

Michael Ernst Wenzl · Thomas Porté · Stefan Fuchs · Christian Jürgens

Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, BG-Unfallkrankenhaus Hamburg

Verfahren zur Rekonstruktion und Osteosynthese von Pseudarthrosen des Humerus

Zusammenfassung

Pseudarthrosen des Humerus treten mit einer Häufigkeit von 1–15% auf. Zahlreiche operative Stabilisierungsverfahren mit sehr unterschiedlichen Heilungsraten werden angegeben, wobei meist die Plattenosteosynthese favorisiert wird. Vom 1.1.1995–30.6.2001 wurden 47 Patienten mit Humeruspseudarthrosen (3 proximal, 36 diaphysär und 8 distal) operativ mittels Plattenosteosynthese (26 konventionelle, 21 winkelstabile) und autologer Spongiosaplastik stabilisiert. Postoperativ zeigten sich 4 Radialispareesen sowie ein Ausriss einer LCDCP aus dem Schaft, der zur Reosteosynthese zwang. Tiefe Infekte oder Probleme mit der Spongiosaentnahme traten nicht auf. 45 Patienten konnten nach durchschnittlich 29,7 Monaten nachuntersucht werden. Alle Pseudarthrosen waren knöchern konsolidiert. Die 4 Radialispareesen hatten sich alle komplett zurückgebildet. 27 von 30 Patienten waren in ihren alten Beruf zurückgekehrt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Pseudarthrosen des Humerus mittels Plattenosteosynthese und autologer Spongiosaplastik mit akzeptabler Komplikationsrate in den meisten Fällen sicher zur Ausheilung gebracht werden können, wobei winkelstabilen Implantaten aufgrund ihrer biomechanischen Vorteile der Vorzug gegeben werden sollte.

Schlüsselwörter

Humeruspseudarthrosen · Plattenosteosynthese · Autologe Spongiosaplastik · Winkelstabile Fixateur-interne-Systeme

Etwa 3% aller Frakturen betreffen den Humerusschaft, 5% den proximalen Humerus und 3% den distalen Humerus [2, 14, 15]. Ungefähr 60% der proximalen Frakturen können konservativ behandelt werden [15]. Im Bereich des Humerusschafts reichen die Angaben über den Anteil konservativ zu behandelnder Frakturen von 1/3 [13] bis 95% [23]. Im distalen Humerusbereich besteht in aller Regel eine Operationsindikation.

Pseudarthrosen im proximalen metaphysären Humerusbereich sind sehr selten und liegen bei großen Patientenkollektiven <1% [9, 18]. Im Schaftbereich werden Raten von 2–8% nach konservativer und 6–15% nach operativer Therapie angegeben [11, 22]. Bei den operativ behandelten Frakturen liegt aber sicher eine negative Selektion vor, da die Operationsindikation überwiegend bei Polytraumen, offenen Frakturen, primären Nervenschäden und geschlossen nicht zu reponierenden Frakturen gestellt wird.

Im Bereich der distalen Metaphyse wurden von Bauer u. Hoellen [2] 6% Pseudarthrosen angegeben.

In der Literatur wurden zahlreiche Operationsverfahren zur Stabilisierung von verzögert oder nicht heilenden Humerusfrakturen angegeben [4, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 26, 27]. Vor allem im diaphysären Bereich ist die Diskussion, ob Marknagel oder Platte das erfolgreichere Verfahren darstellen, durch die neuen Nageltechniken [3, 5], aber auch die neuen winkelstabilen internen Plattenfixateure [28] im Fluss.

Wir sind in unserer retrospektiven Studie an einem großen Patientengut

der Frage nachgegangen, inwieweit eine Funktionswiederherstellung und damit auch eine Rückkehr in den Beruf durch eine Pseudarthrosenstabilisierung an der oberen Extremität mittels konventioneller und winkelstabiler Plattenosteosynthese realisiert werden können.

Material und Methode

Vom 1.1.1995–30.6.2001 wurden in unserer Klinik 47 Patienten (21 Frauen, 26 Männer; Alter: Durchschnitt 49,9 Jahre, Spannweite: 14–81 Jahre) aufgrund einer verzögerten Knochenbruchheilung oder einer Pseudarthrose des Humerus operativ stabilisiert.

Vorausgegangen waren 6 offene und 41 geschlossene Frakturen. Bei 9 Patienten lagen primäre Nervenschäden vor (19,1%), wobei 6-mal der N. radialis, 2-mal der Plexus brachialis und 1-mal der N. axillaris betroffen waren. Unfallursache waren in 25 Fällen banale Stürze auf den Arm, 8 PKW-, 5 Motorrad- und 2 Sportunfälle sowie 6 Anpralltraumen oder Stürze aus großer Höhe. Bei 30 Patienten handelte es sich um isolierte Verletzungen eines Oberarms, 9-mal lagen Mehrfachverletzungen und 7-mal Polytraumen vor.

Dr. Michael Ernst Wenzl

Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie,
BG-Unfallkrankenhaus Hamburg,
Bergedorferstraße 10, 21033 Hamburg,
E-Mail: m.wenzl@buk-hamburg.de,
Tel.: 040-73062456, Fax: 040-7306-2403

M.E. Wenzl · T. Porté · S. Fuchs · C. Jürgens

Procedures for reconstruction and osteosynthesis of humeral pseudarthroses

Abstract

Nonunion of the humerus occurs in 1–15% of cases. Numerous procedures have been proposed for stabilisation of such nonunions, with very different success. Plating is the method most commonly applied. From 1 January 1995 to 30 June 2001 a total of 47 patients with nonunions of the humerus (3 proximal, 36 diaphysial and 8 distal) were stabilised by plating (conventional plating in 26 and with an internal fixator and locking screws in 21) and autogenous cancellous bone grafting. Postoperatively 4 radial nerve palsies and 1 failure of an LCDCP requiring revision osteosynthesis were seen. We observed no deep wound infections and no donor site morbidity from bone graft harvesting. Follow-up investigations were possible in 45 patients after a mean of 29.7 months. All nonunions had healed. The 4 radial nerve palsies had completely regressed. Most (27 of 30) patients had returned to work in their previous occupations. In conclusion, we found plating and autogenous cancellous bone grafting led to bony consolidation of humeral nonunions in most cases, with an acceptable complication rate. Preference should be given to internal fixators with locked screws because of their better biomechanical characteristics.

Keywords

Humeral nonunions · Plating · Autogenous cancellous bone grafting · Internal fixators with locked screws

Initial war 8-mal die konservative Behandlung durchgeführt worden. Bei den verbleibenden 39 Patienten wurden 14-mal Bündel-Nägel, 4-mal Seidel-Nägel, 7-mal sonstige Nägel, 8-mal Platten, 4-mal externe Fixateure und 2-mal Kirschner-Drähte zur Stabilisierung eingesetzt. Bei 3 Patienten erfolgte eine 2. operative Stabilisierung (Umstieg von: Marknagel auf Marknagel, Fixateur externe auf Marknagel und Bündel-Nagel auf Fixateur externe). Bei 1 Patientin mit einer primär zweitgradig offenen Fraktur wurde 3-mal ein Fixateur externe (2-mal Ilizarov) angelegt, bei 1 weiteren Patienten wurde nach 2 fehlgeschlagenen Marknagelungen auf einen externen Fixateur umgestiegen.

Von den 47 Pseudarthrosen lagen 36 im Schaftbereich (davon 3 Infekt-pseudarthrosen), 8 supra- bzw. diakondylär und 3 subkapital. Der Zeitraum vom Unfall bis zur Revision lag im Schnitt bei 17,8 Monaten (3–216 Monaten); die Anzahl der vorausgegangenen Operationen betrug durchschnittlich 1,4 (0–5).

Bei allen Pseudarthrosen wurde offen revidiert und eine autologe Spongiosaplastik durchgeführt, primär in 44 Fällen und geplant sekundär bei den 3 Infekt-pseudarthrosen 4 Wochen nach primärer Sequestrektomie und Antibiotikaketteneinlage.

Stabilisiert wurde im Schaftbereich 14-mal mit einer breiten LCDCP, 3-mal mit Fixateur externe und ab Ende 1998 19-mal mit einem multidirektional winkelstabilen Fixateur-interne-System (TiFix®) (Abb. 1). Das Konstruktionsprinzip des Titanfixateur-interne-Systems (TiFix®) ist bereits ausführlich publiziert worden [29].

Die Länge der LCDCP lag bei durchschnittlich 9 Löchern (6–11) (160 mm), die Länge des TiFix®, der grundsätzlich nur mit 6 Schrauben bestückt wird, bei durchschnittlich 137 mm (120–180 mm).

Subkapital kamen 2 Tibiakopf-abstützplatten und 1 TiFix®, supra- bzw. diakondylär 6-mal Kleinfragmentplatten (Abb. 2) und je 1-mal ein TiFix® bzw. isolierte Zugschrauben zum Einsatz. Bei den diaphysären Pseudarthrosen wurde 21-mal ein dorsaler und 12-mal ein anterolateraler Zugang gewählt. Beim dorsalen Vorgehen wurde der N. radialis prinzipiell dargestellt und angeschlungen (Abb. 3e), beim anterolateralen Zugang nur, wenn die Präparation weiter nach



Abb. 1 ▲ Multidirektional winkelstabiler Titanfixateur interne (TiFix®) für den Unterschenkel und den Humerusschaft mit der Möglichkeit zur variablen Schraubenplatzierung

distal erfolgte. Bei der Revision der distalen Pseudarthrosen erfolgte immer die Darstellung des N. ulnaris.

In unserer Klinik wurde grundsätzlich auch eine bakteriologische Untersuchung von Material aus der Pseudarthrose durchgeführt. Bei den 3 Infekt-pseudarthrosen, aber auch bei 3 weiteren primär als nicht infiziert angesehenen Pseudarthrosen ergab sich ein Keimnachweis.

An postoperativen neurologischen Komplikationen wurden 1 partielle und 3 komplette Radialispareesen (8,5%) gesehen, die ausschließlich nach Stabilisierung von diaphysären Pseudarthrosen auftraten. In 2 Fällen war ein dorsaler und in 2 Fällen ein anterolateraler Zugang zum Humerusschaft gewählt worden. Postoperative N.-ulnaris-Läsionen traten nicht auf.

Bei einem 65-jährigen Patienten mit erheblicher Osteoporose kam es am 7. postoperativen Tag zum Ausbruch einer 6-Loch-LCDCP. Beim Revisionseingriff wurde eine 10-Loch-LCDCP implantiert, und die Schraubenkanäle wurden mit Refobacin-Palacos im Sinn einer Verbundosteosynthese ausgefüllt. Danach traten keine weiteren Komplikationen mehr auf.

Außerdem kam es 5 Monate nach Fixateur-externe-Anlage zu einem Pininfekt mit Osteolyse und Pinlockerung, der durch Pinwechsel behoben wurde. Tiefe Infekte wurden nicht gesehen.

Mit Ausnahme des frühen Plattenwechsels und des Pinwechsels wurden keine weiteren Revisionseingriffe durchgeführt.

Ergebnisse

Von den 47 Patienten konnten nach durchschnittlich 29,7 Monaten (3–80 Monaten) 45 nachuntersucht bzw. bei vorliegenden Rentengutachten noch telefonisch befragt werden (Nachuntersu-



Abb. 2a–c ◀ 46-jähriger Patient mit primär geschlossener supra- und diakondylärer Humerusfraktur, a Röntgenbild der distalen Humeruspseudarthrose mit gebrochen einliegender Drittelrohrplatte und Rotationsfehler 7 Monate nach Unfall, Beweglichkeit des Ellbogens: 0–25–110°, b Röntgenbild nach Pseudarthrosenrevision, autologer Spongiosaplastik und Stabilisierung mit Kleinfragmentrekonstruktionsplatten, c Röntgenbild nach Ausheilung der Pseudarthrose und Materialentfernung, Beweglichkeit des Ellbogens: 0–15–140°

chungsquote 96%). Von einer Patientin, die 6 Monate postoperativ an einer unfallunabhängigen Erkrankung verstorben war, erhielten wir vom Hausarzt ein Röntgenbild, das 3 Monate nach der Stabilisierung einen kompletten Durchbau der Pseudarthrose zeigte, allerdings ohne weitere Angaben zur Funktion. Ein Patient konnte nicht mehr aufgefunden werden.

Bei allen Patienten wurde eine Anamnese bezüglich der Schmerzen, der Alltagsaktivitäten und der weiteren beruflichen Situation erhoben. Es erfolgte eine klinische Untersuchung mit Dokumentation der Bewegungsmaße nach der Neutral-o-Methode, Prüfung der Stabilität und der Muskelkraft sowie Erhebung des Neurostatus an den oberen Extremitäten.

In der radiologischen Untersuchung wurden die knöchernen Konsolidierung, Implantatlockerungen bzw. -brüche und die Achsen kontrolliert.

Bei allen 46 Patienten, von denen Röntgenbilder bzw. Nachuntersuchungsergebnisse vorlagen, wurde eine achsge-

rechte knöcherne Konsolidierung der Pseudarthrosen festgestellt (100%), ohne dass im weiteren Verlauf noch Revisionsoperationen nötig geworden wären (Abb. 3).

Bei der neurologischen Untersuchung zeigten alle 4 postoperativ aufgetretenen Radialispareesen eine komplette Remission, sodass keine bleibenden Nervenschäden zu verzeichnen waren.

Von den primären posttraumatisch diagnostizierten 6 Radialispareesen persistierte zum Untersuchungszeitpunkt nur noch 1. Diese war 1 Jahr vorher durch Nerventransplantation behandelt worden. 1 von 2 Plexus-brachialis-Paresen hatte sich ebenfalls zurückgebildet. Die N.-axillaris-Parese war 1 Jahr nach dem Unfall unverändert feststellbar.

Zum Zeitpunkt des Unfalls waren 30 von 47 Patienten noch berufstätig. Von diesen konnten nach Pseudarthrosensanierung 27 in ihren Beruf zurückkehren (90%). 2 Patienten wurden vorzeitig berentet (1 persistierende Plexus-brachialis-Läsion und 1 polytraumatisierter Patient), bei 1 Patienten wurde ei-

ne Umschulungsmaßnahme erfolgreich durchgeführt.

70% der Untersuchten gaben keine oder nur bei starker Belastung auftretende Schmerzen an. Bei 24% wurden bereits bei normaler Belastung unterschiedlich starke Schmerzen berichtet, wobei hier auch Schmerzsyndrome z. B. der Schulter in die Bewertung eingingen, die eindeutig auf die Voroperationen (z. B. antegrader Marknagel) zurückzuführen waren. Lediglich 3 Patienten klagten über Schmerzen bei geringer Belastung oder in Ruhe.

Bei nahezu allen Patienten konnte durch die Stabilisierung der Pseudarthrose eine deutliche Besserung des Bewegungsumfangs der Schulter bzw. des Ellbogens erzielt werden (Tabelle 1).

Diskussion

Ring et al. [21] berichteten über sehr gute Ergebnisse mit einer knöchernen Heilungsrate von 92% nach Pseudarthrosenstabilisierung mit einer Winkelplatte, d. h. also einem winkelstabilen Im-



Abb. 3a–g ▲ 61-jährige Patientin mit primär geschlossener langstreckiger Humerusschaftspiralfaktur, a Unfallröntgenbild; b Versorgung mit Bündel-Nägeln; c Röntgenbild der Pseudoarthrose 7 Monate nach dem Trauma nach vorzeitiger Materialentfernung aufgrund einer Lockerung der Nägel; d klinisches Bild der hochgradig instabilen Pseudoarthrose; e intraoperativer Situs nach Darstellung des N. radialis über einen dorsalen Zugang und Stabilisierung mit TiFix®; f Röntgenbild 2 Jahre postoperativ; g Schulter- und Ellbogenfunktion 2 Jahre postoperativ

Tabelle 1

Vergleich der Bewegungsumfänge der angrenzenden Gelenke prä- und postoperativ

Lokalisation	Präoperativ	Postoperativ	Differenz
Schulter			
Seitwärtshebung	119° (10–180°)	157° (60–180°)	38°
Vorwärtshebung	123° (10–180°)	158° (80–180°)	35°
Außendrehung	34° (0–60°)	52° (20–60°)	18°
Ellbogen			
Flexion/Extension	110° (55–140°)	128° (60–150°)	18°

plantat, in Verbindung mit einer autologen Spongiosaplastik im proximalen Humerusbereich. Eine 100%ige Durchbauungsrate wurde von Vastamaki [27] unter Verwendung einer T-Platte bei 13 Patienten berichtet. Die Ergebnisse mit anderen Implantaten wie z. B. Ender-Nägeln in Verbindung mit Cerclagen und Spongiosaplastik [7] sind dagegen mit 50% persistierenden Pseudarthrosen enttäuschend. Bei unseren 3 Patienten konnte mit der Tibiakopfabstützplatte und zuletzt dem winkelstabilen Humerus-TiFix® eine problemlose knöcherne Konsolidierung erzielt werden.

Im proximalen Humerusbereich kann deshalb u. E. die Plattenosteosynthese in Verbindung mit einer autologen Spongiosaplastik als Methode der Wahl bezeichnet werden.

Auch im diaphysären Anteil des Humerus ist zumindest derzeit die Literaturlage noch recht eindeutig. Für die intramedulläre Osteosynthese der Pseudarthrosen wurden knöcherne Heilungsraten zwischen 17 und 70% beschrieben [10]. McKee et al. [11] verglichen in ihrer Arbeit 21 Patienten mit Pseudarthrosen nach Verriegelungsmarknagelung, wobei 9 von 9 Patienten nach Plattenosteosynthese und Spongiosaplastik zur Heilung gebracht werden konnten, wohingegen eine erneute Marknagelung nur in 40% der Fälle erfolgreich war. Lediglich Lin et al. [16] beschrieben eine knöcherne Konsolidierung der Pseudarthrosen in 39 von 41 Fällen (95%) nach Verriegelungsmarknagelung. Allerdings wurde hier bei 39 Patienten eine offene Nage-lung mit lokaler Revision der Pseudarthrose und Anlagerung von Spongiosa durchgeführt. In den meisten Fällen war hier auch der N. radialis dargestellt worden. Hier wäre mit einem etwas größeren Zugang auch eine Plattenosteosyn-

these ohne zusätzliche Traumatisierung der Rotatorenmanschette oder der Fossa olecrani denkbar gewesen.

In unserem Patientenkollektiv wurde im diaphysären Bereich bei 36 Patienten eine knöcherne Heilungsrate von 97% ohne weitere Eingriffe gefunden. Bei dem Patienten, bei dem es 1 Woche postoperativ bereits zum Materialversagen einer 6-Loch-LCDCP gekommen war, konnte die Pseudarthrose durch eine erneute Plattenosteosynthese mit einer längeren Platte ohne weitere Revisionen zur Ausheilung gebracht werden. Somit liegen unsere Ergebnisse im oberen Bereich der Literaturangaben, und auch für die diaphysären Pseudarthrosen gilt, dass derzeit die Plattenosteosynthese als Therapie der Wahl anzusehen ist. Ob die neuen Marknagel-techniken der Humerusdiaphyse wie UHN [3] oder Kompressionsmarknagelung [5] hier gleichwertige Ergebnisse erbringen können, bleibt abzuwarten.

Über distale Humeruspseudarthrosen finden sich in der Literatur nur wenige Angaben. Ackermann u. Jupiter [1] berichteten über 17 geheilte von insgesamt 18 Patienten (94%), wobei sie – wie auch Marti et al. [17] – Plattenosteosynthesen durchgeführt hatten. Bei unserer kleinen Anzahl von 8 Patienten wurden keine Therapieversager festgestellt.

Am Humerus wurde von uns in allen Fällen eine Revision der Pseudarthrose mit Anlagerung von autologer Spongiosa, die abhängig vom Zugang vom gleichseitigen vorderen oder hinteren Beckenkamm gewonnen wurde, durchgeführt. Dieses Vorgehen wird auch von den meisten anderen Autoren favorisiert [1, 7, 10, 11, 16, 19, 20, 21]. Unseres Erachtens sollten gerade im diaphysären Bereich des Humerus weitere Revisionsoperation wegen des zunehmenden Ri-

sikos einer bleibenden Radialisparese mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln vermieden werden. In unserem Patientengut traten bei 47 Spongiosaentnahmen aus dem vorderen (20-mal) und hinteren (27-mal) Beckenkamm keine Komplikationen auf. Bei geringer Entnahmemorbidität und geringem Zeitaufwand sollte deshalb auch bei hypertrophen Pseudarthrosen eine Spongiosaanlagerung als zusätzlicher Anreiz zur knöchernen Heilung durchgeführt werden.

Es kann zwar, wie unsere Ergebnisse zeigen, auch mit konventionellen Plattenosteosynthesen in den meisten Fällen eine Konsolidierung erreicht werden, jedoch bieten die winkelstabilen Systeme gerade bei schlechter Knochenqualität und im metaphysären Bereich sowohl proximal als auch distal eindeutige Vorteile bezüglich der Stabilität. Die einzige Implantatkomplikation am Humerusschaft in unserem Kollektiv wurde nach einer konventionellen Plattenosteosynthese bei erheblicher Osteoporose beobachtet, während in der Gruppe der 19 Patienten, die mit TiFix® versorgt worden waren, trotz teils erheblicher Inaktivitätsosteoporose keine Komplikationen auftraten.

Außerdem können die winkelstabilen Implantate kürzer gewählt werden, wodurch die Exposition des Knochens verringert wird. Rosen [22] empfahl LCDCP-Längen von 10 oder 11 Löchern. In unserem Kollektiv lag der Durchschnitt bei nur 9 Löchern, was einer Plattenlänge von 160 mm entspricht. Demgegenüber lag die durchschnittliche Tifix-Länge bei 137 mm.

Seide et al. [24] konnten kürzlich am Kunstknochenmodell eine um den Faktor 3,3 höhere Rotationsstabilität einer winkelstabilen Fixateur-interne-Osteosynthese im Vergleich zu einer nicht winkelstabilen Montage mit gleicher Platte und gleichen Schrauben nachweisen.

Deshalb sollte u. E. unter dem Aspekt der Schaffung möglichst optimaler biomechanischer und biologischer Voraussetzungen zur Pseudarthrosenheilung die Indikation zum Einsatz winkelstabiler Plattenfixateur-interne-Systeme großzügig gestellt werden.

Bezüglich der postoperativen Radialisparenen decken sich unsere Beobachtungen mit denen der Literatur. Sowohl die posttraumatischen als auch die

postoperativen Radialispareesen sind meist nur vorübergehender Natur und bilden sich in bis zu 100% der Fälle zurück [8, 13, 25]. Gerade bei Revisionseingriffen ist es u. E. sinnvoll, den Nerv darzustellen, um ihn dann sicher schonen zu können. Wenn dies geschehen ist, kann auch bei postoperativ aufgetretenen Störungen zugewartet werden, da die Kontinuität des Nerven nicht in Frage steht.

Resümee

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Plattenosteosynthese in Verbindung mit einer autologen Spongiosaplastik ein operationstechnisch anspruchsvolles Verfahren zur Stabilisierung von diaphysären sowie proximal und distal metaphysären Pseudarthrosen des Humerus darstellt. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, dass hierdurch in den allermeisten Fällen eine knöcherne Heilung der Pseudarthrose bei akzeptabler Komplikationsrate erreicht werden kann. Unseres Erachtens werden die winkelstabilen Implantate in Zukunft in der Therapie von Pseudarthrosen aufgrund ihrer biomechanischen Vorteile zunehmend eingesetzt werden.

Literatur

- Ackermann G, Jupiter J (1988) Non-union of fractures of the distal end of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 70-A: 75–83
- Bauer GJ, Hoellen I (1997) Die distale intra-artikuläre Humerusfraktur, Diagnostik, Operationstechnik und Ergebnisse. *Aktuelle Traumatol* 27: 125–131
- Blum J, Rommens PM, Janzig H, Langendorff HS (1998) Retrograde Nagelung von Humerusschaftfrakturen mit dem UHN. *Unfallchirurg* 101: 342–352
- Bosch U, Skutek M, Kasperczyk WJ, Tscherne H (1999) Diaphysäre Oberarmseudarthrosen – operative und konservative Behandlung. *Chirurg* 70: 1202–1208
- Bühren V (2000) Kompressionsmarknagelung langer Röhrenknochen. *Unfallchirurg* 103: 708–720
- Chen CY, Ueng SW, Shih CH (1997) Staged management of infected humeral nonunion. *J Trauma* 43: 793–798
- Duralde XA, Flatow EL, Pollock RG et al. (1996) Operative treatment of nonunions of the surgical neck of the humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 5: 169–180
- Healy WL, White GM, Mick CA, Brooker AF Jr, Weiland AJ (1987) Nonunion of the humeral shaft. *Clin Orthop* 219: 206–213
- Hessmann M, Baumgaertel F, Gehling H, Klingelhoefler I, Gotzen L (1999) Plate fixation of proximal humeral fractures with indirect reduction: surgical technique and results utilizing three shoulder scores. *Injury* 30: 453–462
- Jupiter JB, Deck M von (1998) Ununited humeral diaphysis. *J Shoulder Elbow Surg* 7: 644–653
- McKee MD, Miranda MA, Riemer BL, Blasier RB, Redmond BJ, Sims SH, Wadell JP, Jupiter JB (1996) Management of humeral non-union after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma* 10: 492–499
- Kinzl L, Fleischmann W (1991) Die Behandlung der distalen Oberarmfrakturen. *Unfallchirurg* 94: 455–460
- Kuner EH, Bonnaire F, Schaefer DJ (1995) Die Plattenosteosynthese bei der Humerusschaftfraktur. *Chirurg* 66: 1085–1091
- Lammens J, Baudin G, Driesen R, Moens P, Stuyck J, De Smet L, Fabry G (1998) Treatment of nonunion of the humerus using the Ilizarov external fixator. *Clin Orthop* 353: 223–230
- Lill H, Josten C (2000) Proximale und distale Humerusfrakturen im hohen Alter. *Orthopäde* 29: 327–341
- Lin J, Hou SM, Hang YS (2000) Treatment of humeral shaft delayed unions and nonunions with humeral locked nails. *J Trauma* 48: 695–703
- Marti R, Engelhardt P, Jakob R (1981) Behandlungsrichtlinien für distale intra- und extraartikuläre Humeruspseudarthrosen. *Orthopäde* 10: 316–322
- Muller B, Bonnaire F, Kuner EH (1998) Behandlungskonzept, Technik und Ergebnisse bei dislozierten Frakturen des proximalen Humerus. *Aktuelle Traumatol* 28: 61–70
- Ring D, Perey BH, Jupiter JB (1999) The functional outcome of operative treatment of ununited fractures of the humeral diaphysis in older patients. *J Bone Joint Surg Br* 81: 177–190
- Ring D, Jupiter JP, Quintero J, Sanders RA, Marti RK (2000) Atrophic ununited diaphyseal fractures of the humerus with a bony defect: treatment by wave-plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg Br* 82: 867–871
- Ring D, Mc Kee MD, Perey BH, Jupiter J (2001) The use of blade plate and autogenous cancellous bone graft in the treatment of ununited fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 10: 501–507
- Rosen H (1990) The treatment of nonunions and pseudarthroses of the humeral shaft. *Orthop Clin North Am* 21: 725–742
- Schwarz N, Posch E (1995) Seidel interlocking nailing for healing problems in humeral shaft fractures. *Injury* 26: 13–15
- Seide K, Morlock MM, Schümann U, Wolter D (1999) Wirkprinzipien der winkelstabilen Platten-Schrauben-Verbindung bei Fixateur interne Osteosynthesen. *Trauma Berufskrankh* 1: 320–325
- Siebert CH, Heinz BC, Höfler HR, Hansis HM (1996) Plattenosteosynthetische Versorgung von Humerusschaftfrakturen. *Unfallchirurg* 99: 106–111
- Te Velde EA, Werken C van der (2001) Plate osteosynthesis for pseudarthrosis of the humeral shaft. *Injury* 32: 621–624
- Vastamaki M (1992) Osteosynthesis in nonunions of the humeral neck. *J Bone Joint Surg Br [Suppl I]* 74-B: 16
- Wenzl ME, Fuchs S, Schmidt HGK, Wolter D (2002) Titanfixateur-interne-Systeme im Bereich der oberen Extremitäten. *Trauma Berufskrankh im Druck*
- Wolter D, Schümann U, Seide K (1999) Universeller Titanfixateur interne, Entwicklungsgeschichte, Prinzip, Mechanik, Implantatgestaltung und operativer Einsatz. *Trauma Berufskrankh* 1: 307–319

A. Friedrich · Kreiskrankenhaus Rendsburg

Die Versorgung von Pseudarthrosen und Fehlstellungen im Unterarmbereich

Autor hat kein Manuskript eingereicht