Marknagelosteosynthesen – Indikation, Technik, sinnvoller Fortschritt(!?)

Proximaler Humerus

Die Idee, dislozierte Humeruskopffrakturen mit einem anterograden Nagel zu versorgen, ist nicht neu [11]. Sie hat aber neuerdings – nicht nur in unserer Klinik – wachsendes Interesse geweckt und praktische klinische Umsetzung erfahren [1, 2, 5, 10]. Wir haben vor mehr als 10 Jahren in der Klinik für Unfallchirurgie Nürnberg Erfahrungen mit dem Seidel-Nagel gesammelt und erhebliche Vorbehalte gegen den Cap-Washer und seine Wirkung auf den Subakromialraum entwickelt. Eine weitere Entwicklungsspur in unserem Hause geht auf Anregungen von D. Cole [3], Orlando, USA, zurück, der im Masterclass-Symposium von Manchester 1998 sein Konzept der antegraden Fixation von Neer-III- und in begrenztem Umfang auch dislozierten Neer-IV- und Neer-V-Frakturen mit dem von ihm inaugurierten geraden Humerusnagel (AIM-Nail®, DePuy) dargelegt hat. Den wesentlichsten Beitrag seines Vorschlags sehen wir

1. in der Winkelstabilität der kranialsten Verriegelungsschraube für die Fixation des Humeruskopfs und
2. in der Eingangsstelle für einen geraden Nagel am kranialen Apex der Kalotte.

Durch Letztere wird ein knöcherner Ring geschaffen, mit Hilfe dessen der kraniale Anteil des Nagels sich an der Humeruskopffixation beteiligt. Hierin unterscheidet sich sein Fixationskonzept wesentlich

von dem mit einem gebogenen Nagel, für den die Eintrittsstelle an der Grenze zwischen dem Tuberculum majus und der Humeruskopfkalotte empfohlen wird. Wir haben die Anregungen von Cole [3] befolgt und damit erfreuliche Ergebnisse erzielt. Allerdings haben sich während der rund 3-jährigen Erfahrungszeit mit dem AIM-Nagel einige Kritikpunkte an diesem Implantat herauskristallisiert. Diese stellen wiederum die konzeptionelle Grundlage der Entwicklung des Tagon-PH-Nagel-Systems [12] dar.

Grundkonzept für die antegrade intramedulläre Fixation von Humeruskopffrakturen

1. Gerader Nagel als zentraler Kraftträger, der mit der Verankerung der Kopfkalotte am oberen Nagelende im Bereich des Eingangslochs einen eigenen Beitrag zur Kopffixation leistet
2. Kurzer Standardnagel (150 mm) für die reine Kopffraktur
3. Ein kurzer Nagel gestattet die einfache, zielgerätgeführte distale Verriegelung im Humerusschaftbereich. Diese Verriegelungsstelle liegt natürlich am kranialen Ende des Humerusschafts und verhindert hier etwas, was als potenziell hinderlich für die

subkapitale Frakturheilung angesehen wird: das Schwanken des Nagels im oberen Schaftköcher. Die subkapitale Frakturzone wird somit transfixiert. Der Wechsel von der distalen Verriegelung eines langen Nagels zur relativ proximalen Verriegelung eines kurzen Nagel liefert uns daher einen operationstechnischen und einen biomechanischen Vorteil.

3. Voluminöse Standardköpfe der Verriegelungsschrauben können ein subakromiales Impingement bei Abduktion/Elevation und zusätzliche Irritationen bei der Humerusrotation verursachen. Die den Humeruskopf fixierenden Schrauben (Fixations-schrauben) haben daher ein neuartiges Schraubenkopfdesign, das durch weitgehendes Versenken des Schraubenkopfs keinen Anlass mehr für die Entwicklung eines Impingementsyndroms bietet.
4. Winkel- und Gleitstabilität der Fixationsschrauben werden dadurch erreicht, dass die Nagellöcher ein korrespondierendes Gewinde tragen. Somit wird erreicht, dass die bis zu 4 Fixationsschrauben alle gleichermaßen an der winkelstabilen Fixation des Humeruskopfs beteiligt sind und nicht nur, wie im Fall des AIM-Nagels, die kranialste Schraube. Die Schrauben haben ein kleines restliches Winkelspiel von etwa 1,5°.

Abb. 1 ◀ „Tau-über-Poller“-Situation am Hafen, Vorbild für die „Tau-über-Poller“-Methode der Zuggurtungsnaht um den Kopf der Fixationsschraube

Abb. 2 ◀ Mittlerer Funktionswiedergewinn der operierten Seite im Vergleich zur nicht-operierten Seite in Prozentangaben, differenziert nach Patienten mit und ohne Implantat-protrusion

5. Die Positionierung der Fixationsschrauben ist „anatomiegerecht“. Darunter wird verstanden, dass
 - a) der Sulcus bicipitis bei korrekter Platzierung der Schrauben nicht tangiert wird und
 - b) die Schrauben in den Humeruskopf an den weitgehend gefäßfreien 3 Hauptportionen der Tubercula eintreten:
 - in der kraniallateralen Insertionszone der Supraspinatussehne,
 - in der dorsolateralen Insertionszone für die Sehnen des M. infraspinatus und des M. teres minor und
 - im Tuberculum minus, der Insertionsstelle des M. subscapularis.

Eine vorausgegangene anatomische Studie hat ergeben, dass die genannten Insertionsstellen sich auf unterschiedliche Höhenpositionen verteilen. Daher kann eine regelhafte Ver-

teilung der Nagellöcher von kranial nach kaudal diesen Eintrittsstellen zugeordnet werden. Es ergibt sich aber daraus auch die Notwendigkeit einer Links- und einer Rechtsversion des Nagels.

6. Eine Langversion komplettiert das System für folgenden Indikationsbereich:
 - Kombinationsfrakturen (Humeruskopf und -schaft),
 - proximale Humerusschaftfrakturen,
 - pathologische Humerusfrakturen (Palliativfixation).
7. Die Fixationsschrauben können auf 2 unterschiedliche Weisen für die Fixation dislozierter Tubercula verwendet werden:
 - a) Sie fixieren das jeweilige in sich konsistente Tuberkelfragment direkt.
 - b) Sie fixieren ein in sich inkonsistentes „zerbröseltes“ osteoporoti-

sches Tuberkelfragment indirekt, indem sie einen stabilen Haltepunkt für eine Zuggurtungsnaht durch die zugehörige Rotatorenmanschettenportion bilden.

Durch diese Neutralisierung der Zugkräfte wird dem Tuberkel die Möglichkeit der knöchernen Reintegration geboten. Wir bezeichnen diese Technik in Anlehnung an die lockere Befestigung eines Schiffs an der Kai-mauer als „Tau-über-Poller“-Methode (▣ Abb. 1).

Krankengut und Anlage einer prospektiven Studie

Von Februar 2000 bis Januar 2003 wurde dieses Nagelsystem in unserer Klinik 197-mal angewendet, und zwar nur bei erheblich dislozierten Frakturen. Um diese Anwendung unter bestmöglicher Kontrolle verlaufen zu lassen und somit zu einer kritischen Beurteilung der Wertigkeit dieses Verfahrens zu gelangen, wurde eine möglichst lückenlose klinische Verlaufuntersuchung aller Patienten nach 3, 6 und schließlich 12 Monaten vorgesehen. Bei jeder Nachuntersuchung wurden der Constant-Score [4] der operierten Seite und der nichtoperierten Gegenseite (maximal 100 Punkte) sowie der Quotient aus beiden (Prozentwert der funktionellen Wiederherstellung der Schulterfunktion, maximal 100%) ermittelt.

Wie bei der Altersstruktur unseres Patientenguts nicht anders zu erwarten, verstarben einige Patienten schon vor den Nachuntersuchungen ($n=9$). Bei einigen Patienten ($n=11$) wurde entweder schon intraoperativ oder frühpostoperativ das Verfahren zugunsten des hemiprothetischen Ersatzes aufgegeben, einmal wegen eines postoperativen tiefen Infekts. Eine große Zahl von Patienten entzog sich entweder willentlich dem Aufwand einer nochmaligen Vorstellung in der Klinik oder blieb für uns wegen Wechsels der Wohnstätte unerreichbar ($n=63$). Im Januar 2003 hatten 21 Patienten noch nicht die erste 3-Monats-Nachuntersuchung erreicht. Demnach konnten 93 Patienten in die Nachuntersuchungsstudie eingeschlossen werden (47,2%). Von diesen 93 Patienten waren 73 weiblichen und 21 männlichen Geschlechts. Das Durch-

Tabelle 1

Verteilung der Frakturschweregrade gemäß der Klassifikation

Schwere-grad	Fraktur	Anzahl (n)
Neer III	2-Segment-Fraktur	21
Neer IV	3-Segment-Fraktur	49
Neer V	3-Segment-Fraktur	3
Neer IV/V	4-Segment-Fraktur	18
Neer VII	4-Segment-Fraktur	2
Insgesamt		93

schnittsalter aller Patienten lag bei 68,1 Jahren, der weiblichen bei 71,2 Jahren und der männlichen bei 58,8 Jahren. 77% der Frakturen zeigten höhere Grade der Humeruskopffragmentierung (■ Tabelle 1). Hierzu haben wir auch die Kombinationsfrakturen von Humeruskopf und -schaft gezählt ($n=8$).

Ergebnisse

93 Patienten erreichten die 3-Monats-Nachuntersuchung, die einen durchschnittlichen Constant-Score von 58,7 Punkten ergab (Standardabweichung $\pm 16,9$). 75 Patienten erreichten die 6-Monats-Nachuntersuchung, wobei sich ein durchschnittlicher Constant-Score von 70,7 Punkten (Standardabweichung $\pm 16,2$) fand. Nach 12 Monaten lag bei 55 Patienten der durchschnittliche Constant-Score bei 79,5 Punkten (Standardabweichung $\pm 17,0$).

Da mit zunehmendem Alter physiologischerweise Kraft und Beweglichkeit der Schulter abnehmen, ist es sinnvoll, den erreichten Constant-Score CS_{OS} ins Verhältnis zu dem der nichtoperierten Gegenseite CS_{GS} zu setzen. Der Quotient $CS_{OS}/CS_{GS}=X/100$ ergibt einen Prozentwert als Maß der Funktionswiederherstellung der operierten Schulter. Durchschnittlich lag dieser Wert nach 3 Monaten bei 68,6%, nach 6 Monaten bei 78,8% und nach 12 Monaten bei 87%.

Bei 2 Patienten (2,2%) kam es sekundär zum Kollaps des Fixationskonstrukts. Dem folgte der sekundäre hemiprothetische Ersatz des Humeruskopfs. Bei 4 Patienten kam es zur sekundären Ablösung von Anteilen des Tuberculum majus, die in 3 Fällen (3,2%) nicht korrigiert werden konnte und zur bleibenden Insuffizienz der Rotatorenmanschette führte. In 1 Fall

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2004 · 6 [Suppl 2] : S241–S246
DOI 10.1007/s10039-003-0791-3
© Springer-Verlag 2003

H.-W. Stedtfeld · M. Wick · R. Winkler · W. Attmanspacher

Marknagelosteosynthesen – Indikation, Technik, sinnvoller Fortschritt(!?). Proximaler Humerus**Zusammenfassung**

Ein kurzer, antegrad eingebrachter Nagel und Verriegelungsschrauben, die den Humeruskopf von den Hauptinsertionsbereichen der Rotatorenmanschette aus penetrieren und die Fragmente nach dem Stellschraubenprinzip dreidimensional winkel- und gleitstabil fixieren, stellen zusammen das Implantatsystem (Targon PH®) dar. Seit Februar 2000 ist es in unserer Klinik für die Fixation aller deutlich dislozierten Humeruskopffrakturen mit Ausnahme von „Head-splitting-Frakturen“ und isolierten Tuberkelfrakturen im Einsatz. Die Erfahrungen der ersten großen Serie ($n=197$) wurden in einer prospektiven klinischen Studie ($n=93$) erfasst. Diese belegt die hohe Leistungsfähigkeit des Fixationssystems mit einer durchschnittlich 93%igen Wiederherstellung der Schulterfunktion bei 66% der Patienten. Sie weist aber auch auf einen Mangel in unserem Operationsregime hin, der in der regelhaften medialen

Bohrperforation der Kortikalis der Kalotte bestand und in 21% der Fälle zu leichten bis schwerwiegenden Irritationen des Glenohumeralgelenks durch Schraubenüberstand geführt hat. Dennoch lag das durchschnittliche Ergebnis selbst bei dieser Komplikation noch auf einem Niveau, welches mit dem primären hemiprothetischen Ersatz des Humeruskopfs nicht besser zu erwarten wäre. Eine weitere Verbesserung des Ergebnisses wird mit der strikten Vermeidung der medialen Kalottenperforation erwartet.

Schlüsselwörter

Dislozierte osteoporotische Humeruskopffrakturen · Gerader proximaler Humeruskopfnagel · Winkelstabile Stellschraubenfixation · Risiko der medialen Schraubenprotrusion

Nail fixation osteosynthesis: indications, technique, practical progress. Proximal humerus**Abstract**

A short antegrade nail and interlocking screws which penetrate the humeral head at the main sites of the rotator cuff insertions and which fix the head fragments in a diastatic mode with angular and gliding stability, represent the new nailing system (Targon PH). This has been used in our trauma department since February 2000 for the fixation of all severely displaced humeral head fractures except "head-splitting fractures" and isolated fractures of the tubercles. Our experiences with the first large series of 197 applications were collected in a prospective clinical study finally including 93 cases. This study proves the highly beneficial capacity of the fixation system allowing an average functional shoulder recovery of 93% in 66% of the patients after 1 year. At the same time it drew our atten-

tion to an error in the operative technique consisting of a regular medial drill perforation of the subchondral cortex. In 21% of all cases this induced minor to severe irritation of the glenohumeral joint by the protruding tip of a screw. Nevertheless, the result of even these complicated cases achieved a level which would hardly be reached by primary humeral hemiarthroplasty. Further improvements are expected in the future by strict avoidance of medial perforation.

Keywords

Displaced osteoporotic humeral head fractures · Straight short proximal humeral nail · Diastatic screw fixation with angular stability · Risk of medial screw protrusion

Abb. 3a-l ◀ Verlaufsdokumentation (a–f) einer Neer-IV-3-Segmentfraktur (valgusimpakterter Typ) mit in sich zerbrochenem dislozierten Tuberculum-majus-Fragment (a) bei einem 77-jährigen Patienten mit Osteoporose: nach Eröffnung der Bursa subacromialis frei liegendes Kalottenfragment (b), Fixation des kranialen Tuberculum-majus-Anteils mit zusätzlicher Zugschraube und Zuggurtungsnaht (c), im Zuge des postoperativen Übungsprogramms zunehmende Schmerzen, im Röntgenkontrollbild sekundäre Kranialdislokation des oberen Tuberculum-majus-Anteils (d), Revision und Refixation der Supraspinatussehne mit „Tau-über-Poller“-Methode (e), Ausheilungsbild bei 12-Monate-Nachuntersuchung (f), Funktionsstatus nach 1 Jahr mit einem Constant-Score von 96 Punkten (g–l)

trat ein oberflächlicher fistelnder Infekt auf, der durch Exzision behoben wurde. In 1 Fall kam es infolge ausbleibender Übungsaktivität eines Patienten zu einer bewegungseinschränkenden Narbenbrücke zwischen dem Eingangsloch und der

Rotatorenmanschette. Diese wurde bei einer Revisionsarthroskopie durchtrennt.

Bei 20 Patienten (21,5%) verursachten Überstände der Schrauben oder des Nagels schmerzhaft irritierende Bewegungsknirschungen, die

bei 8 Patienten eine Entfernung einzelner Schrauben und bei 12 Patienten eine Totalentfernung der Implantate erforderlich machten. In der Arthroskopie, die immer der Metallentfernung vorausging, zeigten sich teilweise gravierende furchenartige

Destruktionen des Glenoidknorpels durch direkte Einwirkung der überstehenden Schraubenspitzen. Begleitet wurden die Knorpelschäden von entzündlichen Veränderungen der Synovialis. Die mit der Metallentfernung zusammen durchgeführte arthroskopische Arthrolyse und Teilsynovektomie mittels Vaporisation führten in 5 Fällen zu Teilnekrosen des Humeruskopfs, die in 1 Fall ein radiologisch relevantes Ausmaß hatte.

Nach den Metallentfernungen beruhigten sich stets die Schmerzen, und die Funktion besserte sich, wenn auch auf einem niederen Niveau. Durchschnittlich führte die Irritation durch Implantatüberstand zu einer Minderung des Funktionswiedergewinns um 33% gegenüber dem erreichten Durchschnitt von 93,5% bei den Fällen ohne Implantatüberstand (■ Abb. 2). Letzteres war bei 2/3 der 55 Patienten mit 1-Jahres-Nachuntersuchung der Fall.

Diskussion

Die Fixation von Humeruskopffrakturen mit dem Targon-PH-Nagel-System hat sicher neue erfreuliche Möglichkeiten gerade für alte Patienten mit hohem Osteoporosegrad eröffnet. Zahlreiche dislozierte Humeruskopf-4-Segment-Frakturen wurden stabil versorgt, früh mobilisiert und erreichten eine fast vollständige funktionelle Wiederherstellung (■ Abb. 3, ■ Abb. 4). Die positiven Aspekte kommen auch in einigen Publikationen anderer Anwender zum Ausdruck [6, 9]. Es ist nunmehr erforderlich, auch die Komplikationsmöglichkeiten dieses Systems aufzuzeigen, um keinen blinden Enthusiasmus aufkommen zu lassen.

Die Irritation durch überstehende Implantate (Nagel oder Schrauben) war in unserer Serie offenbar das hervorstechende spezifische Komplikationsrisiko des neuen Verfahrens, so wie es hier zur Anwendung kam. Dieses Risiko ist nicht obligat mit dem Implantat verbunden, denn von anderen Anwendern des Nagelsystems wurde nicht in dem von uns beobachteten Ausmaß über Schraubenschäden am Glenoid berichtet [6, 9]. Diese Komplikation ist vielmehr zunächst das Ergebnis des hiesigen initialen operations-technischen Regimes, das vorsah, die Fi-

Abb. 4a–i ▲ Neer-IV/V-4-Segment-Fraktur rechts (a–d) einer 77-jährigen Patientin mit deutlicher Osteoporose (a), CT: Kranialdislokation des in sich gespaltenen Tuberculum majus und Medialdislokation des Tuberculum minus (b), Fixation mit Targon-PH-Nagel, zusätzlich 2 Zusatzschrauben im Kopfbereich (c), Ausheilungsbild nach 12 Monaten (d), Funktionsstatus nach 1 Jahr mit einem Constant-Score von 83 Punkten, aber im Seitenvergleich eine Wiederherstellung von 98% (e–i)

xationsschraube bis an den Knorpel heran vorzutreiben, um noch von der Härte der subchondralen Kortikalis zu profitieren. Die mediale Kortikalis wurde immer durchbohrt, um die abgestumpfte Schraubenspitze noch eben passieren zu lassen. Dabei wurde sicher die Dicke des Knorpelüberzugs, die tatsächlich nur etwa 1,5 mm beträgt [7], überschätzt. Dies wurde von anderen Anwendern des Targon-PH-Nagels nicht so praktiziert.

Mittlerweile haben wir das Operationsregime in diesem Punkt korrigiert, vermeiden grundsätzlich die Durchbohrung der medialen Kortikalis und bemessen die Fixationsschraube so kurz, dass deren Spitze sich der Kortikalis maximal auf 1–2 mm nähert. Inwieweit wir dadurch diese Komplikation beherrschen können, muss sich erst noch erweisen. Mit durchschnittlich 63% Funktionswiedergewinn bei den Fällen mit dieser Komplikation bleibt das Ergebnis aber noch oberhalb des Niveaus, das mit dem primären Humeruskopfersatz erwartet werden kann [8].

Die antegrade Vorgehensweise mit Eröffnung der subakromialen Bursa und Spaltung der Supraspinatussehne im Faserverlauf (nur bei Neer-III-Frakturen, bei valgusimpaktierten Neer-IV-Frakturen und bei Neer-V-3-Segment-Frakturen) macht u. E. keine Probleme, so lange atraumatisch vorgegangen wird und sorgfältig mit feinem Nahtmaterial bei Operationsende diese beiden Strukturen wieder verschlossen werden. Bei dislozierten Neer-IV/V-4-Segment-Frakturen liegt eine aufgerissene Rotatorenmanschette vor. Dieser Schaden verlangt ohnehin die antegrade Herangehensweise.

Gleichmaßen wichtig ist sicher der frühzeitige Beginn der aktiven selbstassistierten Bewegungsübungen, die untrennbarer Bestandteil dieser Behandlungsmethode sind [12]. Fallen diese Übungen aus, droht natürlich eine narbige Verbindung zwischen der Wunde der Rotatorenmanschette und dem Eingangsloch genauso wie die narbige Verklebung des Subakromialraums, wie bei einem Patienten geschehen.

Um die Konzeption der Fixation von in sich zertrümmerten Tubercula mit der „Tau-über-Poller“-Methode zu realisieren, bedurfte es einer geringfügigen Modifikation des ursprünglichen Designs des

Fixationsschraubenkopfs. Ziel der Veränderung war es, das Abgleiten des Zuggurtungsfadens über den Schraubenkopf bei Abduktion/Elevation und Rotation zu verhindern. Diese veränderten Fixationsschrauben stehen bald generell zur Verfügung. Da die Zuggurtungsnaht bei der aktiven Übungstätigkeit erheblichen Zugkräften ausgesetzt wird, ist die Konterung dieser Naht über den Kopf der Fixationsschraube im verriegelten Nagel sicher ein resistenteres Konstrukt als die Konterung im osteoporotischen Knochen selbst. Der Vorteil dieser Technik liegt u. E. auch darin, dass die Zuggurtungsnaht infolge der anatomiegerechten Schraubenpositionierung sehr kurz ausfallen kann und dadurch ein „Scheibenwischereffekt“ während der postoperativen Übungsphase weitgehend vermieden wird.

Der hohe Anteil exzellenter Ergebnisse (66% der Patienten) mit fast vollständigem Funktionswiedergewinn (93% der Gegenseite) ist bei dem vorwiegend geriatrischen Krankengut u. E. der Beleg eines therapeutischen Fortschritts, der durch Verbesserung der Operationstechnik vermutlich noch gesteigert werden kann.

Korrespondierender Autor

Priv.-Doz.Dr. H.-W. Stedtfeld

Klinik für Unfallchirurgie, Klinikum Süd,
Breslauer Straße 201, 90471 Nürnberg,
E-Mail: stedtfeld@klinikum-nuernberg.de

Literatur

1. Adedapo AO, Ikpe JO (2001) The results of internal fixation of three- and four-part proximal humeral fractures with the Polarus nail. *Injury* 32: 115–121
2. Blum J, Hessmann MH, Rommens PM (2003) Treatment of proximal metaphyseal fractures of the humerus with interlocked nailing and a spiral blade – early experience with a new implant system. *Aktuelle Traumatol* 33: 7–13
3. Cole D (1998) Humeral nailing, session 3.3. Masterclass Symposium „Orthopaedic Trauma“, Manchester, UK
4. Constant CR, Murley AHG (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop* 214: 160–164
5. Cuny C, Pfeffer F, Irrazi M, Chammas M et al. (2002) Un nouveau clou verrouillé pour les fractures proximales de l'humérus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 88: 62–67
6. Eisele R, Kinzl L (2002) Nailing of articular and extra-articular fractures of the head of the humerus. *Osteo Trauma Care* 10: 1–4
7. Hodler J, Loredi RA, Longo C, Trudell D, Yu JS, Resnick D (1995) Assessment of articular cartilage thickness of the humeral head: MR-anatomic correlation in cadavers. *Am J Radiol* 165: 615–6120

8. Jerosch J, Heisel J (2002) Schulterendoprothetik. Steinkopff, Darmstadt
9. Linhart W, Großterlinden L, Hassunizadeh B, Janssen A, Sommerfeldt DW, Rueger JM (2002) A new approach to operative treatment of proximal humeral fractures: intramedullary nailing with fixed angle locking screws. *Osteo Trauma Care* 10: 80–82
10. Rajasekhar C, Ray PS, Bhamra MS (2001) Fixation of proximal humeral fractures with the Polarus nail. *J Shoulder Elbow Surg* 10: 7–10
11. Seidel H (1989) Humeral locking nail: a preliminary report. *Orthopedics* 12: 219–226
12. Stedtfeld HW, Attmanspacher W, Thaler K, Frosch B (2003) Fixation von Humeruskopffrakturen mit antero-grader Marknagelung. *Zentralbl Chir* 128: 6–11