

Die winkelstabile Plattenosteosynthese bei Frakturen am proximalen Humerus mit der LPHP (Locking Proximal Humerus Plate)

Internal Fixation of Proximal Humerus Fractures Using the Locking Proximal Humerus Plate

Michael Plecko, Aurel Kraus¹

Zusammenfassung

Operationsziel

Stabile Fixierung instabiler proximaler Humerusfrakturen bis zur knöchernen Konsolidierung und Gewährleistung einer möglichst frühzeitigen funktionellen Nachbehandlung, um ein gutes funktionelles Endergebnis und eine weitgehende Wiederherstellung der Alltagsfunktion zu erreichen.

Indikationen

Instabile Zwei-, Drei- und Viersegmentbrüche am proximalen Humerus (AO-Klassifikation: 11-A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 und C3).
Subkapitale Pseudarthrosen.
Pathologische Frakturen.

Kontraindikationen

Nicht rekonstruierbare, komplexe Trümmerfrakturen des Oberarmkopfes beim alten Patienten.
Kindliche Frakturen.
Floride lokale Infektion nach Voroperation (z.B. Infektion nach fehlgeschlagener perkutaner Osteosynthese).

Operationstechnik

Deltoideopektoraler Zugang. Stumpfe Mobilisation des Musculus deltoideus. Anschlingen der Tubercula und der Infraspinatussehne. Schonende, indirekte Reposition der Fraktur ohne ausgedehnte Freilegung und Deperiostierung der Fragmente. Aufbringen der LPHP (Locking Proximal Humerus Plate) ca. 5 mm kaudal der Tuberculumspitze und dorsal des Sulcus intertubercularis. Reposition der subkapitalen Fraktur an die Platte durch Besetzen des fraktur-nahen Plattenlochs mit einer 3,5-mm-Standard-Kortikalisschraube. Vorläufiges Halten der Platte mit 1,8-mm-Bohrdrähten. Winkelstabile Fixierung der Platte durch Einbringen der Kopfverriegelungsschrauben. Zusätzliches Anbringen der Fadenschlingen an der Platte.

Weiterbehandlung

Postoperative Ruhigstellung mit Gilchrist-Verband für einige Tage bis maximal 3 Wochen. Ab dem 2. postoperativen Tag nach Drainageentfernung aktive Skapulastabili-

Abstract

Objective

Stable fixation of unstable proximal humerus fractures until bony consolidation. Early mobilization of the shoulder and early active rehabilitation program to ensure a good functional outcome and a good restoration of the activities of daily living.

Indications

Unstable two-, three- and four-part fractures of the proximal humerus (classified according to the AO classification as: 11-A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3).
Nonunions of the proximal humerus, especially at the neck.
Pathologic fractures of the proximal humerus.

Contraindications

Comminuted humeral head fractures in old patients, which cannot be reconstructed adequately.
Proximal humerus fractures in the immature patient.
Local infection after previous surgery.

Surgical Technique

Deltopectoral approach. Blunt mobilization of the deltoid muscle. Suture loops through the supraspinatus tendon, the infraspinatus tendon, and the subscapularis tendon close to their bony insertion. Careful indirect reduction of the fracture fragments without further damage to their blood supply. Correct positioning of the LPHP (Locking Proximal Humerus Plate) on the lateral side of the humerus, approximately 5 mm below the tip of the greater tuberosity. Indirect approximation of the subcapital fracture component to the plate, by tightening a standard 3.5-mm cortical bone screw inserted into the first hole distal to the metaphyseal fracture line. Temporary fixation of the

Operat Orthop Traumatol 2005;17:25–50

DOI 10.1007/s00064-005-1120-8

¹ Unfallkrankenhaus Graz der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Graz, Österreich.

sierung. Je nach Fraktursituation, Knochenqualität und Begleitverletzungen passive oder assistive Bewegungsübungen aus dem Verband heraus. Bei guter Knochenqualität kein Bewegungslimit. Bei erheblicher Osteoporose, fehlender medialer Abstützung und komplexen Frakturformen passive, maximal assistive Bewegungsübungen in einem Ausmaß bis 60° Abduktion in der Skapularebene und Flexion bis maximal 90°. Röntgenkontrolle nach 3 Wochen, bei fraglicher Stabilität dynamische Bildwandleruntersuchung; dann Freigabe der Bewegungstherapie. Ab der 3. Woche bei stabilen Verhältnissen auch aktive Bewegungsübungen. Bei begleitender Läsion der Rotatorenmanschette, nach zusätzlicher Sehnenrekonstruktion mindestens 4 Wochen ausschließlich passive Bewegungsübungen. Weitere Röntgenkontrollen nach 6 Wochen, 12 Wochen, 6 Monaten und 1 Jahr. Implantatentfernung in der Regel nicht erforderlich.

Ergebnisse

Vom 01.01.1997 bis 30.04.2002 wurden im Unfallkrankenhaus Graz 64 Patienten mit Frakturen am proximalen Humerus mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt. Unter Beachtung definierter Einschlusskriterien (frische Fraktur, standardisierte winkelstabile Versorgung innerhalb der ersten 14 Tage nach dem Trauma, mindestens 12-monatiges Nachuntersuchungsintervall) konnten 36 Patienten nach einem Durchschnittszeitraum von 31 Monaten unter Verwendung des Constant-Scores und des DASH-Scores nachkontrolliert werden. Das Durchschnittsalter der 22 Frauen und 14 Männer betrug 57,5 Jahre (21–78 Jahre). Die Einteilung nach der AO-Klassifikation ergab acht A3-Frakturen, eine B1-Fraktur, fünf B2-Frakturen, drei B3-Frakturen, eine C1-Fraktur, 16 C2-Frakturen und zwei C3-Frakturen. Mit einem durchschnittlichen absoluten Constant-Score von 62,6 Punkten, einem alterskorrigierten Constant-Score von 80,7% und einem durchschnittlichen DASH-Score von 18,0 Punkten konnte in der Mehrzahl der Fälle ein sehr befriedigendes Ergebnis erzielt werden.

An Komplikationen traten zwei Oberarmkopfnekrosen, eine partielle Kopfnekrose mit gutem klinischen Endergebnis und zwei Infektionen auf. Eine A3.3-Fraktur mit Implantatbruch bei fehlender medialer Abstützung konnte ohne Revisionsosteosynthese zur Ausheilung gebracht werden.

Schlüsselwörter

Winkelstabile Plattenosteosynthese · Proximale Humerusfraktur · Osteosynthese proximaler Oberarm

plate with 1.8-mm Kirschner wires. Fixed-angle fixation of the plate to the bone, using locking screws. Additional stabilization of the tuberosities to the plate with suture loops.

Results

Between January 1, 1997 and April 30, 2002, 64 patients with acute fractures of the proximal humerus were treated with fixed-angle plating at the UKH Graz. 36 patients meeting the inclusion criteria (that is primary operative stabilization within 14 days after trauma in a standardized way and minimal follow-up period of 12 months) were assessed 31 months after surgery on average, using the Constant Score and the DASH Score. The mean age of the 22 women and 14 men was 57.5 years (21–78 years). According to the AO classification eight fractures were classified as 11-A3, one fracture as B1, five fractures as B2, three fractures as B3, one fracture as C1, 16 fractures as C2, and two fractures as C3. A mean Constant Score of 62.6 points and an age-related Constant Score of 80.7% on average, as well as a DASH Score of 18.0 points were obtained, constituting a satisfactory result in three quarters of all patients.

Complications observed were two humeral head necroses, one partial necrosis after a head-splitting fracture with nevertheless good clinical result, and a deep infection in two cases. Breakage of the plate was seen in one patient with an A3.3 fracture without medial buttress; no further surgery was necessary; the fracture healed after a short period of immobilization.

Key Words

Fixed-angle plate fixation · Proximal humerus fracture · Internal fixation of proximal humerus

Vorbemerkungen

Die Frakturen am proximalen Humerus stellen mit ca. 4–5% aller Frakturen sowie ca. 45% der Frakturen des Oberarmknochens relativ häufige Verletzungen dar [12, 16, 19]. Dabei lassen sich, bezogen auf das Alter, in der Regel zwei Häufigkeitsgipfel beobachten. Zum einen handelt es sich um Patienten in vorgerücktem Lebensalter mit häufig deutlich verminderter „Knochenqualität“, zum anderen um junge Patienten nach Hochrasanztraumen, bei denen nicht selten erhebliche Zusatzverletzungen und ein beträchtlicher Weichteilschaden vorliegen. Prognostisch spielen neben dem Patientenalter, der Frakturform und den Zusatzverletzungen insbesondere biologische Faktoren, wie die Knochenqualität und die Durchblutung der einzelnen Fragmente, eine bedeutende Rolle [2, 20]. Während stabile Frakturformen in der Regel mit gutem Erfolg konservativ behandelt werden [15], werden instabile und dislozierte Frakturformen mehrheitlich operativ versorgt. Hierfür steht heute eine Vielzahl von verschiedenen Operationsverfahren zur Verfügung. In den letzten Jahren ist ein deutlicher Trend zu minimal invasiven Techniken zu beobachten [3, 17, 18]. Davon verspricht man sich eine weitgehende Schonung der verbliebenen Durchblutung der Fragmente und ein erheblich geringeres Weichteiltrauma.

Nicht selten gelingt aber eine gedeckte perkutane Reposition nicht ohne erhebliche Manipulation mit Raspatorien und Knochenhaken, oder es verbleiben erhebliche Dislokationen mit teilweise beträchtlichen, später die Funktion beeinträchtigenden Stufenbildungen. Außerdem erfordern diese Verfahren in der Regel eine konsequente postoperative Ruhigstellung über mehrere Wochen. Auch sekundäre Repositionsverluste und Implantatlockerungen sind nach minimal invasiven Verfahren nicht selten zu beobachten [14, 15]. Aus diesen Gründen besitzen die offene Reposition und Stabilisierung auch heute noch eine Bedeutung bei der Behandlung von Frakturen am proximalen Humerus [1, 5–7, 10, 11, 13, 21]. Dies gilt insbesondere bei Berücksichtigung neu entwickelter Implantate und weichteilschonender Repositionstechniken.

Zur möglichst stabilen und dennoch schonenden Fixierung der Fraktur steht seit einigen Jahren ein winkelstabiles Implantat in Form der LPHP (Locking Proximal Humerus Plate) zur Verfügung (Mathys Medical, Ltd, Güterstraße 5, 2544 Bettlach, Schweiz; seit 2004 Synthes, Inc.; Abbildungen 1a und 1b). Dieses Implantat besitzt eine „anatomische“ Form, ein aus biologischen und biomechanischen Gründen möglichst schlankes Design und ermöglicht auch bei osteoporotischem

Introductory Remarks

Fractures of the proximal humerus are relatively frequent injuries; their frequency amounts to 4–5% of all fractures and 45% of humerus fractures [12, 16, 19]. Two age-related peaks are known to occur: one in old patients with a markedly reduced bone stock and the other in young persons after high-speed accidents often accompanied by other injuries and considerable soft-tissue trauma. The prognosis depends on the patient's age, the fracture type, the concomitant injuries, and biologic factors such as the quality of bone stock and the blood supply to the fragments [2, 20]. Whereas stable fractures are generally and successfully treated by closed means [15], the majority of unstable and displaced fractures require surgical treatment. Many different surgical options are available. During the most recent years minimally invasive procedures have gained increasing interest [3, 17, 18], as they interfere less with the blood supply to fragments and cause less soft-tissue trauma.

A closed percutaneous reduction often necessitates considerable manipulation with periosteal elevators and hooks. Moreover, the reduction is frequently incomplete due to intraarticular steps often leading to considerable interference with function. In addition, these techniques require a strict postoperative immobilization for several weeks. Loss of reduction and implant loosening are known complications of minimally invasive procedures [14, 15]. For all these reasons open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures are still widely preferred [1, 5–7, 10, 11, 13, 21], in particular, when considering recently developed implants and the introduction of soft-tissue-friendly reduction techniques.

For a few years now, a fixed-angle implant, the Locking Proximal Humerus Plate (LPHP; Mathys Medical, Ltd, Güterstraße 5, 2544 Bettlach, Switzerland; since 2004 Synthes, Inc.; Figures 1a and 1b) has been available for a stable and tissue-sparing fixation of proximal humeral fractures. This implant possesses an anatomic shape and a low profile (2.2 mm) based on biologic and biomechanical principles; it ensures a stable fixation of the humeral head and its fragments even in the presence of osteoporotic fractures. This is achieved by the angular stability of screw locking in the plate and a three-dimensional distribution of screws in the humeral head (Figures 2a to 2d). Both designs considerably increase the resistance to screw avulsion. Additional holes for anchorage of tension bands allow, in the presence of comminuted fractures, absorption of tensional forces of the rotator muscles

Abbildungen 1a und 1b

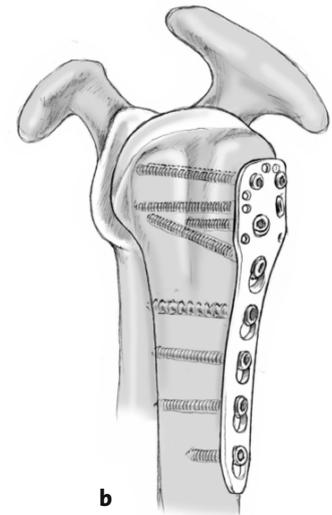
LPHP (Locking Proximal Humerus Plate).

- a) Fünf- bzw. Acht-Loch-Version.
- b) Die Platte ist anatomisch vorgeformt und entspricht der lateralen Kontur des proximalen Humerus.

Figures 1a and 1b

Locking Proximal Humerus Plate (LPHP).

- a) Five- and eight-hole plate, respectively.
- b) The plate is adapted to the lateral contour of proximal humerus.



Knochen eine stabile Fixierung des Oberarmkopfes und seiner Fragmente. Dies wird durch eine winkelstabile Verriegelung der Schrauben in der Platte und deren dreidimensionale Verteilung im Oberarmkopf erreicht (Abbildungen 2a bis 2d). Dadurch erhöht sich die Ausrissfestigkeit beträchtlich. Zusätzliche Verankerungslöcher für die Einbindung von Zuggurtungsschlingen erlauben auch bei komplexen Frakturen durch das Abfangen der Zugkräfte der Rotatoren eine möglichst hohe Primärstabilität. Außerdem haben biomechanische Tests durch Verwendung eines dünneren, elastischeren Implantats unter zyklischer Belastung ein deutlich stabileres „Knochen-Implantat-Interface“ gezeigt als bei steiferen Implantaten [15].

thus guaranteeing an initial high stability. Furthermore, biomechanical tests have shown that thinner, elastic implants lead to a more stable bone-implant interface than more rigid implants when submitted to cyclic loading [15].

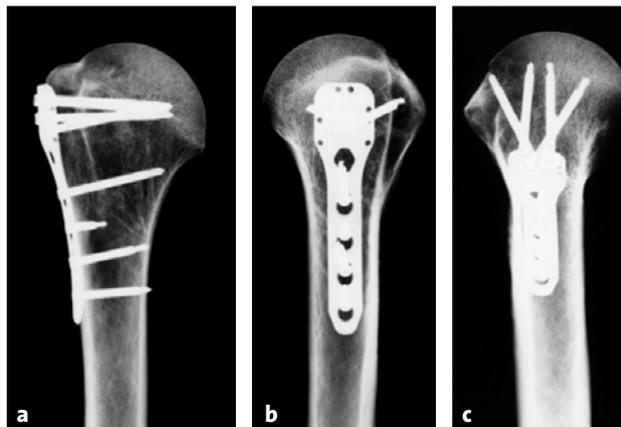
Holes in the shaft of the plate allow insertion of locking screws or standard 3.5-mm screws and are therefore called combination holes (Figure 3). Currently, the implant is available in two different lengths (five holes or eight holes), permitting to bridge zones of metaphyseal comminution.

Abbildungen 2a bis 2d

Die Kopfverriegelungsschrauben sind im Löffelteil der Platte in verschiedenen Richtungen angeordnet. Diese dreidimensionale Anordnung im Oberarmkopf, kombiniert mit der Winkelstabilität, führt zu einem wesentlich erhöhten Ausrisswiderstand auch bei schlechter Knochenqualität.

Figures 2a to 2d

The holes for the locking screws in the spoon-shaped part of the plate are arranged in different orientations. This three-dimensional screw arrangement in the humeral head, combined with the angular stability, considerably increases the resistance to screw pullout even in patients with osteopenia.



Im Schaftbereich erlauben sog. Kombi-Löcher, je nach Bedarf, die Aufnahme sowohl von Standardschrauben der Stärke 3,5 mm als auch, alternativ dazu, von Kopfverriegelungsschrauben (Abbildung 3). Das Implantat ist derzeit in zwei verschiedenen Längen (fünf Löcher und acht Löcher) erhältlich, so dass auch metaphysäre Trümmerzonen überbrückt werden können.



Kopfverriegelungsschraube 3,5-mm-Standard-Kortikalisschraube
 Locking screw 3.5-mm regular cortical screw

Abbildung 3

Die im Schaft angebrachten „Kombi-Löcher“ erlauben sowohl die Aufnahme von Kopfverriegelungsschrauben als auch von Standardschrauben aus dem Kleinfragmentset.

Figure 3

The combination holes in the straight part of the plate allow to insert regular screws from the small-fragment set as well as locking screws.

Operationsprinzip und -ziel

Möglichst weichteilschonende Reposition der Fraktur unter Sicht, soweit möglich unter Verwendung indirekter Repositionstechniken. Kein vollständiges Freilegen der Frakturflächen. Anlegen von Haltefäden durch die Ansatzzonen der Rotatorenmanschette zur schonenden Manipulation des Oberarmkopfes. Bei dislozierter subkapitaler Frakturkomponente schonende Reposition an die Platte durch Einbringen einer fraktur-nahen konventionellen 3,5-mm-Kortikalisschraube im Schaftbereich.

Übungsstabile Osteosynthese unter weitgehender Schonung der verbliebenen Fragmentdurchblutung mit einem winkelstabilen, anatomisch vorgeformten Implantat und dem Funktionsprinzip eines Fixateur interne. Zusätzliches Fixieren der Haltefäden als Zuggurtungsschlingen an der Platte.

Frühe funktionelle Nachbehandlung und dadurch Wiederherstellung einer möglichst guten Funktion des Schultergelenks.

Surgical Principles and Objective

Soft-tissue sparing reduction of the fracture under direct vision, if possible using indirect reduction maneuvers. The fracture surfaces are not completely exposed. Mounting of sutures through the insertion areas of the rotator cuff to permit careful manipulation of the humeral head. Gentle apposition of displaced subcapital fragments to the plate is achieved by inserting a 3.5-mm cortical screw into the diaphysis close to the fracture site.

Internal fixation with a fixed-angle implant adapted to the anatomy of the proximal humerus; it functions like an internal fixator, barely interferes with the blood supply to fragments, and allows early exercises. In addition, suture loops can be attached to the plate thus applying the tension band principle.

Early postoperative exercises assure return to optimal shoulder function.

Vorteile

- Schonende Reposition der Fraktur durch direkte Sicht auf die Weichteilbrücken und Anwendung indirekter Repositionsmanöver.
- Winkel- und rotationsstabile Fixierung der Fraktur durch ein anatomisch vorgeformtes, lediglich 2,2 mm dünnes Implantat und durch winkelstabile Verankerung der Schrauben in der Platte.
- Hohe Ausrissfestigkeit auch bei schlechter Knochenqualität durch die Kombination von winkelstabiler Schrauben-Platten-Verriegelung und dreidi-

Advantages

- Gentle fracture reduction under direct vision of soft-tissue bridges using indirect reduction maneuvers.
- Angular and rotational stability of fixation thanks to a 2.2 mm thin implant adapted to the contours of the proximal humerus and to a fixed-angle insertion of screws into the plate.
- High resistance to avulsion even in the presence of poor bone stock by the use of a combination of fixed-angle screw-plate locking and the three-di-

mensionaler Verspreizung der Schrauben im Humeruskopf.

- Möglichkeit, durch die zusätzliche Einbeziehung von Zuggurtungsschlingen auch bei komplexen Frakturformen eine hohe Primärstabilität zu erzielen.
- Bei komplexen Frakturen ist die Gefahr der Fragmentsprengung oder Dislokation bei Schrauben geringer als beim Einbringen einer Klingenplatte oder eines Nagels.
- Möglichkeit der frühen funktionellen Nachbehandlung durch hohe Primärstabilität, auch bei osteoporotischem Knochen.
- Kurze Ruhigstellungszeiten.
- Kein implantatbedingtes subakromiales Impingement durch flaches Implantatprofil.
- Keine zusätzliche Schädigung der Rotatorenmanschette.
- Durch Titanimplantat erhaltene Beurteilbarkeit der Vitalität des Oberarmkopfes im Magnetresonanztomogramm (MRT).
- Keine Implantatentfernung erforderlich.

Nachteile

- Relativ großer, offener deltoideopektoraler Zugang.
- Die exakte Platzierung der Kopfverriegelungsschrauben erfordert Übung.
- Durch das Verriegeln der Schrauben in der Platte geht das Gefühl für den Halt der Schraube im Knochen verloren.
- Gelegentlich Schwierigkeiten, die exakte Schraubenlänge zu bestimmen.
- Hohe Implantatkosten.

Indikationen

- Instabile Zwei-, Drei- und Viersegmentfrakturen am proximalen Humerus.
- Frakturen am proximalen Humerus nach der AO-Klassifikation: 11-A2, A3, B1, B2, B3, C1.
- Frakturen am proximalen Humerus nach der AO-Klassifikation: 11-C2 und C3 bei jungen Patienten.
- Frakturen am proximalen Humerus nach der AO-Klassifikation: 11-C2 und C3 beim älteren Patienten, wenn eine gute Rekonstruierbarkeit gegeben und der Patient noch körperlich aktiv ist.
- Subkapitale Humeruspseudarthrosen.
- Pathologische Frakturen.

mensional placement of screws in the humeral head.

- Possibility to include wire loops or sutures even in the presence of comminuted fractures guaranteeing a high primary stability.
- The risk of fragment splitting or displacement in comminuted fractures is smaller when using screws than when using blade-plate or nail.
- Possibility of early exercises given the initial high stability, even in the presence of osteoporosis.
- Short period of immobilization.
- No implant-induced subacromial impingement given the low plate profile.
- No surgical damage to the rotator cuff.
- The titanium implant allows assessment of the vascularity of the humeral head by magnetic resonance imaging (MRI).
- No need for implant removal.

Disadvantages

- Relatively extensive deltopectoral approach.
- The proper placement of locking screws requires experience.
- The sense for assessing the purchase of screws in the plate is sacrificed, as the screws are locked in the plate.
- Occasional difficulty to determine the exact screw length.
- High implant costs.

Indications

- Unstable, two-, three-, and four-part humeral head fractures.
- Fractures of the proximal humerus according to the AO classification: 11-A2, A3, B1, B2, B3, C1.
- Fractures of the proximal humerus according to the AO classification: 11-C2 and C3 in young patients.
- Fractures of the proximal humerus according to the AO classification: 11-C2 and C3 in older patients, if satisfactory reconstruction can be expected and the patient is still physically active.
- Subcapital humerus nonunions.
- Pathologic fractures.

Contraindications

- Fracture of the proximal humerus in children.
- Fractures of the proximal humerus according to the AO classification: 11-C2 and C3 in older patients with absent blood supply to the head fragment, poor chance of reconstruction and/or little physical demands by the patient.
- Acute local infection as after previous surgery.

Kontraindikationen

- Kindliche Frakturen am proximalen Humerus.
- Frakturen am proximalen Humerus nach der AO-Klassifikation: 11-C2 und C3 beim alten Patienten mit zerstörter Durchblutung des Kopfkallotensegments, schlechter Rekonstruierbarkeit und/oder geringer körperlicher Aktivität des Patienten.
- Floride lokale Infektion, z.B. nach Voroperationen.

Patientenaufklärung

- Übliche Operationsrisiken wie Infektion, Wundheilungsstörung, Gefäß- und Nervenverletzung.
- Verbleibende Bewegungseinschränkung.
- Mögliche Fragmentdislokation und Repositionsverlust im Rahmen der frühen funktionellen Nachbehandlung.
- Durchschneiden der Schrauben durch das Kopfkallottenfragment mit Korrekturverlust und vorzeitiger perkutaner Schraubenentfernung.
- Partielle oder totale Humeruskopfnekrose (abhängig vom Frakturtyp).
- Auslockern einer nicht exakt verriegelten Kopfverriegelungsschraube.
- Implantatlockerung.
- Subakromiales Impingement bei zu hoher Positionierung.
- Implantatbruch.
- Wetterfühligkeit.
- Ruhigstellungsdauer: Bei guter Primärstabilität, wiederhergestellter medialer Abstützung und guter „Knochenqualität“ 3–5 Tage; bei komplexer Fraktursituation, fehlender medialer Abstützung oder schlechter Knochenqualität bis zu 3 Wochen Schulterverband. Immer wird ab dem 2. postoperativen Tag eine physiotherapeutische Übungsbehandlung durchgeführt.
- Zu erwartende Behandlungsdauer (3–4 Monate).
- Alternative Behandlungsmöglichkeiten.

Operationsvorbereitungen

- Beurteilung und Dokumentation der Armdurchblutung und des neurologischen Lokalbefunds.
- Röntgenbilder anterior-posterior („true AP view“) und „outlet“-Aufnahme oder axilläre Aufnahme.
- Computertomographie (CT) des Schultergelenks bei Mehrfragmentfrakturen.
- Operationsplanung anhand der Bildgebung. Orientierung über die Lage der Hauptfragmente und deren Dislokation sowie allfällige Trümmerzonen.

Patient Information

- Usual surgical risks such as infection, wound healing disturbances, injuries to nerves and vessels.
- Remaining limitation of motion.
- Possible fragment displacement and loss of reduction during early postoperative exercises.
- Screw pullout from head fragment followed by loss of correction and need for early percutaneous screw removal.
- Partial or total avascular head necrosis (depending on type of fracture).
- Loosening of an improperly inserted locking screw.
- Implant loosening.
- Subacromial impingement, if the plate is placed too cranially.
- Implant breakage.
- Symptoms depending on atmospheric pressure.
- Period of immobilization: in the presence of good primary stability, restored medial buttressing and good bone stock: 3–5 days; in comminuted fractures, absent medial buttressing or poor bone stock: up to 3 weeks in Gilchrist bandage. However, in all patients physiotherapy starting on day 2.
- Expected length of treatment (3–4 months).
- Discuss alternate treatment modalities.

Preoperative Work Up

- Assessment and documentation of the neurovascular status of the upper limb.
- Anteroposterior (AP) and outlet view radiographs.
- Computed tomography (CT) in instances of comminuted fractures.
- Preoperative planning based on imaging. Determination of the site of the major fragments and their displacement as well as sites of fragmentation.
- Assessment of the blood flow in the fragments, in particular in the head fragment.
- Planning of the reduction maneuver.
- Planning of internal fixation.
- Epilation of axilla and disinfection of surgical site.
- Administration of more than a single preoperative shot of an antibiotic only for patients at risk (diabetics, patients with reduced autoimmune status).

Surgical Instruments and Implants

- 2.2-mm Locking Proximal Humerus Plate (LPHP) either with five or eight holes. The standard version is made of titanium, although it is also available in stainless steel (Mathys Medical Ltd, Güterstraße 5, 2544 Bettlach, Switzerland; since 2004 Synthes, Inc.).



Abbildungen 4a und 4b

Spezielle Instrumente.

- a) Einschraubbare Bohrhülse LCP 3,5 für 2,8-mm-Bohrer.
- b) Drehmomentbegrenzer.

Figures 4a and 4b

Special instruments.

- a) Threaded 3.5-mm LCP drill guide for 2.8-mm drill bits.
- b) Torque-limiting attachment.

- Einschätzung der Durchblutungssituation der einzelnen Frakturfragmente, insbesondere des Kopfkalottenfragments.
- Planung des Repositionsmanövers.
- Planung der Osteosynthese.
- Enthaarung der Axilla und Desinfektion des Operationsgebiets.
- Eine über die „single shot“-Prophylaxe hinausgehende antibiotische Abschirmung erfolgt lediglich bei Risikopatienten (Diabetiker, Patienten mit Abwehrschwäche).

Instrumentarium und Implantate

- LPHP (Locking Proximal Humerus Plate) in der Fünf-Loch- oder Acht-Loch-Version. Die Standardausführung besteht aus Titan, die Platte ist jedoch auch in Stahl erhältlich (Mathys Medical, Ltd, Güterstraße 5, 2544 Bettlach, Schweiz; seit 2004 Synthes, Inc.).
- LCP-Set (Locking Compression Plate), 3,5 mm, mit skaliertem 2,8-mm-Bohrer und einschraubbarer Bohrhülse (Abbildung 4a) sowie Schraubendreher mit Drehmomentbegrenzer (Abbildung 4b).
- Zielblock für die LPHP (Abbildungen 5a bis 5c).
- Kirschner-Drähte, 1,8 mm.
- Kopfverriegelungsschrauben, 3,5 mm:
 - selbstschneidend (grüne Farbkodierung; Abbildung 6a), 10–80 mm Länge;
 - selbstbohrend und selbstschneidend (blaue Farbkodierung; Abbildung 6b), 12–60 mm Länge.
- Standard-Kortikalisschrauben, 3,5 mm (Abbildung 6c), 10–130 mm Länge.
- Polyfile, nicht resorbierbare Fäden der Stärke 2 oder 4 (z.B. Ethibond, Fa. Ethicon).

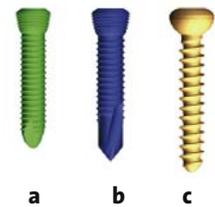
Abbildungen 5a bis 5c
Zielblock für den proximalen Teil der LPHP.

Figures 5a to 5c
Guiding block for spoon-shaped part of the LPHP.



Abbildungen 6a bis 6c

- a) Selbstschneidende 3,5-mm-Kopfverriegelungsschraube (grüne Farbkodierung).
- b) Selbstbohrende und selbstschneidende 3,5-mm-Kopfverriegelungsschraube mm (blaue Farbkodierung).
- c) Selbstschneidende 3,5-mm-Standard-Kortikalisschraube (Titan).



Figures 6a to 6c

- a) 3.5-mm self-tapping locking screw (green color coding).
- b) 3.5-mm self-drilling and self-tapping locking screw (blue color coding).
- c) 3.5-mm regular self-tapping cortical screw (titanium).

- 3.5-mm Locking Compression Plate (LCP) set containing 2.8-mm drill bit with gradation and threaded drill guide (Figure 4a) as well as screwdriver with torque-limiting attachment (Figure 4b).
- Guiding block for LPHP (Figures 5a to 5c).
- 1.8-mm Kirschner wires.
- 3.5-mm self-tapping locking head screws (green color coding; Figure 6a), 10–80 mm in length.
- 3.5-mm self-drilling and self-tapping locking head screws (blue color coding; Figure 6b), 12–60 mm in length.
- 3.5-mm standard cortical screws (Figure 6c), 10–130 mm in length.
- Braided nonresorbable threads, strength 2 or 4 (Ethibond®, Ethicon Co).

Anästhesie und Lagerung

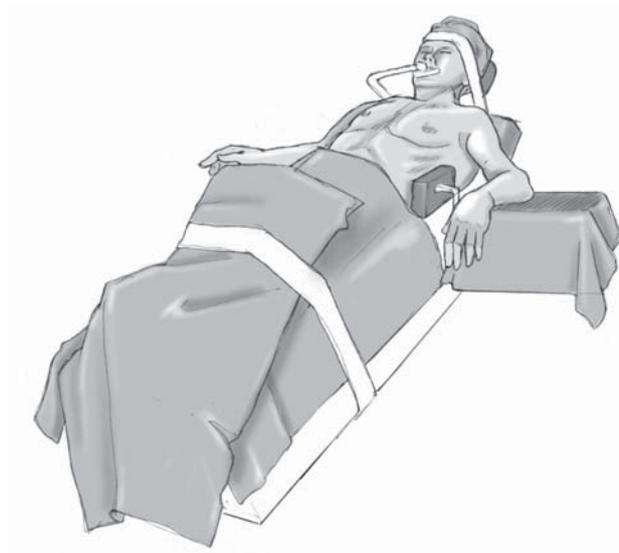
- Intubationsnarkose oder interskalenäre Leitungsanästhesie (Winnie-Block).
- Sogenannte Beach-Chair-Lagerung (Abbildung 7).
- Gerade Seitenstütze im Bereich des Brustkorbs.
- Beckengurt über die Darmbeinstacheln.
- Fixieren des Kopfes (bevorzugt mit elastischer Klebebinde).
- Bildwandlerkontrolle. Prüfung der freien Zugangsmöglichkeit.
- Chirurgische Desinfektion des Operationsgebiets.
- Freies, steriles Abdecken des verletzten Arms.
- Der Arm wird auf einem mobilen, gesondert abgedeckten Beistelltisch gelagert.

Anesthesia and Positioning

- Endotracheal anesthesia or scalene block (Winnie block).
- Beach-chair position (Figure 7).
- Straight supports for the thorax.
- Pelvic strap over iliac crest.
- Fixation of head, preferably with elastic sticky tape.
- Image intensifier. Check its free access.
- Prepping of surgical field and free draping of upper limb.
- Positioning of arm on a mobile arm table covered with separate sheets.

Abbildung 7
Beach-Chair-Lagerung.

Figure 7
Beach-chair position.



Operationstechnik

Abbildungen 8 bis 23

Surgical Technique

Figures 8 to 23

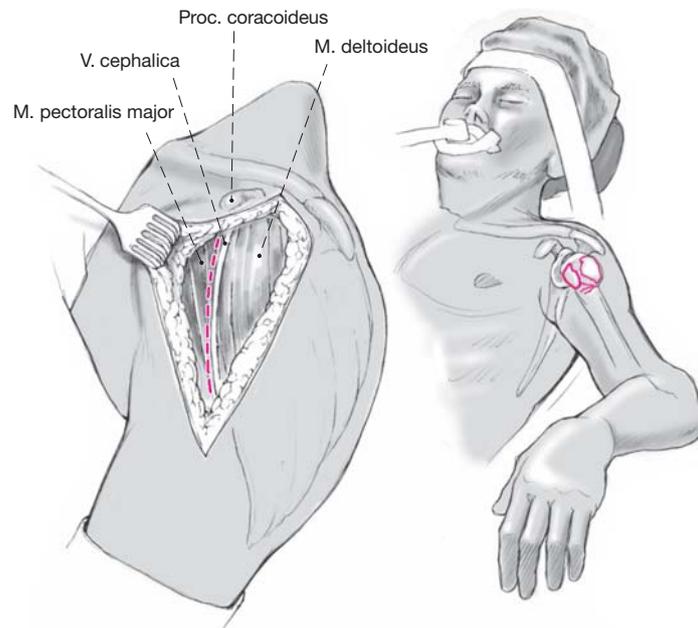


Abbildung 8

Deltoideopektoraler Zugang zum Schultergelenk. Hautschnitt über die Spitze des Processus coracoideus nach lateral auf den distalen Ansatzpunkt des Musculus deltoideus zu. Aufsuchen der Vena cephalica. Sie markiert die Grenze zwischen Musculus deltoideus und Musculus pectoralis major. Die Vene wird lateral belassen, um die zahlreichen deltoidealen Seitenäste zu schonen.

Figure 8

Deltopectoral approach. The incision starts at the tip of the coracoid process and runs laterally in direction of the insertion of the deltoid muscle. Identification of the cephalic vein; it marks the border between deltoid and greater pectoral muscle. The vein is kept laterally to protect its many deltoid branches.

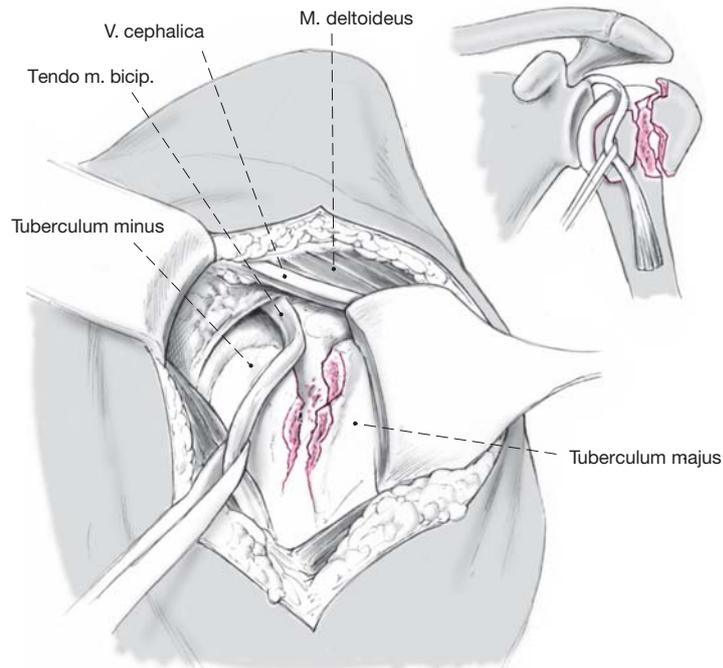


Abbildung 9

Stumpfe Präparation durch den Sulcus deltoideopectoralis und stumpfe Mobilisation des Musculus deltoideus. Meist entleert sich ein ausgedehntes Frakturhämatom. Koagula werden entweder abgesaugt oder digital ausgeräumt. Einsetzen eines Muskelhakens, vorzugsweise eines Roux-Hakens oder eines Deltoideus-Reraktors. Durch leichtes Abduzieren des Arms wird der Musculus deltoideus etwas entspannt, und der Zugang zum Oberarmkopf wird problemlos möglich. Die Sehne des langen Bizepskopfes wird am Oberrand des Pektoralisansatzes identifiziert und ihr Verlauf nach kranial getastet. Dies erleichtert bei Viersegmentfrakturen die Orientierung am zerbrochenen Oberarmkopf. Hierbei läuft eine Frakturlinie meist im Bereich oder unmittelbar dorsal des Sulcus intertubercularis und trennt das Fragment des Tuberculum majus von dem des Tuberculum minus. Lässt sich der Sulcus intertubercularis nicht rekonstruieren oder ist die lange Bizepssehne beschädigt, wird diese intraartikulär abgetrennt und nach der Osteosynthese im Sulkusbereich einer Tenodese unterzogen.

Figure 9

Blunt dissection through the deltopectoral groove and blunt mobilization of the deltoid muscle. An extensive hematoma often seeps out spontaneously. Aspiration or digital evacuation of blood clots. Insertion of a muscle retractor, preferably a Roux or a deltoid retractor. Slight abduction of the arm relaxes the deltoid muscle and eases the access to the humeral head. The tendon of the long head of the biceps is identified at the upper border of the pectoralis muscle and its course is followed cranially. This facilitates the orientation in the presence of four-part fractures. One fracture line usually runs close to the intertubercular sulcus; it separates the fragment of the greater tuberosity from that of the lesser tuberosity. If the intertubercular sulcus cannot be reconstructed or if the tendon of the long head of the biceps is damaged, the tendon is divided intraarticularly, and after completion of osteosynthesis a tenodesis is done at the distal part of the sulcus.

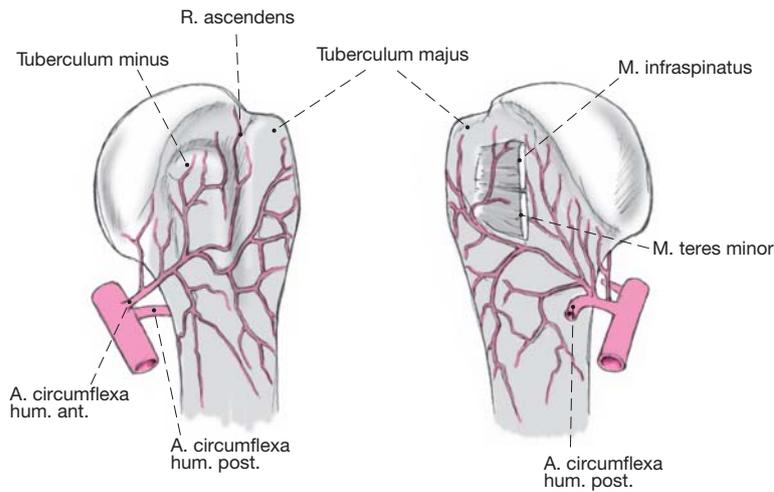


Abbildung 10

Bei Manipulationen im Bereich der langen Bizepssehne ist auf die querenden Äste der Arteria circumflexa humeri anterior zu achten. Für die Durchblutung des Kopfkalottenfragments spielen neben dem bei komplexen Frakturen oft geschädigten Ramus ascendens der Arteria circumflexa humeri anterior insbesondere die zum medialen Periost ziehenden zarten Äste aus den Arteriae circumflexae humeri anterior und posterior eine große Rolle. Aus diesem Grund verbietet es sich, den Humerushals medial unmittelbar unterhalb der Knorpel-Knochen-Grenze mit einem Raspatorium oder einer traumatisierenden Repositionszange zu umfahren und durch direkten Druck zu reponieren. Der Einsatz eines Hohmann-Hebels sollte hier ebenfalls unterlassen werden, um die sensible Gefäßversorgung nicht zu gefährden.

Figure 10

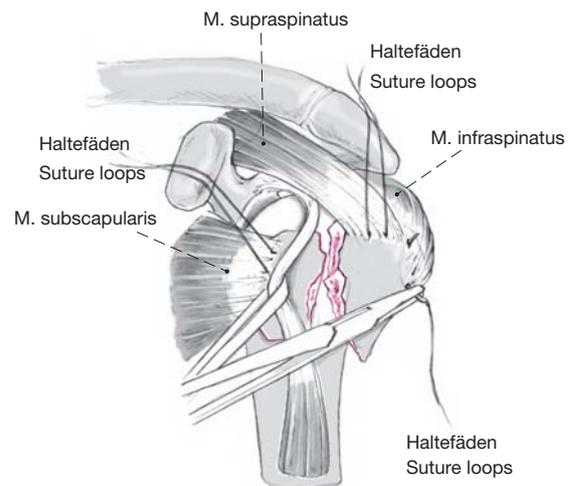
During the manipulation of the long head of the biceps care has to be taken of the crossing branches of the anterior circumflex humeral artery. For the vascular supply to the head fragment the ascending branch of the anterior circumflex artery and, in particular, the small branches of the anterior and posterior circumflex arteries supplying the humeral head are of great importance. Remember that in the presence of comminuted fractures the ascending branch of the anterior circumflex humeral artery is often damaged. For these reasons the use of a periosteal elevator or a traumatizing reduction forceps passed medially beneath the osteoarticular junction has to be condoned. A displaced humeral neck should not be reduced by direct pressure. Insertion of a Hohmann retractor should also be avoided, as it may endanger the precarious blood supply.

Abbildung 11

Durch leichten Längszug wird nun der Zugang zur Sehne des Musculus supraspinatus erleichtert. Kräftige Haltefäden der Stärke 2 oder 4 werden am Ansatzpunkt der Supraspinatussehne, der Infraspinatussehne und bei Viersegmentfrakturen auch der Subskapularissehne angebracht. Dabei achten wir darauf, dass diese unmittelbar am Sehnen-Knochen-Übergang liegen, um ein Durchschneiden des Sehngewebes, insbesondere beim alten Patienten, zu verhindern. Durch Zug an diesen Fäden können die Oberarmkopffragmente in der Folge gut und schonend manipuliert werden.

Figure 11

The access to the supraspinatus muscle is facilitated through slight longitudinal traction. Strong sutures (# 2 or 4) should be looped through the insertion of the supraspinatus tendon, the infraspinatus tendon, and, in instances of four-part fractures, also the subscapularis tendon. Care has to be taken that the sutures lie directly at the tendon-bone junction to prevent a cutting through the tendinous tissue, particularly in elderly patients. By pull on these sutures the fragments can be later on easily and gently manipulated.



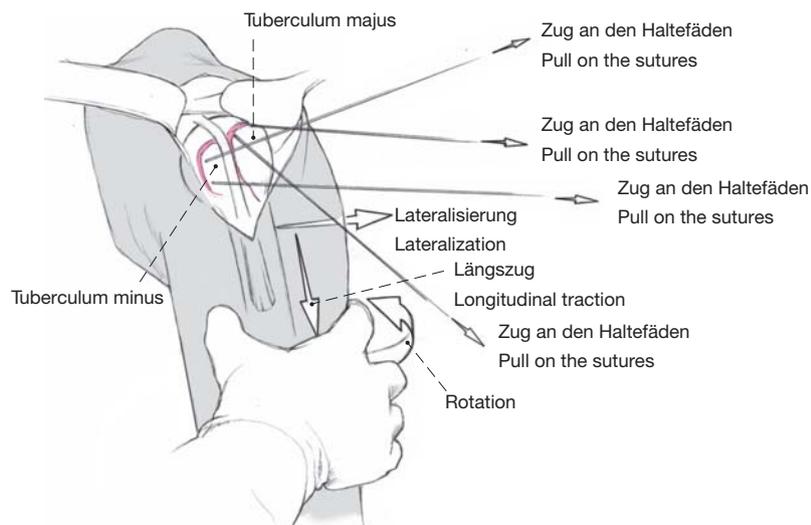
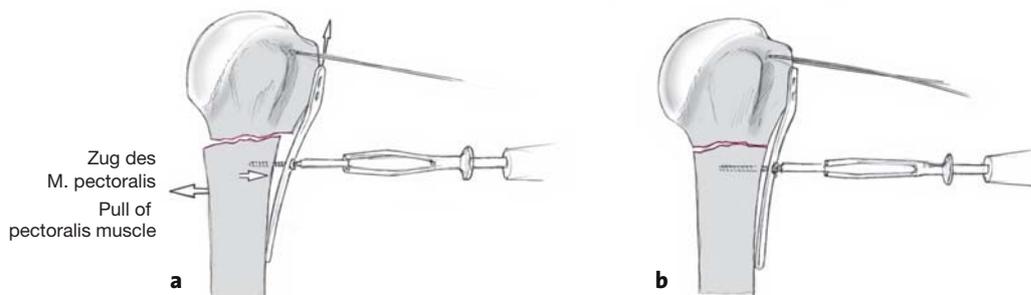


Abbildung 12

Durch indirekte Repositionsmanöver wie Längszug am Arm, Ab- bzw. Adduktion, Rotation sowie Lateralisation des Humerusschafts kann unter gleichzeitigem Zug an den Fadenschlingen die Fraktur schonend reponiert werden.

Figure 12

The indirect reduction maneuver can be achieved without force by longitudinal traction on the arm, ab- or adduction, rotation, and lateralization of the humeral shaft while pulling simultaneously on the sutures.



Abbildungen 13a und 13b

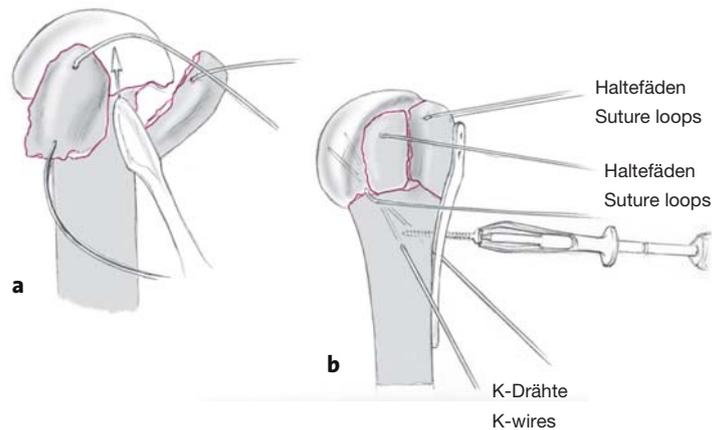
Bei subkapitalen Frakturen kann die häufig durch den Zug des Musculus pectoralis bedingte Dislokation des Humerusschafts nach medial durch Längszug und Zug nach lateral partiell und schließlich durch schonende Reposition an die Platte exakt reponiert werden. Hierzu wird die Platte lateral angelegt (a), und der noch etwas medialisierte Schaft wird durch eine 3,5-mm-Kortikalisschraube im ersten distal gelegenen frakturnahen Plattenloch nach lateral gezogen (b). Ist das Kopfsegment varisch verkippt, kann diese Fehlstellung durch gleichzeitigen Zug an der oberen Fadenschlinge aufgehoben werden.

Bei dieser Technik ist bei der Auswahl der Plattenposition jedoch zu bedenken, dass es während der Reposition eines noch erheblich nach medial dislozierten Schafts beim Anziehen der 3,5-mm-Kortikalisschraube zu einem leichten Hochgleiten der Platte lateral am Tuberculum majus kommen kann.

Figures 13a and 13b

The pull of the pectoralis muscle often causes a medial displacement of the humeral shaft in instances of subcapital fractures. Its partial reduction is achieved by longitudinal traction and lateral pull and the exact reduction by careful approximation of the shaft to the plate. To achieve this, the plate is positioned laterally (a) and the still slightly medially lying shaft is pulled laterally with a 3.5-mm cortical screw introduced into the first hole distal to the fracture (b). If a varus tilt of the head fragment is present, its malposition can be corrected by a simultaneous pull on the cranial suture loop (supraspinatus).

When using the above technique, the proper placement of the plate is important. Reduction of the medially displaced shaft achieved by the tightening of the 3.5-mm cortical screw may lead to a slight upward migration of the plate on the greater tuberosity.



Abbildungen 14a und 14b

Bei dislozierten Mehrsegmentfrakturen wird nach Anschlingen der Tubercula das Kopfkalottenfragment durch vorsichtige Manipulation mit einem über einen Frakturspalt unter Sicht eingeführten Raspatorium reponiert (a). Dabei lässt sich häufig die Durchblutung dieses Fragments durch Beobachtung von Blutungen aus der spongiösen Fläche abschätzen. Anschließend werden die Tubercula vorsichtig durch Zug an den Fadenschlingen und digitale Manipulation eingepasst. Bei komplexen Fraktursituationen ist eine temporäre Fixierung mit Kirschner-Drähten zu empfehlen. Diese Drähte sollten aber so eingebracht werden, dass sie die spätere Plattenlage nicht behindern.

Nun wird eine LPHP entsprechender Länge an typischer Stelle, ca. 0,5–1 cm dorsal des Sulcus intertubercularis und 5 mm kaudal der Tuberculumspitze, angelegt und ggf. temporär mit 1,8-mm-Kirschner-Drähten, die durch die Löcher für die Fadenschlingen eingebracht werden, vorfixiert (b). Der distale Ansatz des Musculus deltoideus muss beim Platzieren der Platte nicht abgelöst werden. Unter Bildwandlerkontrolle können nun die korrekte Plattenlage und das Repositionsergebnis überprüft werden.

Als erste Schraube wird in der Regel eine 3,5-mm-Standard-Kortikalisschraube frakturnahe in konventioneller Technik eingebracht. Dadurch wird wiederum der Zug des Musculus pectoralis auf das Schaftfragment neutralisiert. Es ist darauf zu achten, dass die Platte beim Anziehen der Schraube distal möglichst exakt zentriert am Humerusschaft verbleibt. Gelegentlich wird sie auch hier gleich mit einer Kopfverriegelungsschraube oder einem durch die aufgeschraubte Bohrbüchse eingebrachten Kirschner-Draht gesichert.

Figures 14a and 14b

In the presence of multiple fragments and after looping of the cuff tendons the head fragment can be gently manipulated under direct vision with a periosteal elevator introduced into the fracture gap (a). The blood supply to the fragments can be assessed at the same time: blood should ooze from the cancellous bone surfaces. Once the head fragment has been reduced, the tuberosities are pulled with the suture loops and fitted by digital manipulation. In instances of comminuted fractures a temporary fixation with Kirschner wires is recommended. Care must be taken that these wires do not interfere with the subsequent plate positioning.

Application of an LPHP of adequate length at the proper position, namely 0.5–1 cm posterior to the intertubercular sulcus and 5 mm caudal to the tip of the greater tuberosity (b). If needed, the plate is temporarily fixed with 1.8-mm Kirschner wires inserted into the holes provided for the suture loops. The insertion of the deltoid muscle should not be detached during plate placement. The correct plate position and the result of reduction are checked with the image intensifier. The first screw to be employed is usually a 3.5-mm cortical screw, inserted close to the fracture using the standard technique. This neutralizes the pull of the pectoralis on the shaft fragment. During tightening of the screw care has to be taken that the distal part of the plate is properly centered on the humeral shaft. Occasionally, the position is secured with a locking screw or with a Kirschner wire inserted through the threaded drill guide.

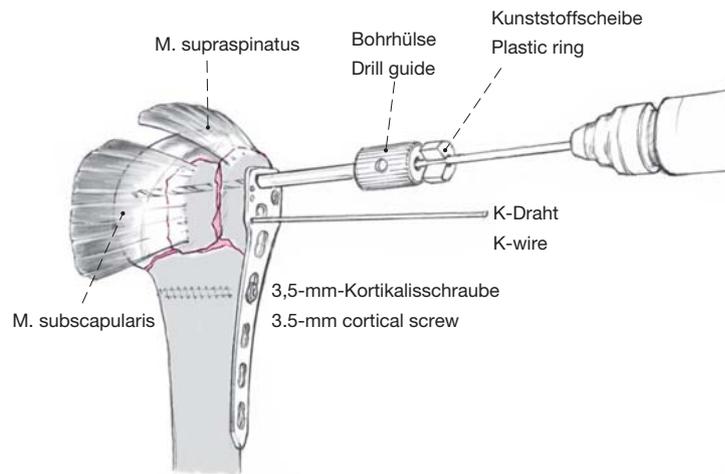


Abbildung 15

Als Nächstes werden nun zuerst die beiden kranialen, parallel ausgerichteten Plattenlöcher besetzt. Hierzu wird die einschraubbare Gewindebohrhülse aus dem 3,5-LCP-Set vorsichtig in der vorgegebenen Richtung eingebracht. Dabei müssen das Innengewinde des Plattenlochs von Gewebeteilen befreit und die zarten Gewindegänge beim Eindrehen unbedingt geschont werden. Erleichtert wird das korrekte Einbringen dadurch, dass die Hülse zart aufgesetzt und zuerst gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird, bis ein kleiner Klick zu vernehmen ist. Durch Wechseln der Drehrichtung in den Uhrzeigersinn kann die Hülse nun meist leicht korrekt und ohne Kraftaufwand platziert werden. Durch die fixierte Bohrhülse wird anschließend mit dem 2,8-mm-Bohrer, der eine Skalierung sowie eine dünne Kunststoffscheibe zur direkten Bestimmung der Schraubenlänge aufweist, der Kanal für die Schraube exakt vorgebohrt. Hierbei empfiehlt es sich, durch pulsierendes Vorschieben des Bohrers („Schlagbohrtechnik“) zuerst nur bis an die Gegenkortikalis zu gehen und dann die Schraubenlänge vom Bohrer abzulesen. Bei osteoporotischem Knochen ist auch dies oft schwierig, weshalb in solchen Fällen die Schraubenlänge mit dem üblichen Längenmessinstrument bestimmt oder kontrolliert werden sollte. Damit wird ein Überstehen der Kopfverriegelungsschrauben über die knorpeltragende Gelenkfläche verhindert. Um möglichst guten Halt zu finden, sollte das Schraubenende bis wenige Millimeter an die Gegenkortikalis herangebracht werden (ca. 3 mm Sicherheitsabstand).

Figure 15

Next, the two cranially aligned plate holes are filled. For this, the threaded 3.5-mm LCP drill guide is inserted in the designated direction. Care has to be taken that the plate hole is free of tissue parts and that the delicate threads are not damaged during insertion. This insertion is facilitated by a counter rotation of the drill guide once it is in contact with the plate: a click will be felt. Then, the guide is inserted clockwise easily and without force. A 2.8-mm drill bit with gradation and a plastic ring to directly determine the screw length is inserted into the drill guide. We recommend a stepwise advancement of the drill bit until it hits the opposite cortex. The length of the screw is then read from the drill bit. As such a procedure is difficult to perform in osteoporotic bone, the screw length is determined with a depth gauge. This avoids the locking screws protruding the articular cartilage. To find optimal purchase, the screw tip should be brought within a few millimeters of the opposite cortex (safe distance: 3 mm).

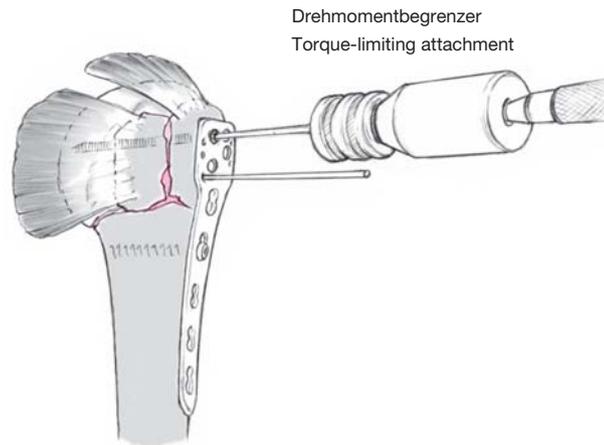


Abbildung 16

Nun werden unter Verwendung des Drehmomentbegrenzers die beiden kranialen, parallel zueinander ausgerichteten Kopfverriegelungsschrauben mit dem auf die Bohrmaschine aufgesetzten Schraubendreher eingebracht. Um das zarte Gewinde zu schonen, sollten die letzten Umdrehungen schließlich von Hand ausgeführt werden. Hierzu wird der Schraubendreher mit Drehmomentbegrenzer in einen Handgriff eingespannt, um die Kopfverriegelungsschraube exakt im Plattenloch zu verriegeln.

Figure 16

Next, the two cranial locking screws that lie parallel to each other are inserted with the torque-limiting attachment mounted on the drill and attached to the screwdriver. To protect the delicate threads, the last turns should be done by hand: the screwdriver and the torque-limiting attachment are mounted on a T-handle and the screw is locked in the plate.

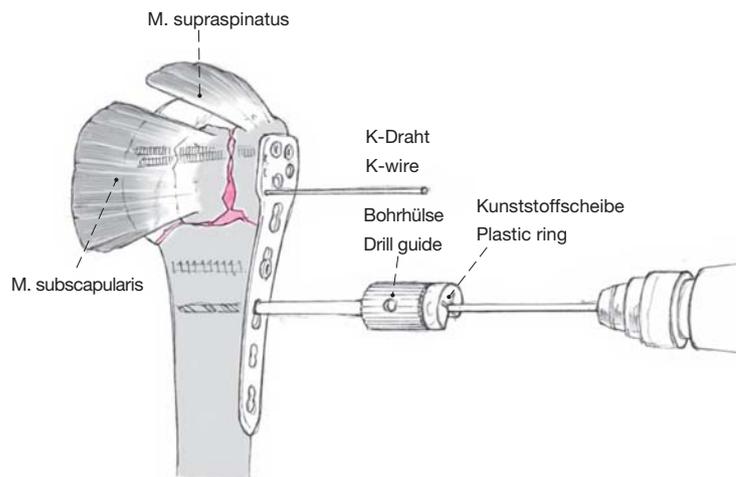


Abbildung 17

Durch das Einbringen weiterer Kopfverriegelungsschrauben im Schaftbereich wird bereits eine winkelstabile Klammer zur Überbrückung der metaphysären Fraktur geschaffen. Dies ermöglicht auch bei komplexen Frakturen zu diesem Zeitpunkt die Entfernung der Bohrdrähte. Im Schaftbereich sind mindestens zwei, bei stark osteoporotischem Knochen drei Kopfverriegelungsschrauben bikortikal einzusetzen, um ein Ausreißen aus dem Schaft zu vermeiden. Bei metaphysärer Trümmerzone ist es sinnvoll, durch Verwendung der Platte als Überbrückungsplatte mehrere Plattenlöcher im metaphysären Bereich unbesetzt zu lassen. Bei dieser Technik sollte eher die längere Plattenversion Anwendung finden. Das größere schraubenfreie Plattensegment ermöglicht die Aufnahme der Biegekräfte und beugt einem Implantatbruch durch eine punktuelle Stresskonzentration vor.

Figure 17

The insertion of further locking screws into the shaft creates a fixed-angle brace for the bridging of the metaphyseal fracture. Therefore, the temporarily inserted Kirschner wires can safely be removed even in the presence of comminuted fractures. At the shaft a minimum of two, and in osteoporotic bone of three, bicortical locking screws should be used to prevent screw avulsion. In instances of metaphyseal comminution the plate should function as a bridging plate: holes at the metaphyseal level should not be filled. However, the use of the longer plate is recommended. The segment of the plate not filled with screws allows absorption of bending moments thus preventing implant breakage due to a stress concentration at one spot.

Abbildung 18

Das Einbringen der beiden schrägen Schrauben im Kopfbereich sowie der aufsteigenden Kopfverriegelungsschraube wird durch das Aufsetzen des Zielblocks wesentlich erleichtert. Durch den Zielblock werden die Bohrhülsen problemlos in korrekter Ausrichtung geführt. Das Bohren mit dem 2,8-mm-Bohrer, die Bestimmung der korrekten Schraubenlänge und das Einsetzen der Kopfverriegelungsschrauben erfolgen in der bereits beschriebenen Weise. Wir verwenden im Kopfbereich ausschließlich selbstschneidende Kopfverriegelungsschrauben (grüne Farbkodierung), um die Gefahr des Durchschneidens bei Sinterung der Fraktur so gering wie möglich zu halten.

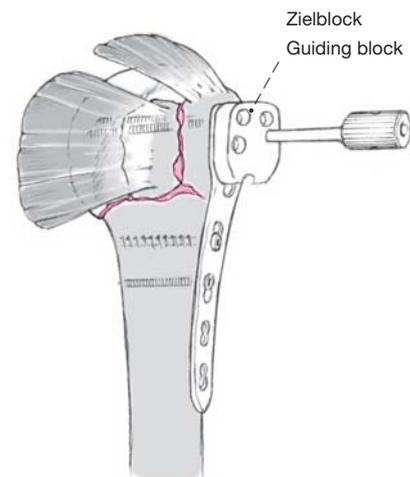


Figure 18

The insertion of the two oblique screws into the humeral head as well as of the ascending locking screw is facilitated by the use of the guiding block. This block permits insertion of the drill guide in the proper direction. Drilling with the 2.8-mm drill bit, determination of the correct screw length, and the insertion of the locking screws are done as already outlined. At the level of the head we use exclusively self-tapping locking screws (green color coding) to reduce the risk of screw penetration should an impaction of the fracture occur.

Abbildung 19

Der Oberarmkopf ist jetzt mit fünf winkelstabilen, in verschiedenen Ebenen ausgerichteten Schrauben stabil fixiert. Die metaphysäre Frakturkomponente ist durch die LPHP wie mit einem Fixateur interne in Form einer winkelstabilen Klammer überbrückt.

Die vorgelegten, nicht resorbierbaren Haltefäden der Stärke 2 oder 4 werden nun, sofern es die Frakturform erfordert, durch die dafür vorgesehenen Plattenlöcher geführt und über der Platte geknotet. Die Zugkräfte der Rotatoren werden dadurch in Form von Zuggurtungsschlingen abgefangen, was die Stabilität noch weiter erhöht. Der Einsatz der Zuggurtungsschlingen sollte großzügig gehandhabt werden, um möglichst sichere Stabilität für die frühe funktionelle Nachbehandlung zu gewährleisten.

Nach einem passiven Bewegungsversuch mit visueller Überprüfung der Stabilität des Konstrukts kontrollieren wir das Ergebnis immer mit Hilfe des Bildwandlers. Hierbei werden Repositionsergebnis, Plattenlage, Stabilität und insbesondere die Länge der Kopfverriegelungsschrauben exakt überprüft.

Abschließend Einlegen einer Redon-Drainage (Ch 10) in die Tiefe und schichtweiser Wundverschluss.

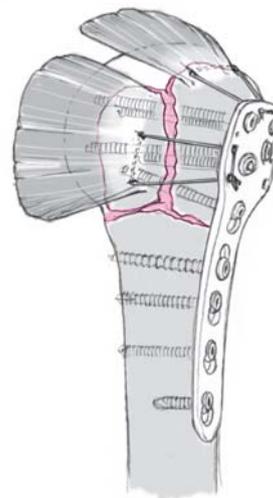


Figure 19

The humeral head is now stabilized with five fixed-angle screws aligned in different planes. The metaphyseal fracture component is bridged by the LPHP acting as a fixed-angle brace similar to an internal fixator.

Depending on the fracture type suture loops have already been put in place. They are now threaded through the provided holes in the plate and knotted. The tensional forces of the cuff are neutralized by the loops further increasing the stability. The indication for loop use should be generous, as they add the stability allowing early postoperative exercises.

Passive mobilization under direct vision to check the stability of the construct followed by image intensification. Particular attention should be paid to the result of reduction, plate position, stability, and, in particular, length of the locking screws. Deep insertion of suction drain (Ch 12) and wound closure in layers.

Besonderheiten

Als wesentlich für eine erfolgreiche Anwendung der LPHP hat sich die Beachtung der medialen Abstützung im metaphysären Bereich erwiesen. Ist diese nach der Reposition wiederhergestellt, liegen nach Montage des Implantats stabile Verhältnisse vor, und eine frühe funktionelle Nachbehandlung ist problemlos möglich.

Ist diese mediale Abstützung durch eine Trümmerzone oder einen Knochendefekt nicht mehr gegeben, bestehen, je nach Alter des Patienten und der Knochenqualität, verschiedene Möglichkeiten, dem intraoperativ Rechnung zu tragen.

Abbildungen 20a und 20b

Bei jungen Patienten und guter Knochenqualität ist es sinnvoll, die metaphysäre Trümmerzone in Form einer Überbrückungsosteosynthese mit einem langen Implantat (acht Löcher) zu überbrücken. Hierbei soll eine längere schraubenfreie Zone in Höhe der Trümmerzone dem Implantat die Möglichkeit geben, die auftretenden Biegekräfte über einen längeren Bereich abzufedern. Eine zusätzliche kräftige Fadenschlinge durch den Ansatz der Supraspinatussehne ist in einem solchen Fall obligat.

Auch die Nachbehandlung muss dieser Situation Rechnung tragen und dosiert sowie anfangs passiv und assistiv gestaltet werden, um das Implantat nicht zu überfordern.

Figures 20a and 20b

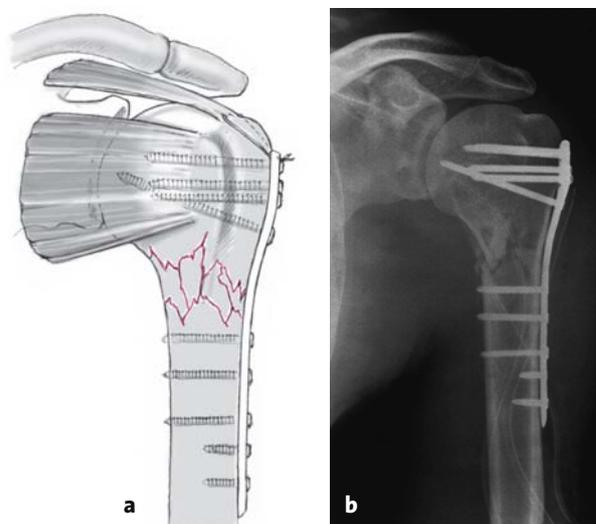
In young patients and in the presence of good bone quality it is advisable to bridge the zone of metaphyseal comminution with an eight-hole plate. The segment of the plate not filled with screws allows absorption of bending moments over a longer stretch, thus preventing implant breakage due to a stress concentration at one spot. An additional strong suture loop passing through the insertion of the supraspinatus is obligatory in such an instance.

Also the postoperative care has to take this situation into consideration. At the beginning slowly increasing exercises must be passive and active-assisted not to overtax the implant.

Special Considerations

Important for a successful application of the LPHP is the medial buttressing of the metaphysis. If the reduction has been exact, stable conditions after plate application can be expected permitting early exercises.

If zones of comminution or a bone defect prevent a stable reduction, several intraoperative measures exist depending on the patient's age and the quality of bone stock.

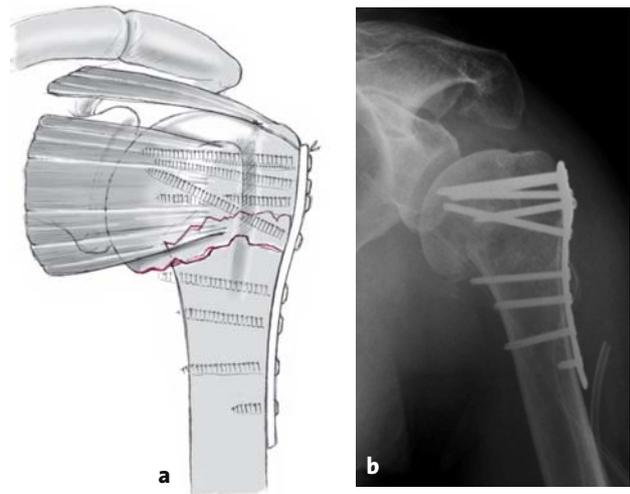


Abbildungen 21a und 21b

Bei alten Patienten sowie schlechter Knochenqualität kann bei fehlender medialer Abstützung die Stabilität durch Ein-
stauchung des Schafts in den Oberarmkopf wesentlich er-
höht werden. Die winkelstabile Plattenosteosynthese in
Kombination mit der Einstauchung lässt so auch beim alten
Patienten meist erstaunlich stabile Verhältnisse erzielen.
Gelegentlich gelingt durch Miterfassen des eingestauchten
Schafts durch die aufsteigende Kopfverriegelungsschraube
eine weitere Erhöhung der Stabilität.

Figures 21a and 21b

The absence of medial buttressing in elderly patients as well
as in the presence of poor bone stock can be compensated by
impaction of the shaft into the humeral head. In combination
with a fixed-angle plate fixation a remarkably good stability
can also be reached in old patients. Additional increase in sta-
bility can occasionally be obtained by catching the impacted
shaft with the ascending locking screw.

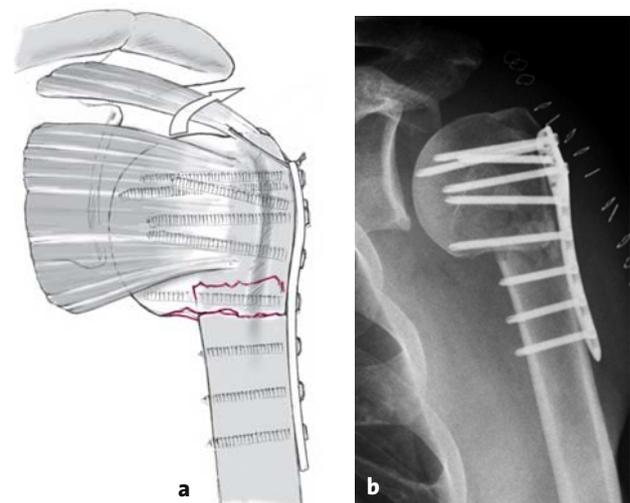


Abbildungen 22a und 22b

Bei varisch verkippten Kopfsegmenten ist es wichtig, das
Kopfsegment durch indirekte Manöver und Zug an den Fa-
denschlingen völlig aufzurichten. In diesen Fällen kann die
Gefahr eines späteren Nachsinterns in die ursprüngliche
Varusposition durch Einstauchen oder durch eine möglichst
in den untersten Kopfanteil eingebrachte Schraube vermin-
dert werden.

Figures 22a and 22b

For the reduction of the head segment tilted in varus it is im-
portant to use indirect maneuvers and a pull on the suture
loop. Impaction and proper placement of the locking screw
lessen the risk of later subsidence into the original varus po-
sition.



Abbildungen 23a und 23b

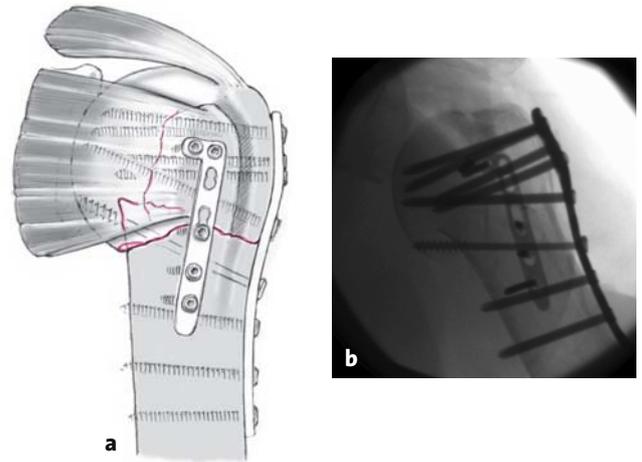
Bei sehr instabilen Situationen ist es vereinzelt auch sinnvoll, die mediale Abstützung durch eine zweite, gerade Platte (z.B. Drittelrohrplatte oder Plättchen aus dem Handimplantatset), die am Tuberculum minus angebracht wird, zu erhöhen. Dies erweist sich insbesondere dann als hilfreich, wenn eine zusätzliche Trümmerzone anteromedial oder im Bereich des Tuberculum minus vorliegt. Gelegentlich wird zum Fassen des Kopfsegments, wie hier dargestellt, eine winkelstabile Kopfverriegelungsschraube durch eine Standard-4,0-mm-Spongiaschraube ersetzt.

Bei pathologischen Frakturen kann zum Erhalt einer ausreichenden Stabilität zusätzlich das Einbringen von Knochenzement erforderlich sein.

Figures 23a and 23b

In instances of marked instability we recommend to improve the medial buttressing by placing a second straight plate, such as a third tubular plate or a small plate from the hand set, at the lesser tuberosity. This is of particular help when an additional zone of comminution exists anteromedially or at the lesser tuberosity. To better grasp the head segment, it is occasionally advisable to replace the locking head screw with a standard 4.0-mm cancellous screw as shown here.

To maintain a sufficient stability of pathologic fractures, the use of bone cement may become necessary.



Postoperative Behandlung

- Steriler Verband.
- Unmittelbar postoperativ, am besten noch am Operationstisch in Narkose, Röntgenaufnahmen im „true AP“ und axillären Strahlengang.
- Ruhigstellung im Gilchrist-Verband bis zur Drainageentfernung.
- Lokale Kryotherapie in den ersten 5 Tagen.
- Absprache zwischen Operateur und Physiotherapeut zur Festlegung des Nachbehandlungskonzepts.
- Lymphdrainage.
- Entfernung der Redon-Drainage am 2. postoperativen Tag.
- Am 2. postoperativen Tag Beginn mit physiotherapeutischer Übungsbehandlung je nach Frakturtyp, Stabilität der Osteosynthese, Knochenqualität, Alter des Patienten, lokalen Begleitverletzungen, Schwellungssituation und Patientenmitarbeit. Aktive Skapulastabilisierung.
- Abnahme des Gilchrist-Verbands zur Physiotherapie ab dem 2. Tag. Passive und assistive Bewegungsübungen im schmerzfreien Bereich je nach biomechanischen und biologischen Gegebenheiten. Bei Osteoporose sowie fehlender medialer Abstützung

Postoperative Management

- Sterile dressing.
- Immediately after surgery, preferably in the operating room under anesthesia, AP and axillary films should be taken.
- Immobilization with a Gilchrist bandage until removal of drain.
- Local cooling with ice during the first 5 days.
- Discussion with the physiotherapist to decide proper postoperative exercises.
- Lymph drainage.
- Removal of suction drain on day 2.
- Starting on day 2, physiotherapy adjusted to fracture type, stability of internal fixation, quality of bone stock, patient's age, local concomitant injuries, swelling, and patient compliance. Active stabilization of scapula.
- The Gilchrist bandage is removed for passive and active-assisted exercises in a pain-free range depending on the biomechanical and biologic circumstances. In the presence of osteoporosis, absent medial buttressing, and comminuted fractures abduction in the scapula plane is limited to 60° and flexion to 90° for the duration of 3 weeks. No limitation of exercises within the pain-free range is necessary, if

und komplexen Frakturformen Beschränkung des Bewegungsausmaßes auf 60° Abduktion in der Skapularebene und 90° Flexion für 3 Wochen. Bei guter Knochenqualität und medialer Abstützung Bewegungsübungen im schmerzfreien Bereich ohne graduelle Einschränkung.

- Erste Röntgenkontrolle nach 8–10 Tagen.
- Entfernung der Hautnähte am 10. postoperativen Tag.
- Nach 3 Wochen zweite Röntgenkontrolle zur Beurteilung des Heilungsverlaufs und der Stabilität. Bei fraglicher Situation dynamische Untersuchung unter Bildwandler. Bei stabilen Verhältnissen Freigabe der Bewegungstherapie und aktive Bewegungsübungen.
- Bei relevanten Begleitverletzungen wie einer Ruptur der Rotatorenmanschette müssen diese im Nachbehandlungsprotokoll berücksichtigt werden. Gilchrist-Verband und rein passive Bewegungsübungen für mindestens 4 Wochen.
- Weitere Röntgenkontrollen nach 6 und 12 Wochen sowie 6 und 12 Monaten.
- Übungen gegen Widerstand erst nach sicherer knöcherner Konsolidierung und bei guter Koordination.
- Eine Plattenentfernung ist in der Regel nicht vorgesehen.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Zu ausgedehntes Freilegen der Fraktur mit Zerstörung der verbliebenen Fragmentdurchblutung und/oder Einbringen von Raspatorien, Repositionszangen oder Hohmann-Hebeln an der medialen Seite des Humerushalses mit Zerstörung der an das mediale Periost reichenden zarten Gefäßäste, die das Kopfkalottenfragment versorgen: Eine weitere Beeinträchtigung der Fragmentdurchblutung ist nicht korrigierbar und muss daher unbedingt vorausblickend vermieden werden.
- Unzureichende Reposition und Aufrichtung des dislozierten Kopfsegments, insbesondere bei varisch verkipptem Kopfsegment mit der Gefahr eines Repositionsverlusts und daraus resultierender Bewegungseinschränkung: Korrektur der Stellung und neuerliche Osteosynthese.
- Subakromiales Impingement bei Abduktion
 - durch zu hohe Positionierung der Platte,
 - durch Nichtberücksichtigung beim Reponieren des stark dislozierten Schaftfragments an die Platte, dass diese lateral beim Anziehen der ersten Schraube etwas am Tuberculum hochgleitet,

the bone stock is good and the medial buttressing adequate.

- First radiographic control after 8–10 days.
- Removal of stitches on day 10.
- After 3 weeks second radiographic control to assess progress of healing and stability. If the outcome is questionable, dynamic examination under fluoroscopy; otherwise continuation of physiotherapy including active exercises.
- In the presence of important concomitant injuries such as rotator cuff tear special attention has to be paid to the postoperative exercise regimen. The Gilchrist bandage has to be worn for 4 weeks and physiotherapy limited to passive exercises.
- Subsequent radiographs after 6 and 12 weeks and 6 and 12 months.
- Exercises against resistance only after definite bony consolidation and adequate coordination.
- Plate removal is generally not necessary.

Errors, Hazards, Complications

- Interruption of blood supply to the fragments due to too extensive exposure of the fracture and/or insertion of periosteal elevator, reduction forceps, or Hohmann retractors on the medial side of the humeral neck destroying the delicate vessel branches supplying the humeral head fragment: the thus caused interference with blood flow of the fragments is definite and must be avoided at all costs.
- Inadequate reduction and reposition of displaced head fragment, particularly in the presence of being tilted in varus risking loss of reduction and subsequent limitation of motion: correction of reduction and repeat internal fixation.
- Subacromial impingement during abduction due to
 - a too cranial placement of plate,
 - omission to consider the fact that during the apposition of the markedly displaced shaft fragment to the plate, a cranial displacement of the plate can occur when tightening the first screw,
 - a too posterior position of the spoon-shaped end of the plate causing a lack of posterocranial apposition of the plate to the curved humeral head. Revision of reduction and improved positioning of implant should be subject to consideration of the advantages and risk to the patient.
- Too anterior placement of the plate: the ascending branch of the anterior humeral circumflex artery and the long head of the biceps tendon can be affected.

– durch einen zu weit dorsal liegenden und daher dorsal-kranial vom gekrümmten Oberarmkopf abstehenden Löffelteil der Platte.

Unter Abwägung von Nutzen und Risiko sowie Berücksichtigung der Gesamtsituation des Patienten müssen die Fraktur neuerlich reponiert und das Implantat besser positioniert werden.

- Zu weit ventrale Plattenlage: Der Ramus ascendens der Arteria circumflexa humeri anterior und die lange Bizepssehne können beeinträchtigt werden.
- Dislozierte Tubercula sind nicht exakt genug reponiert oder nur unzureichend mit den kranialen Schrauben und nicht mit zusätzlichen kräftigen Zuggurtungsschlingen an der Platte fixiert: Dies kann zu einer sekundären Dislokation im Verlauf der Nachbehandlung und zu subakromialem Impingement führen. Bei Dislokation des Tuberculum > 5 mm muss eine Revisionsosteosynthese erwogen werden.
- Eine Kopfverriegelungsschraube ist primär zu lang gewählt oder perforiert im Verlauf der Fraktursinterung, ragt über die Gelenkfläche vor und verursacht eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung und Schädigung der Gelenkfläche des Glenoids: Schraubenwechsel.
- Zu kurze Kopfverriegelungsschrauben mit unzureichendem Halt im Kopfkalottenfragment und der Gefahr einer sekundären Dislokation: Schraubenwechsel oder Anpassung der Nachbehandlungsprotokolls.
- Verwendung von selbstbohrenden Kopfverriegelungsschrauben (blaue Farbkodierung) im Kopfbereich: Die scharfen Spitzen der selbstbohrenden Schrauben schneiden im Heilungsverlauf leicht durch die Kopfkortikalis: Schraubenwechsel.
- Nicht korrekte Lage der Kopfverriegelungsschraube: Schlechte Verriegelung des Schraubenkopfes im Plattenloch mit Zerstörung des Gewindes, Kaltverschweißung oder Schraubenlockerung: Anpassung des Nachbehandlungsprotokolls.
- Missachtung der medialen Abstützung mit sekundärem Repositionsverlust oder Implantatbruch: Revisionsosteosynthese.
- Zu wenige bikortikale Kopfverriegelungsschrauben im Schaftbereich (entweder nur 3,5-mm-Standard-Kortikalisschrauben oder monokortikale Kopfverriegelungsschrauben) mit Ausriss der Platte am Schaft: Revisionsosteosynthese.

Ergebnisse

Vom 01.01.1997 bis 30.04.2002 wurden 64 Patienten mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese am pro-

- Displaced tuberosities have not been sufficiently reduced or inadequately fixed to the plate either with head screws or strong suture loops: this may cause secondary displacement or a subacromial impingement. If the displacement of the tuberosity is > 5 mm, a revision must be considered.
- Too long a locking screw has initially been chosen or perforates during fragment subsidence: protrusion into the articular surface causing a painful limitation of motion and damage to the glenoid articular surface: exchange of screw.
- The locking screws are too short and have insufficient purchase in the head fragment risking a secondary fragment displacement: exchange of screw or adjustment of postoperative treatment protocol.
- Use of self-drilling screws for locking in humeral head (blue color coding): the pointed tips of these screws cut through the head cortex during healing: exchange of screws.
- Incorrect position of the locking screw: poor locking of screw head in plate hole with distraction of thread, cold welding, or screw loosening: adjustment of postoperative treatment protocol.
- Need for medial buttressing has been neglected leading to a secondary loss of reduction or implant breakage: revision of internal fixation.
- Too few bicortical locking screws in the shaft area (only 3.5-mm standard cortical screws or monocortical anchorage of locking screws) leading to avulsion of plate from shaft: revision of internal fixation.

Results

Between January 1, 1997 and April 30, 2002, we performed a fixed-angle plate osteosynthesis of the proximal humerus in 64 patients. 40 patients included in a retrospective study were followed up. They met the following inclusion criteria: fracture of the proximal humerus operated within 14 days of the trauma, deltopectoral approach, use of an LPHP, and standardized postoperative management. In addition to the plate, only suture loops and screws were used. Exclusion criteria: revision of internal fixation, nonunion, extensive rotator cuff tear, and known alcohol or drug abuse. In addition, one patient with a stroke and major neurologic deficit was excluded. The minimal follow-up period was set at 12 months.

Of the 40 patients four could not be reached. The average duration of follow-up of the remaining 36 patients (22 women, 14 men, average age 57.5 years [21–78 years]) amounted to 31 months. The following

ximalen Humerus versorgt. In einer retrospektiven Studie wurden 40 Patienten zu einer Nachuntersuchung eingeladen. Es wurden ausschließlich Patienten in die Studie aufgenommen, die mit einer frischen Fraktur am proximalen Humerus innerhalb von 14 Tagen nach einem in Bezug auf operativen Zugangsweg, Implantat und postoperative Therapie standardisierten Vorgehen behandelt worden waren. An zusätzlichen Implantaten zur winkelstabilen Platte waren nur Zuggurtungsschlingen und Schrauben verwendet worden. Revisionsosteosynthesen, Pseudarthrosen, ausgedehnte Defekte der Rotatorenmanschette sowie Patienten mit chronischem Alkohol- bzw. Drogenabusus wurden von der Studie ausgeschlossen. Außerdem konnte eine Patientin, die wegen eines apoplektischen Insults ein erhebliches neurologisches Defizit aufwies, nicht berücksichtigt werden. Der minimale Nachuntersuchungszeitraum musste 12 Monate betragen.

Vier dieser 40 Patienten waren für die Nachuntersuchung nicht erreichbar. Somit wurden 36 Patienten (22 Frauen und 14 Männer, Durchschnittsalter 57,5 Jahren [21–78 Jahre]) nach durchschnittlich 31 Monaten nachuntersucht. Die Verteilung auf die verschiedenen Frakturtypen nach der AO-Klassifikation stellte sich wie folgt dar: acht A3-Frakturen, eine B1-Fraktur, fünf B2-Frakturen, drei B3-Frakturen, eine C1-Fraktur, 16 C2-Frakturen und zwei C3-Frakturen. Die Frakturen wurden unter Zuhilfenahme der primären Röntgenbilder, der Operationsaufzeichnungen sowie teilweise von CT-Aufnahmen klassifiziert.

Zur Nachuntersuchung verwendeten wir den Constant-Score [4] und den DASH-Score [9]. Zusätzlich wurde ein alterskorrigierter Constant-Score [8] errechnet. Die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Frakturtypen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Im Durchschnitt erreichten die 36 nachuntersuchten Patienten mit winkelstabil versorgter proximaler Humerusfraktur einen Constant-Score von 62,6 Punk-

frakturtypen nach der AO-Klassifikation waren: acht A3 Frakturen, eine B1 Fraktur, fünf B2 Frakturen, drei B3 Frakturen, eine C1 Fraktur, 16 C2 Frakturen, und zwei C3 Frakturen. Für die Klassifikation verwendeten wir die initialen Röntgenaufnahmen, das chirurgische Protokoll, und das CT, wenn durchgeführt.

Die Bewertung der Ergebnisse basierte auf dem Constant Score [4] und dem DASH Score [9]. Zusätzlich berücksichtigten wir das Alter des Patienten und etablierten den alterskorrigierten Constant Score [8]. Die Ergebnisse unterteilt nach Frakturtypen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die 36 Patienten erreichten einen durchschnittlichen Constant Score von 62,6 Punkten. Dies entsprach 80,7% nach Alterskorrektur. Der durchschnittliche DASH Score betrug 18,0 Punkte. Wir schließen, dass viele Patienten in der Lage waren, tägliche Aktivitäten sehr gut zu bewältigen (Figuren 24 und 25).

In den 36 Patienten traten folgende Komplikationen auf: zwei avaskuläre Nekrosen des humeralen Kopfes; beide Patienten hatten eine C2-Fraktur erlitten. Bei einem Patienten führte eine Infektion zur Entfernung des Implantats, die Revisionschirurgie wurde abgelehnt. Bei einem 72-jährigen Patienten mit einer Kopfspaltung der humeralen Kopfes wurde eine kleine partielle Nekrose beobachtet. Trotz dieser begrenzten Nekrose erreichte der Patient einen alterskorrigierten Constant Score von 100% (69 Punkte). Bei zwei weiteren Patienten musste die Entfernung des Implantats durchgeführt werden, da eine lokale Infektion vorlag. Einer dieser Patienten hatte Diabetes; er entwickelte eine *Staphylococcus aureus* Infektion zwei Monate nach der Operation. Der Patient entwickelte eine Fistel acht Monate nach der Operation. Trotz mehrerer während der Revisionschirurgie entnommener Abstriche blieben die Kulturen negativ. Bei einem Patienten mit einer A3.3-Fraktur trat ein Implantatbruch vier Wochen nach der Operation auf. Die vorübergehende Unterbrechung der Physiotherapie führte zu einer Heilung der Fraktur ohne den Bedarf an Revisionschirurgie.

Tabelle 1
Ergebnisse je nach Frakturtyp.

Frakturtyp – AO 11-	Patienten (n)	Constant-Score	Alterskorrigierter Constant-Score (%)	DASH-Score
A3	8	74,1	90,7	15,1
B1	1	75,5	76,0	0
B2	5	63,7	85,7	25,4
B3	3	61,2	76,3	22,2
C1	1	67,8	75,4	10
C2	16	53,8	75,6	33,9
C3	2	77,8	82,3	19,5

Table 1
Results subdivided according to fracture type.

Fracture type – AO 11-	Patients (n)	Constant Score	Age-corrected Constant Score (%)	DASH Score
A3	8	74.1	90.7	15.1
B1	1	75.5	76.0	0
B2	5	63.7	85.7	25.4
B3	3	61.2	76.3	22.2
C1	1	67.8	75.4	10
C2	16	53.8	75.6	33.9
C3	2	77.8	82.3	19.5



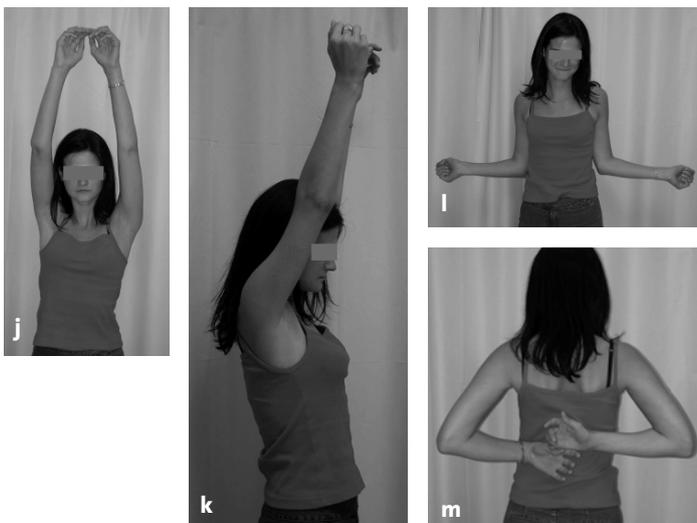
Abbildungen 24a bis 24m

23-jährige Studentin, Verkehrsunfall, AO-11-B1-Fraktur, Teilläsion des Deltamuskel.

a–d) Primäres Röntgenbild und CT-Aufnahmen. Artikuläres Segment in Varusfehlstellung und nach dorsal abgekippt; zusätzliche Fraktur des Tuberculum majus.

e, f) Postoperative Röntgenbilder, „true AP-“ und „outlet“-Aufnahmen. Stabilisierung mit LPHP.

g–m) Kontrolle nach 12 Wochen. Frakturheilung in guter Stellung; nahezu seitengleiche Funktion durch frühe funktionelle Nachbehandlung.



Figures 24a to 24m

23-year-old student, traffic accident, fracture type AO-11-B1, partial lesion of deltoid muscle.

a–d) Original radiograph and CTs. Articular fragment tilted in varus and posteriorly. In addition, fracture of the greater tuberosity.

e, f) Postoperative AP and outlet views. Stabilization with LPHP.

g–m) Control after 12 weeks. Consolidation of the fracture in good position. Function of both shoulders almost equal thanks to early exercises.



Abbildungen 25a bis 25m

74-jährige Pensionistin, Fahrradsturz, AO-11-C2-Fraktur. a-c) Primäres Röntgenbild und CT-Aufnahmen. Starke Dislokation des Humerusschafts nach ventral.

d-f) Postoperative Röntgenbilder. In diesem Fall wurden aufgrund der Fraktursituation im proximalen Plattenanteil zusätzlich zu den winkelstabilen Kopfverriegelungsschrauben zwei Kleinfragment-Spongioschrauben eingebracht.

g-m) Kontrolle nach 1 Jahr. Fraktur in unveränderter Stellung geheilt. Kein Hinweis auf eine Kopfnekrose; nahezu seitengleiche Funktion.

Figures 25a to 25m

74-year-old retired woman. Bicycle accident. Fracture type AO-11C2.

a-c) Original radiograph and CTs. Marked anterior displacement of the humeral shaft.

d-f) Postoperative radiographs. On account of the fracture type two small-fragment cancellous screws were inserted in the proximal part of the plate in addition to the fixed-angle locking screws.

g-m) Control after 1 year. Position of fracture unchanged, no evidence of avascular necrosis. Function of both shoulders almost equal.



ten, alterskorrigiert von 80,7%. Der durchschnittlich erreichte DASH-Score lag bei 18,0 Punkten. Somit konnte in vielen Fällen eine gute Wiederherstellung der Alltagsfunktion erreicht werden (Abbildungen 24 und 25).

An Komplikationen traten bei den 36 nachuntersuchten Patienten zwei Oberarmkopfnnekrosen auf. In beiden Fällen handelte es sich um C2-Frakturen. Einmal war der Kopfnnekrose eine Infektion mit nachfolgender Implantatentfernung vorangegangen. Eine Revisionsoperation wurde in beiden Fällen abgelehnt. Bei einer dritten Patientin kam es im Verlauf nach einer C2-Fraktur mit einer „head-splitting“-Komponente zu einer kleinen partiellen Kopfnnekrose. Diese 72-jährige Patientin erreichte trotzdem ein sehr gutes funktionelles Ergebnis mit einem Constant-Score von alterskorrigiert 100% (absolut 69 Punkte). Bei zwei weiteren Patienten musste das Implantat wegen einer lokalen Infektion entfernt werden. In einem Fall handelte es sich um eine Diabetikerin mit einer nachgewiesenen *Staphylococcus-aureus*-Infektion 2 Monate nach der Operation. Beim zweiten Patienten war es 8 Monate postoperativ zu einer Fistel im Operationsbereich gekommen. Ein Keim konnte trotz mehrfacher Wundabstriche bei den Revisionseingriffen nicht nachgewiesen werden. Bei einem Patienten mit einer A3.3-Fraktur kam es 4 Wochen postoperativ zu einem Implantatbruch im Rahmen der Nachbehandlung. Durch ein vorübergehendes Einstellen der Bewegungstherapie heilte die Fraktur aber ohne erforderliche Revisionsoperation.

Literatur – References

1. Bartsch S, Hullmann S, Hillrichs B, et al. Die Osteosynthese der dislozierten Humeruskopffrakturen mit der winkelstabilen proximalen Oberarm-Platte. *Akt Traumatol* 2001;31:64–71.
2. Brooks CH, Revell WJ, Heatley FW. Vascularity of humeral head after proximal humeral fractures: an anatomical cadaver study. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:132–6.
3. Cofield RH. Comminuted fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop* 1988;230:49–57.
4. Constant C, Murley AHG. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop* 1987;214:160–4.
5. Esser RD. Treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus with a modified cloverleaf plate. *J Orthop Trauma* 1994;8:15–22.
6. Esser RD. Open reduction and internal fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop* 1994;299:244–51.
7. Flatow EL, Cuomo F, Madlay MG, et al. Open reduction and internal fixation of two-part displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1213–8.
8. Gerber C. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff. *Clin Orthop* 1992;275:152–60.
9. Germann G, Wind G, Harth A. The DASH (Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire – a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999;31:149–52.
10. Hessmann MH, Rommens PM. Osteosynthesetechniken bei proximalen Humerusfrakturen. *Chirurg* 2001;72:1235–45.
11. Hintermann B, Trouillier HH, Schäfer D. Rigid internal fixation of fractures of the proximal humerus in older patients. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:1107–12.
12. Horak J, Nilson BE. Epidemiology of fractures of the upper end of the humerus. *Clin Orthop* 1975;112:250–3.
13. Jih-Yang K, Yamamoto R. Surgical treatment of complex fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop* 1996;327:225–37.
14. Kocialowski A, Wallace WA. Closed percutaneous K-wire stabilisation of displaced fractures of the surgical neck of the humerus. *Injury* 1990;21:209–12.
15. Lill H, Josten C. Konservative oder operative Behandlung der Humeruskopffraktur beim alten Menschen? *Chirurg* 2001;72:1224–34.
16. Lind T, Kroner K, Jensen J. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 1989;108:285–7.
17. Resch H, Hübner C, Schwaiger R. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury* 2001;32: Suppl 1:S-A25–32.
18. Resch H, Povacz P, Fröhlich R, et al. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:295–300.
19. Rose SH, Melton LJ, Morrey BF, et al. Epidemiologic features of proximal humeral fractures. *Clin Orthop* 1982;168:24–30.
20. Seggl W, Weiglein A. Die arterielle Blutversorgung des Oberarmkopfes und ihre prognostische Bedeutung bei Luxationen, Frakturen und Luxationsfrakturen des Oberarmkopfes. *Acta Chir Austriaca Suppl* 1991;92:1–19.
21. Wurm M, Wolter D, Wenzl M, et al. Erste klinische Erfahrungen mit einem Fixateur interne am Humerus. *Trauma Berufskrankh* 1999;1:370–4.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Dr. Michael Plecko
Unfallkrankenhaus Graz
der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt
Göstingerstraße 24
A-8021 Graz
Telefon (+43/316) 505-3073, Fax -3004
E-Mail: m.plecko@nextra.at