Farmer KW, Wright TW. Three- and four-part proximal humerus fractures: open reduction and internal fixation versus arthroplasty. *J Hand Surg Am.* 2010;35(11):1881-1884; quiz 1884.
 29. Farshad M, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty-from the most to the least common complication. *Int Orthop.* 2010;34(8):1075-1082.
 30. Gardner MJ. Proximal Humerus Fracture Plating Through the Extended Anterolateral Approach. *J Orthop Trauma.* 2016;30 Suppl 2:S11-12.
 31. Gardner MJ, Boraiah S, Helfet DL, Lorich DG. The anterolateral acromial approach for fractures of the proximal humerus. *J Orthop Trauma.* 2008;22(2):132-137.
 32. Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma.* 2007;21(3):185-191.
 33. Gaulke R. [Results of various surgical techniques for proximal humeral fracture]. *Unfallchirurg.* 2010;113(9):696-697.
 34. Gigis I, Nenopoulos A, Giannikas D, Heikenfeld R, Beslikas T, Hatzokos I. Reverse Shoulder Arthroplasty for the Treatment of 3 and 4- Part Fractures of the Humeral Head in the Elderly. *Open Orthop J.* 2017;11:108-118.
 35. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009(2):CD007146.
 36. Gradl G, Knoke M, Pape HC, Neuhaus PV, Ring D, Guitton T. Decision making in displaced fractures of the proximal humerus: fracture or surgeon based? *Int Orthop.* 2015;39(2):329-334.
 37. Haasters F, Prall WC, Himmler M, Polzer H, Schieker M, Mutschler W. [Prevalence and management of osteoporosis in trauma surgery. Implementation of national guidelines during inpatient fracture treatment]. *Unfallchirurg.* 2015;118(2):138-145.

38. Habermeyer P, Schweiberer L. [Fractures of the proximal humerus]. *Orthopade*. 1989;18(3):200-207.
39. Handoll HH, Ollivere BJ. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010(12):CD000434.
40. Helfen T, Ockert B, Pozder P, Regauer M, Haasters F. Management of prehospital shoulder dislocation: feasibility and need of reduction. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(3):357-362.
41. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 2004;13(4):427-433.
42. Hodgson SA, Mawson SJ, Stanley D. Rehabilitation after two-part fractures of the neck of the humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85(3):419-422.
43. Holton J, Yousri T, Arealis G, Levy O. The Role of Reverse Shoulder Arthroplasty in Management of Proximal Humerus Fractures with Fracture Sequelae: A Systematic Review of the Literature. *Orthop Rev (Pavia)*. 2017;9(1):6977.
44. Horak J, Nilsson BE. Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. *Clin Orthop Relat Res*. 1975(112):250-253.
45. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*. 1996;29(6):602-608.
46. Jakob RP, Miniaci A, Anson PS, Jaberg H, Osterwalder A, Ganz R. Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(2):295-298.
47. Kanchanatawan W, Suppauksorn S, Chobpenthai T, Densiri-Aksorn W, Pongpinyopap W, Dorjee G. Surgical Technique for Open Reduction-Internal Fixation of an Unstable Displaced 3-Part Proximal Humeral Fracture Using a Proximal Humeral Locking Plate. *Arthrosc Tech*. 2017;6(3):e807-e813.
48. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Jarvinen M, Vuori I. Increasing number and incidence of osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly people. *BMJ*. 1996;313(7064):1051-1052.
49. Katthagen JC, Ellwein A, Lutz O, Voigt C, Lill H. Outcomes of proximal humeral fracture fixation with locked CFR-PEEK plating. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017;27(3):351-358.
50. Kellerman PS. Perioperative care of the renal patient. *Arch Intern Med*. 1994;154(15):1674-1688.
51. Kontakis G, Koutras C, Tosounidis T, Giannoudis P. Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(11):1407-1413.
52. Krettek C, Wiebking U. [Proximal humerus fracture: is fixed-angle plate osteosynthesis superior to conservative treatment?]. *Unfallchirurg*. 2011;114(12):1059-1067.
53. Kristiansen B, Angermann P, Larsen TK. Functional results following fractures of the proximal humerus. A controlled clinical study comparing two periods of immobilization. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1989;108(6):339-341.
54. Kristiansen B, Christensen S. Fractures of the proximal end of the humerus caused by convulsive seizures. *Injury*. 1984;16(2):108-109.
55. Kumar V, Datir S, Venkateswaran B. Intramedullary nailing for displaced proximal humeral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2010;18(3):324-327.
56. Kwon YW, Zuckerman JD. Outcome after treatment of proximal humeral fractures with humeral head replacement. *Instr Course Lect*. 2005;54:363-369.

57. L'Insalata JC, Warren RF, Cohen SB, Altchek DW, Peterson MG. A self-administered questionnaire for assessment of symptoms and function of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):738-748.
58. Laflamme GY, Rouleau DM, Berry GK, Beaumont PH, Reindl R, Harvey EJ. Percutaneous humeral plating of fractures of the proximal humerus: results of a prospective multicenter clinical trial. *J Orthop Trauma.* 2008;22(3):153-158.
59. Lane N, Allen K. Hyponatraemia after orthopaedic surgery. *BMJ.* 1999;318(7195):1363-1364.
60. Law TY, Rosas S, George F, Kurowicki J, Formaini N, Levy J. Short-Term Projected Use of Reverse Total Shoulder Arthroplasty in Proximal Humerus Fracture Cases Recorded in Humana's National Private-Payer Database. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2017;46(1):E28-E31.
61. Lervick GN, Carroll RM, Levine WN. Complications after hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *Instr Course Lect.* 2003;52:3-12.
62. Liebergall M, Mosheiff R, Lilling M. Simultaneous bilateral fractures of the femoral necks and the proximal humeral heads during convulsion. *Orthop Rev.* 1988;17(8):819-820.
63. Lill H, Katthagen C, Voigt C. [Technique and value of arthroscopic implant removal in the shoulder]. *Orthopade.* 2011;40(1):79-84.
64. Lill H, Voigt C. Proximale Humerusfraktur. *Z Orthop Unfall.* 2010;148(3):353-362.
65. Lin J, Hou SM, Hang YS. Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. *J Trauma.* 1998;45(6):1051-1057.
66. Lindtner RA, Kralinger FS, Kapferer S, Hengg C, Wambacher M, Euler SA. The female geriatric proximal humeral fracture: protagonist for straight antegrade nailing? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017.
67. Macy J. Fixation of a Proximal Humeral Fracture Using a Novel Intramedullary Cage Construct following a Failed Conservative Treatment. *Case Rep Orthop.* 2017;2017:4347161.
68. Mansat P, Bonneville N. Treatment of fracture sequelae of the proximal humerus: anatomical vs reverse shoulder prosthesis. *Int Orthop.* 2015;39(2):349-354.
69. Martin C, Guillen M, Lopez G. Treatment of 2- and 3-part fractures of the proximal humerus using external fixation: a retrospective evaluation of 62 patients. *Acta Orthop.* 2006;77(2):275-278.
70. Mathews J, Lobenhoffer P. The Targon PH nail as an internal fixator for unstable fractures of the proximal humerus. *Oper Orthop Traumatol.* 2007;19(3):255-275.
71. Menendez ME, Ring D, Heng M. Proximal humerus fracture with injury to the axillary artery: a population-based study. *Injury.* 2015;46(7):1367-1371.
72. Mersch D, Stangl R. [Proximal humeral fractures in the elderly : Quality of life, clinical results and institutionalization following primary reverse fracture arthroplasty]. *Unfallchirurg.* 2016;119(12):1015-1022.
73. Michener LA, McClure PW, Sennett BJ. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: reliability, validity, and responsiveness. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(6):587-594.
74. Modi CS, Nnene CO, Godsiff SP, Esler CN. Axillary artery injury secondary to displaced proximal humeral fractures: a report of two cases. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2008;16(2):243-246.
75. Mueller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *The comprehensive Classification of fractures of long bones.* Berlin, Heidelberg, New York, Tokio; 1990.
76. Muller CA, Henle P, Konrad G, Szarzynski M, Strohm PC, Sudkamp NP. [The AO/ASIF Flexnail : A flexible intramedullary nail for the treatment of humeral shaft fractures]. *Unfallchirurg.* 2007;110(3):219-225.

77. Muller F, Voithenleitner R, Schuster C, Angele P, Weigel B. [Operative treatment of proximal humeral fractures with helix wire]. *Unfallchirurg*. 2006;109(12):1041-1047; discussion 1048-1049.
78. Narvani A, Levy O. Minimal invasive flexible fixation for fractures of the proximal humerus. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010;92(8):635-638.
79. Neer CS, 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52(6):1077-1089.
80. Neer CS, 2nd. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52(6):1090-1103.
81. Osteologie D. DVO-Leitlinie 2009 zur Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Erwachsenen. *Langfassung*. Osteologie 4/2009: Schattauer; 2009:304-324.
82. Owsley KC, Gorczyca JT. Fracture displacement and screw cutout after open reduction and locked plate fixation of proximal humeral fractures [corrected]. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(2):233-240.
83. P. Boileau, G. Walch, C. Trojani, R. Sinnerton, A. A. Romeo, Veneau B. Shoulder Arthroplasty: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999:349-358.
84. Palanisamy JV, Vaithilingam A, M A, Das S, Trikha V. Proximal humerus fracture dislocation leading to axillary artery injury in a young adult: Case report of an unusual presentation. *J Clin Orthop Trauma*. 2017;8(Suppl 1):S62-S66.
85. Parnes N, Jupiter JB. Fixed-angle locking plating of displaced proximal humerus fractures. *Instr Course Lect*. 2010;59:539-552.
86. Peters RM, Menendez ME, Mellema JJ, Ring D, Smith RM. Axillary Artery Injury Associated with Proximal Humerus Fracture: A Report of 6 Cases. *Arch Bone Jt Surg*. 2017;5(1):52-57.
87. Petit CJ, Millett PJ, Endres NK, Diller D, Harris MB, Warner JJ. Management of proximal humeral fractures: surgeons don't agree. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19(3):446-451.
88. Raiss P, Edwards TB, Collin P, et al. Reverse Shoulder Arthroplasty for Malunions of the Proximal Part of the Humerus (Type-4 Fracture Sequelae). *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(11):893-899.
89. Reuther F, Kohut G, Nijs S. [Newly developed modular reverse fracture endoprosthesis in non-reconstructable humeral head fracture in old people]. *Oper Orthop Traumatol*. 2014;26(4):369-382; quiz 382-364.
90. Robinson BC, Athwal GS, Sanchez-Sotelo J, Rispoli DM. Classification and imaging of proximal humerus fractures. *Orthop Clin North Am*. 2008;39(4):393-403, v.
91. Robinson CM, Page RS. Severely impacted valgus proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A Suppl 1(Pt 2):143-155.
92. Robinson CM, Page RS, Hill RM, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE. Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A(7):1215-1223.
93. Rock MG. Metastatic lesions of the humerus and the upper extremity. *Instr Course Lect*. 1992;41:329-333.
94. Rowe CR, Zarins B. Recurrent transient subluxation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63(6):863-872.
95. Rowles DJ, McGrory JE. Percutaneous pinning of the proximal part of the humerus. An anatomic study. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83-A(11):1695-1699.
96. Sabesan VJ, Lombardo D, Petersen-Fitts G, Weisman M, Ramthun K, Whaley J. National trends in proximal humerus fracture treatment patterns. *Aging Clin Exp Res*. 2017.
97. Sanchez-Sotelo J. Total shoulder arthroplasty. *Open Orthop J*. 2011;5:106-114.

98. Sanders RJ, Thissen LG, Teepen JC, van Kampen A, Jaarsma RL. Locking plate versus nonsurgical treatment for proximal humeral fractures: better midterm outcome with nonsurgical treatment. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011.
99. Schliemann B, Theisen C, Kusters C, Raschke MJ, Weimann A. Reverse total shoulder arthroplasty for type I fracture sequelae after internal fixation of proximal humerus fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017.
100. Schulte LM, Matteini LE, Neviasser RJ. Proximal periarticular locking plates in proximal humeral fractures: functional outcomes. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(8):1234-1240.
101. Shannon SF, Wagner ER, Houdek MT, Cross WW, 3rd, Sanchez-Sotelo J. Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: outcomes comparing primary reverse arthroplasty for fracture versus reverse arthroplasty after failed osteosynthesis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016;25(10):1655-1660.
102. Shin B, Mackenzie CF, Helrich M. Hypokalemia in trauma patients. *Anesthesiology.* 1986;65(1):90-92.
103. Shin YH, Lee YH, Choi HS, Kim MB, Pyo SH, Baek GH. A modified deltoid splitting approach with axillary nerve bundle mobilization for proximal humeral fracture fixation. *Injury.* 2017.
104. Siegel HJ, Lopez-Ben R, Mann JP, Ponce BA. Pathological fractures of the proximal humerus treated with a proximal humeral locking plate and bone cement. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(5):707-712.
105. Singh A, Adams AL, Burchette R, Dell RM, Funahashi TT, Navarro RA. The effect of osteoporosis management on proximal humeral fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(2):191-198.
106. Singh A, Padilla M, Nyberg EM, et al. Cement technique correlates with tuberosity healing in hemiarthroplasty for proximal humeral fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(3):437-442.
107. Sinha S, Kelly CP. Fixed angle locking plates for proximal humeral fracture fixation. *Ann R Coll Surg Engl.* 2010;92(8):631-634.
108. Sobel AD, Shah KN, Paxton ES. Fixation of a Proximal Humerus Fracture With an Intramedullary Nail. *J Orthop Trauma.* 2017;31 Suppl 3:S47-S49.
109. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical Treatment of Three and Four-Part Proximal Humeral Fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American).* 2009;91(7):1689-1697.
110. Sperling JW, Cuomo F, Hill JD, Hertel R, Chuinard C, Boileau P. The difficult proximal humerus fracture: tips and techniques to avoid complications and improve results. *Instr Course Lect.* 2007;56:45-57.
111. Stahl D, Fuente Gde L. Reverse Total Shoulder Arthroplasty for a 4-Part Proximal Humerus Fracture. *J Orthop Trauma.* 2016;30 Suppl 2:S9-S10.
112. Strohm PC, Kostler W, Sudkamp NP. [Proximal humerus fracture - what to do?]. *Z Orthop Unfall.* 2008;146(3):312-317.
113. Sudkamp N, Bayer J, Hepp P, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(6):1320-1328.
114. Swiontkowski MF, Agel J, Schwappach J, McNair P, Welch M. Cutaneous Metal Sensitivity in Patients With Orthopaedic Injuries. *Journal of orthopaedic trauma.* 2001;15(2):86-89.
115. Swiontkowski MF, Engelberg R, Martin DP, Agel J. Short musculoskeletal function assessment questionnaire: validity, reliability, and responsiveness. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(9):1245-1260.

116. Tanner MW, Cofield RH. Prosthetic arthroplasty for fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res.* 1983(179):116-128.
117. Taylor N. Surgery for displaced fracture of the proximal humerus may not result in better outcomes than nonsurgical management. *J Physiother.* 2015;61(3):159.
118. Thalhammer G, Platzer P, Oberleitner G, Fialka C, Greitbauer M, Vecsei V. Angular stable fixation of proximal humeral fractures. *J Trauma.* 2009;66(1):204-210.
119. Theopold J, Weihs K, Marquass B, Josten C, Hepp P. Detection of primary screw perforation in locking plate osteosynthesis of proximal humerus fracture by intra-operative 3D fluoroscopy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017.
120. Thomas G. [Electric injury of the proximal end of the humerus]. *Arch Orthop Unfallchir.* 1966;59(2):177-181.
121. Toliaas CM. Severe hyponatraemia in elderly patients: cause for concern. *Ann R Coll Surg Engl.* 1995;77(5):346-348.
122. Trikha V, Singh V, Choudhury B, Das S. Retrospective analysis of proximal humeral fracture-dislocations managed with locked plates. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(10):e293-e299.
123. Trupka A, Wiedemann E, Ruchholtz S, Brunner U, Habermeyer P, Schweiberer L. [Dislocated multiple fragment fractures of the head of the humerus. Does dislocation of the humeral head fragment signify a worse prognosis?]. *Unfallchirurg.* 1997;100(2):105-110.
124. Vachtsevanos L, Hayden L, Desai AS, Dramis A. Management of proximal humerus fractures in adults. *World J Orthop.* 2014;5(5):685-693.
125. Valenti P, Aliani D, Maroun C, Werthel JD. A New Stem Guide and a Tuberosity Anchoring "Lasso" System for Shoulder Hemiarthroplasty in the Treatment of Complex Proximal Humerus Fractures. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2017.
126. Vijayvargiya M, Pathak A, Gaur S. Outcome Analysis of Locking Plate Fixation in Proximal Humerus Fracture. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(8):RC01-05.
127. Vinh DC, Embil JM. Device-related infections: a review. *J Long Term Eff Med Implants.* 2005;15(5):467-488.
128. Voos JE, Dines JS, Dines DM. Arthroplasty for fractures of the proximal part of the humerus. *Instr Course Lect.* 2011;60:105-112.
129. Walch G, Boileau P. *Presentation of the multicentric study. Prosthèses d'Épaule...Recul de 2 à 10 ans.* . Vol 2001: Sauramps Medical; 2001.
130. Wheeler DL, Colville MR. Biomechanical comparison of intramedullary and percutaneous pin fixation for proximal humeral fracture fixation. *J Orthop Trauma.* 1997;11(5):363-367.
131. Wiedemann E. [Shoulder prostheses]. *Unfallchirurg.* 2006;109(12):1073-1083; quiz 1084.
132. Wijnman AJ, Roolker W, Patt TW, Raaymakers ELFB, Marti RK. Open Reduction and Internal Fixation of Three and Four-Part Fractures of the Proximal Part of the Humerus. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American).* 2002;84(11):1919-1925.
133. Wolf JM, Athwal GS, Shin AY, Dennison DG. Acute trauma to the upper extremity: what to do and when to do it. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(5):1240-1252.
134. Wu CH, Ma CH, Yeh JJ, Yen CY, Yu SW, Tu YK. Locked Plating for Proximal Humeral Fractures: Differences Between the Deltopectoral and Deltoid-Splitting Approaches. *J Trauma.* 2011.
135. Zyto K. Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Injury.* 1998;29(5):349-352.