

Differenzialindikation anatomischer und inverser Schulterendoprothesen in der sekundären Frakturprothetik

Differential Indication of Anatomic and Reversed Shoulder Prostheses in Fracture Sequelae

Autoren

U. Irlenbusch, U. Fuhrmann, K. Gebhardt, O. Rott

Institut

Orthopädische Klinik, Marienstift Arnstadt

Schlüsselwörter

- sekundäre Frakturprothetik
- chronische Traumaschulter
- Humeruskopffraktur
- anatomische Prothese
- inverse Prothese

Key words

- fracture sequelae
- malformation healing
- shoulder replacement
- anatomic prosthesis
- reversed prosthesis

Zusammenfassung

Studienziel: Die Ergebnisse der sekundären Frakturprothetik des proximalen Humerus sind unbefriedigend. Die Ursache liegt meist in einer Nekrose der Tubercula und der daraus resultierenden Insuffizienz der Rotatorenmanschette. Das Ziel dieser Arbeit bestand deshalb in der Untersuchung, ob durch den differenzierten Einsatz von anatomischen und inversen Schulterendoprothesen in Abhängigkeit vom Ausgangsbefund eine Optimierung der Ergebnisse möglich ist.

Methodik: Gegenstand der Untersuchung waren 55 Patienten, die wegen einer fehlverheilten Humeruskopffraktur/„chronischen Traumaschulter“ eine sekundäre Frakturprothese erhielten. In 36 Fällen (vorwiegend Fracture-sequelae-Typ 1 und 2 nach Boileau) wurde eine anatomische Prothese (Affinis, NU 24 Monate) und in 19 Fällen (vorwiegend Fracture-sequelae-Typ 3 und 4 nach Boileau) eine inverse Endoprothese (Delta III, NU 18,3 Monate) implantiert.

Ergebnisse: Bei den Frakturfolgetypen 1 und 2 nach Boileau und Walch wurde im Durchschnitt eine Verbesserung von 19 auf 68 Punkte (anatomische Prothese) erreicht. Bei den Typen 3 und 4 dagegen wurde eine Steigerung von 9,0 auf 47,5 Punkte (inverse Prothese) verzeichnet. Dieser Wert liegt deutlich über den in der Literatur angegebenen Ergebnissen für anatomische Kopfprothesen bei dieser Indikation. Da der präoperative Score in unserem Patientenkollektiv etwa 10 Punkte unter dem vergleichbarer Publikationen liegt, ist eine noch eindeutiger Diskriminierung der postoperativen Resultate anzunehmen.

Schlussfolgerung: Der differenzierte Einsatz anatomischer und inverser Schulterprothesen in der sekundären Frakturbehandlung führt zu einer Verbesserung der postoperativen Ergebnisse. Bei den Frakturfolgetypen 1 und 2 ist die anatomische Prothese vorzuziehen. Bei schweren Deformierungen, den Frakturfolgetypen 3 und 4 da-

Abstract

Aim: Results of shoulder replacement in fracture sequelae are not satisfying. This is due to an insufficient function of the rotator cuff, mostly because of a secondary necrosis of the tubercles. The aim of this study was to investigate if the differentiated use of anatomic and reversed prostheses in dependence of the preoperative anatomic situation is able to optimise the results.

Method: The aim of this study was a comparison of 55 patients with secondary trauma prostheses in fracture sequelae. In 36 cases (especially fracture sequelae types 1 and 2 according to Boileau), anatomic head prostheses (Affinis, FU 24 months) and in 19 cases (especially fracture sequelae types 3 and 4 according to Boileau), inversed prostheses (Delta III, FU 18.3 months) were implanted.

Results: The Constant score of the patients with fracture sequelae types 1 and 2 according to Boileau and Walch improved from 19 to 68 on average (anatomic prosthesis), and for types 3 and 4 from 9 to 47.5 (inversed prosthesis). For these special indications, fracture sequelae types 3 and 4 show remarkably better results than those with an anatomic head prosthesis mentioned in literature. The preoperative score of the collective of patients we examined was 10 points less than the one in comparable publications. The postoperative improvement is therefore clearly more significant.

Conclusion: The differentiated indication of anatomic and reversed shoulder prostheses in fracture sequelae leads to a noticeable improvement of the postoperative results. In slight malformations (fracture sequelae types 1 and 2) the anatomic prosthesis is the better choice. For severe deformations (fracture sequelae types 3 and 4) however, the implantation of a reversed prosthesis is the more convincing intervention. More-

Bibliografie

DOI 10.1055/s-2008-1038814
Z Orthop Unfall 2008; 146:
478–485 © Georg Thieme
Verlag KG Stuttgart · New York ·
ISSN 1864-6697

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Ulrich Irlenbusch
Orthopädische Klinik
Marienstift Arnstadt
Wachsenburgallee 12
99310 Arnstadt
Tel.: 0 36 28/7 20-151
Fax: 0 36 28/7 20-153
irlenbusch@ms-arn.de

gegen, ist die inverse Prothese der anatomischen Prothese überlegen. Der gezielte Einsatz dieser Prothesen führt auch zu einer exakteren Voraussage über den zu erwartenden Funktionsgewinn.

over, the differentiated indication allows for a better prediction of the expected result.

Studienziel

Nach Frakturen des proximalen Humerus stellt die Therapie von fehlverheilten Frakturen, Pseudarthrosen, Humeruskopfnnekrosen und persistierende Luxationen eine Herausforderung dar. Oftmals ist zusätzlich eine Arrosion, z.T. eine hochgradige Zerstörung des Glenoids infolge Schraubenperforation und anderen Irritationen durch das Osteosynthesematerial zu verzeichnen. Erschwerend kommt hinzu, dass in vielen Fällen ein Funktionsverlust der Rotatorenmanschette, meist als Folge einer Osteolyse der Tubercula besteht. Auch Vernarbungen und Fibrosierungen des Kapsel-Band-Apparats komplizieren das Geschehen. Diese Frakturfolgezustände werden im internationalen Schrifttum häufig als „fracture sequelae“, im deutschsprachigen Raum als „chronische Traumaschulter“ (CTS) bezeichnet (▶ **Abb. 1**).

Eine grundsätzliche Verbesserung des Zustandes ist meist nur durch die Implantation einer Endoprothese („sekundäre Frakturprothese“) zu erreichen. Auch danach sind die Ergebnisse oft unbefriedigend [9,25,30]. Die Aussagen in der Literatur sind aber widersprüchlich, da in vielen Arbeiten nicht unterschieden wird, ob die Rotatorenmanschette nach der Implantation suffizient arbeitet oder nicht [15,17]. Aufgrund des Schädigungsmusters ergeben sich zwei limitierende Gesichtspunkte. Zum einen kann keine ausreichende Funktion erwartet werden, wenn nach Implantation einer anatomischen Schulterendoprothese von vornherein eine funktionell wirksame Rotatorenmanschettenruptur besteht. Zum anderen sind die Zustände kritisch zu werten, bei denen zur Implantation der Endoprothese eine Mobilisation bzw. Osteotomie der fehlverheilten Tubercula erfolgen muss, da dann die Gefahr der sekundären Nekrose der Tubercula mit daraus resultierendem Funktionsverlust der Rotatorenmanschette besteht [3,4,10]. Boileau et al. geben für die Implantation mit erforderlicher Osteotomie des Tuberculum majus postoperativ im Constant-Score Werte zwischen 41 und 47 Punkten an, falls eine Osteotomie nicht erforderlich ist dagegen 56–60 Punkte [5–8].

Die Chancen für ein gutes Ergebnis sind somit günstiger, wenn die Prothese an die in Fehlstellung verheilten Tubercula angepasst werden kann, sodass diese nicht osteotomiert werden müssen. Es ist offensichtlich, dass sich die verstellbaren modernen Prothesen der 3. und 4. Generation (▶ **Abb. 2**) besser für diese Aufgabe eignen als die konventionellen älteren Modelle [19,21].

Boileau et al. inaugurierten eine Klassifikation der Frakturfolgen, in der das wesentliche prognostische Kriterium darin besteht, ob eine Prothesenimplantation ohne Mobilisation der Tubercula erfolgen kann (Typ 1 und 2; ▶ **Abb. 3**) oder ob diese unvermeidlich ist (Typ 3 und 4) [3,6,10]. Beim Typ 1 handelt es sich um eine intrakapsulär impaktierte Humeruskopffraktur oder Humeruskopfnnekrose mit einer relativ geringen Fehlstellung zwischen Tuberculum majus und Humerusschaft. Die Fragmente sind knöchern konsolidiert. Zum Typ 2 werden verhakte Luxationen und veraltete Luxationsfrakturen gerechnet. Eine Osteotomie der in Fehlstellung verheilten Tubercula ist nicht erforderlich, sodass gute und zuverlässige Resultate nach Implantation einer anatomischen Prothese erwartet werden können. Zu den Typen 3

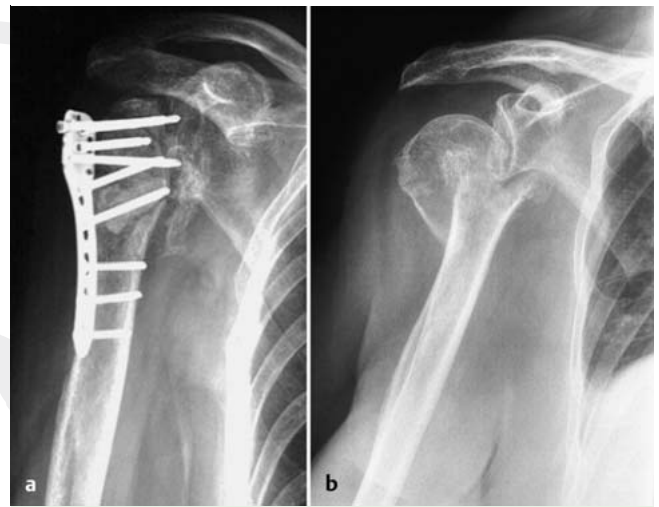


Abb. 1 a und b a Humeruskopfnnekrose mit Schraubenperforation und Arrosion des Glenoids nach subkapitaler Humerusfraktur, Frakturfolgetyp 1 nach Boileau. b In massiver Fehlstellung verheilte Fragmente bei persistierender Luxation nach subkapitaler Humeruskopffraktur, Frakturfolgetyp 4.



Abb. 2 a und b Sekundäre Frakturendoprothetik. a Hochgradige fibröse Ankylose nach intrakapsulär impaktierter Humeruskopffraktur mit relativ geringer Fehlstellung, Z.n. nach multiplen Voroperationen mit Wechsel des Osteosyntheseverfahrens und Infektsanierung, Frakturfolgetyp 1 nach Boileau. b Anpassung einer Affinis-Prothese durch laterale Implantation eines kleinen Schaftes, laterale Position von Konus und Kopffexzenter und mediale Kortikalisosteotomie am Kalkar.

und 4 dagegen zählen Zustände, bei denen eine massive Fehlstellung oder fehlende Einheilung der Tubercula zu verzeichnen sind, z. B. bei Pseudarthrosen im chirurgischen Hals mit zusätzlicher Kopffraktur sowie bei fehlverheilten extrakapsulären Frakturen mit massiver Fehlstellung der Tubercula und Impaktion der Kalotte. Zur Implantation der Prothese ist deshalb die Osteo-

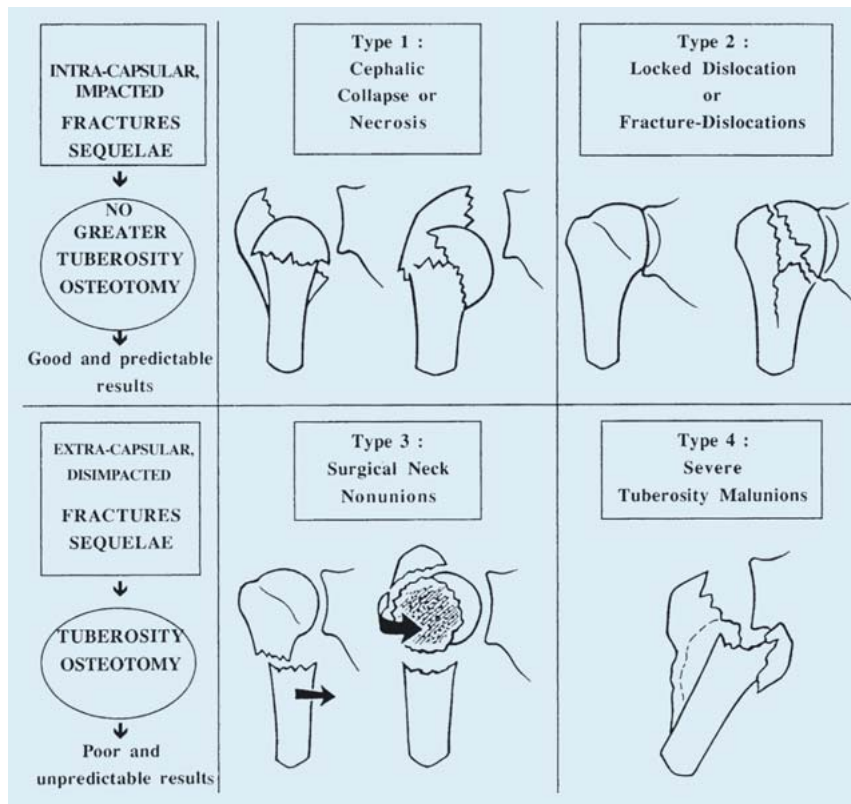


Abb. 3 Klassifikation der Frakturfolgen des proximalen Humerus nach Boileau und Walch (1999) [5].

tomie und Osteosynthese der Tubercula erforderlich. Aufgrund der drohenden sekundären Nekrose muss mit unbefriedigenden und nicht sicher vorhersehbaren Ergebnissen gerechnet werden. Einen Ausweg aus dieser Situation stellt die Implantation einer inversen Prothese bei den Typen 3 und 4 dar, da sie neben dem Ersatz der Gelenkflächen die Rekonstruktion eines stabilen Drehzentrums erlaubt (► **Abb. 4**) [11,12,20,23,35,36,43]. Danach sind trotz der schwer geschädigten und nicht mehr balancierten Rotatorenmanschette die Voraussetzungen für eine freie Elevation, allein durch die Wirkung der externen Schultermuskulatur, gegeben. Allerdings ist zu beachten, dass speziell für die Rotationsfähigkeit die zumindest teilweise Funktion der Rotatorenmanschette, speziell der Mm. infraspinatus und teres minor, benötigt wird [1,2,13,34].

Ziel dieser Arbeit war es deshalb zu untersuchen, ob durch den differenzierten Einsatz von anatomischen und inversen Schulterendoprothesen in der sekundären Frakturversorgung eine Optimierung der Ergebnisse möglich ist.

Methodik

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen 55 Patienten, die wegen einer fehlverheilten Humeruskopffraktur/„chronischen Traumaschulter“ eine sekundäre Frakturprothese erhielten. In 36 Fällen (vorwiegend Fracture-sequelae-Typ 1 und 2 nach Boileau) wurde eine anatomische Prothese (Affinis) und in 19 Fällen (vorwiegend Fracture-sequelae-Typ 3 und 4 nach Boileau) eine inverse Endoprothese (Delta III) implantiert.

Im Rahmen einer Multicenterstudie wurden insgesamt 126 Patienten erfasst, denen eine Affinis-Endoprothese implantiert wurde (Arnstadt 49, Wien 36, Heiden 21, Magdeburg 20). Es



Abb. 4a und b Sekundäre Frakturendoprothetik. **a** In massiver Fehlstellung verheilte Humeruskopffraktur mit Dislokation bzw. Pseudarthrose der Tubercula, Frakturfolgetyp 4 nach Boileau. **b** Implantation einer inversen Delta-III-Prothese.

handelte sich um 41 Männer und 85 Frauen. Das Durchschnittsalter betrug 68,1 Jahre. Die Patienten wurden nach durchschnittlich 3, 6, 12 und 24 Monaten nachuntersucht. Die rechte Seite wurde 71-mal und die linke Seite 55-mal operiert. Eine zementfreie Prothese wurde 56-mal und eine zementierte Prothese 70-mal eingesetzt. Es handelte sich um 16 Total- und 110 Kopfprothesen. Von 113 Schultergelenken lagen vollständige Datensätze vor.

Die Implantation erfolgte 36-mal bei chronischer Traumaschulter, 51-mal bei primärer Omarthrose, 15-mal bei einer rheumatischen Grunderkrankung und 11-mal bei verschiedenen anderen Indikationen (darunter 7 Kopfnekrosen).

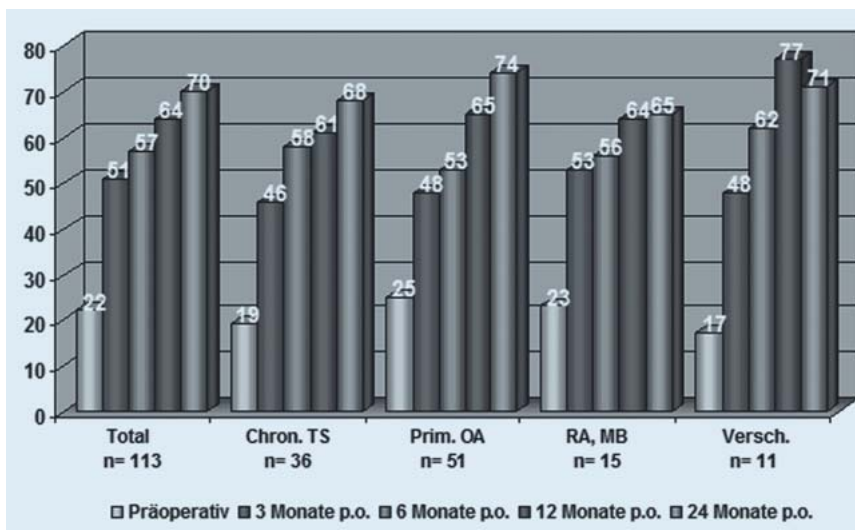


Abb. 5 Affinis-Endoprothese: Diagnoseabhängige Entwicklung des Constant-Scores (Medianwerte; Total = Gesamtgruppe; Chron. TS = chronische Traumaschulter; Prim. OA = primäre Omarthrose; RA, MB = Rheumatoidarthritis, Morbus Bechterew; Versch. = Verschiedenes).

In einer weiteren Studie wurden die Patienten erfasst, die wegen verschiedener Indikationen eine inverse Endoprothese implantiert erhielten. Von 51 (Arnstadt) konsekutiven Patienten konnten 44 Patienten nach durchschnittlich 18,3 (8 bis 56) Monaten nachuntersucht werden. Es handelte sich um 36 Frauen und 8 Männer. 29-mal wurde die rechte und 15-mal die linke Seite operiert. Das Durchschnittsalter betrug 70,1 (60–81) Jahre.

Die Implantation erfolgte 19-mal wegen einer „chronischen Traumaschulter“/CTS, 14-mal wegen einer Rotatorendefektarthropathie/RDA und 11-mal im Rahmen eines Endoprothesenwechsels. Je einmal wurde die Implantation bei einer primären Fraktur und bei einem Tumor vorgenommen.

In beiden Gruppen war zur Nachuntersuchung ein Patientenverlust aus unterschiedlichen Gründen zu verzeichnen: eine zu aufwendige Anreise (Gruppe 1 = 4 ×, Gruppe 2 = 2 ×); Patienten sehr zufrieden, sahen keinen Anlass für eine Untersuchung (Gruppe 1 = 4 ×, Gruppe 2 = 2 ×), Patienten unzufrieden oder erneut operiert (Gruppe 1 = 3 ×, Gruppe 2 = 1 ×); nicht erreichbar (Gruppe 1 = 2 ×, Gruppe 2 = 2 ×).

Klinische Kriterien

Die klinischen Ergebnisse wurden durch unabhängige Untersucher, die nicht mit dem Operateur identisch waren, mittels des Constant-Scores erhoben. Die Kraftmessung erfolgte mit einem Tensiometer am Deltaansatz bei 90 Grad bzw. bestmöglicher Abduktion in der Skapulaebene. Registriert wurde die Maximalkraft, die 3 Sekunden gehalten werden konnte. Aus 3 Wiederholungen wurde der Mittelwert gebildet. Weiterhin wurden die prä- und postoperative Beweglichkeit, speziell die aktive Außenrotation, die Kraft und die Schmerzlinderung gesondert untersucht.

Statistische Methoden

Zur deskriptiven Darstellung der Verteilung des Constant-Scores wurden die Mittelwerte, Medianwerte, 25 und 75% Perzentile berechnet. Es wurde stets der Zeitpunkt der letzten Nachkontrolle verwendet.

Abduktions-, Flexions- und Kraftwerte wurden in Bezug auf die Diagnosen nicht parametrisch mittels Wilcoxon-Tests geprüft.

Die p-Werte jedes Kontrasts wurden anhand des Bonferroni-Verfahrens adjustiert.

Um den Constant-Score hinsichtlich der Diagnosen zu vergleichen, wurden multiple Regressionsmodelle gerechnet (Varianzanalysen unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht). Separate Modelle zu den Nachkontrollen nach 12 und 24 Monaten sowie gepoolt für die Monate 3 bis 24 wurden geschätzt – die gepoolten Modelle zusätzlich unter Verwendung des Monats als Kovariate. Die Verteilung der Residuen wurde mittels qq-Plots bzw. mit Scatterplots auf Normalverteilung geprüft.

Ergebnisse

Von den 36 Patienten, die wegen einer chronischen Traumaschulter eine Affinis-Endoprothese implantiert erhielten, waren 32 den Frakturfolgetypen 1 und 2 nach Boileau und Walch sowie 4 den Typen 3 und 4 zuzuordnen. Die umgekehrten Verhältnisse lagen nach Implantation einer inversen Prothese vor: Den Typen 1 und 2 gehörten lediglich 2 Patienten, den Typen 3 und 4 dagegen 17 Patienten an.

Nach Implantation der anatomischen Prothese lagen die Ergebnisse für die chronische Traumaschulter unter dem Durchschnitt der Gesamtgruppe (♣ **Abb. 5**). Nach 12 Monaten wurde eine Verbesserung von 19 auf 61 Punkte, nach 24 Monaten auf 68 Punkte verzeichnet. Die Ergebnisse sind somit schlechter als bei primärer Omarthrose, aber besser als bei einer chronisch entzündlichen Grunderkrankung (Prä-/postoperative Veränderungen $p \leq 0,001$, Unterschiede zwischen den Gruppen $p \leq 0,01$).

Nach Implantation einer inversen Endoprothese (♣ **Abb. 6**) war nach durchschnittlich 19,3 Monaten ein Anstieg von 9,0 auf 47,5 Punkte für die CTS zu verzeichnen. Die Ergebnisse lagen damit im Mittel zwischen der RDA und den Wechseloperationen (Prä-/postoperative Veränderungen $p \leq 0,001$, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen).

Patienten, die wegen einer chronischen Traumaschulter eine inverse Prothese implantiert erhielten, hatten somit einen um 10 Punkte niedrigeren präoperativen Ausgangswert als diejenigen, bei denen eine anatomische Prothese implantiert wurde ($p \leq 0,003$). Diese unterschiedliche Ausgangssituation ist bei der Bewertung der postoperativen Differenz von 20,5 Punkten zu berücksichtigen ($p \leq 0,01$). Bei den anatomischen Prothesen

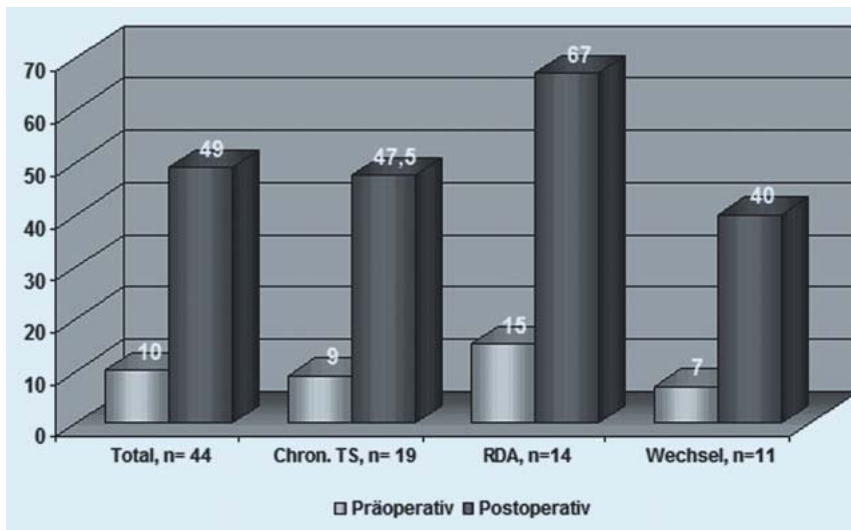


Abb. 6 Inverse Endoprothese: Diagnoseabhängige Entwicklung des Constant-Scores (Medianwerte; Chron. TS = chronische Traumaschulter; RDA = Rotatorendefektarthropathie; Wechsel = Wechsel anatomische auf inverse Endoprothese).

wurde demzufolge eine Verbesserung von 19 auf 68 Punkte, d. h. um 49 Punkte (72% des postoperativen Niveaus) und bei den inversen Prothesen von 9 auf 47,5 Punkte, d. h. um 38,5 Punkte (81,1%) erreicht.

Bei der Affinis-Prothese stieg die durchschnittliche Abduktion (Medianwerte) von 45° präoperativ auf jeweils 75° nach 3 und 6 Monaten sowie 105° nach 12 Monaten und 24 Monaten. Die Anteversion betrug im Durchschnitt präoperativ und nach 3 Monaten 75°, nach 6 Monaten 105° sowie nach 12 und 24 Monaten je 135°. Für die aktive Außenrotation bei abduziertem Arm wurden präoperativ 1,5° und nach 24 Monaten 6,1° registriert (Prä-/postoperative Veränderung $p \leq 0,001$, Unterschiede zwischen chron. TS und den anderen Gruppen $p \leq 0,05$).

Nach Implantation einer inversen Prothese wurde im Durchschnitt eine Verbesserung der Abduktion (Medianwerte) von 36,4° auf 86,4° und der Anteversion von 41,0° auf 90,9° erreicht. Die aktive Außenrotation bei um 90° abduziertem Oberarm stieg von -2,8° auf 23,6° (Prä-/postoperative Veränderung $p \leq 0,001$, Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant).

Eine Verbesserung ist auch bei der Kraftentwicklung zu verzeichnen. Sie stieg bei den anatomischen Prothesen für die Gesamtgruppe von 5,0 Punkten präoperativ, auf 9 Punkte nach 3 Monaten, 13 Punkte nach 6 und 12 Monaten sowie 17 Punkte nach 24 Monaten. Die chron. TS lag mit 9,0 Punkten nach 24 Monaten deutlich unter dem Durchschnitt der Gesamtgruppe. Bei den inversen Endoprothesen wurde dagegen nur eine Verbesserung von 0,7 auf 10,0 Punkte registriert. Postoperativ erzielte die RDA-Gruppe mit 11,6 Punkten das beste Resultat, gegenüber 9,7 Punkten in der chron. TS- und 9,0 Punkten in der Wechselgruppe (Prä-/postoperative Veränderung RDA $p \leq 0,004$; chron. TS $p \leq 0,001$; Wechsel $p \leq 0,008$; Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant).

Etwas anders lagen die Verhältnisse bezüglich der Schmerzreduzierung. Hier wurden in beiden Gruppen annähernd gleiche Ergebnisse erreicht. Bei den inversen Prothesen stiegen die Werte für die Gesamtgruppe von präoperativ 1,5 auf postoperativ 11,8 Punkte. Die besten Werte erreichte die RDA-Gruppe mit 12,9 Punkten, gefolgt von der chron. TS mit 11,9 und den Wechseloperationen 8,6 Punkten (Prä-/postoperative Veränderung in allen Gruppen $p \leq 0,001$, Unterschiede zwischen den Gruppen $p \leq 0,047$). Für die Affinis-Prothese wurde dagegen eine Verbesserung von 1,7 auf 11,5 Punkte für die Gesamtgruppe und auf

10,0 für die chron. TS-Gruppe erreicht (Prä-/postoperative Veränderung $p \leq 0,001$, Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant).

Für die anatomischen Prothesen sind als spezifische Komplikationen insbesondere die Pfannenlockerung bei den Totalprothesen und die sekundäre Glenoiderosion bei den Hemiprothesen zu nennen. In unserer Studie spielten beide Phänomene keine Rolle. Luxationen und Infektionen traten in dieser Studie gleichfalls nicht auf.

An spezifischen Komplikationen verzeichneten wir bei den inversen Prothesen eine Akromionfraktur und eine Luxationsrate von 6,8%. Die Notchingrate betrug 52,3% (Sirveaux Grad 0: 21 ×, Grad 1: 9 ×, Grad 2: 10 ×, Grad 3: 2 ×, Grad 4: 2 ×). In 4,6% kam es zu einer Dekonnection der Komponenten. An unspezifischen Komplikationen sind insbesondere eine relativ hohe Infektionsrate von 11,4% (alle voroperiert, 2 × wegen Infektarthropathie), revisionspflichtige Hämatome in 9,1% und neurologische Ausfälle (temporär) in 2,3% zu nennen.

Diskussion

Die Therapie der „chronischen Traumaschulter“ (chron. TS) stellt ein schwieriges Problem dar. Neben Kontrakturen, Verwachsungen und neurologischen Komplikationen liegt oft neben der Zerstörung der Gelenkpartner ein instabiles Drehzentrum vor, das Folge einer insuffizienten Rotatorenmanschette ist. Es resultiert ein hochschmerzhafter Funktionsverlust, dessen Behandlung eine Herausforderung darstellt. Die sekundäre Frakturprothetik ist deshalb ein technisch anspruchsvoller Eingriff. Neben der Prothesenimplantation sind regelmäßig zusätzliche Eingriffe erforderlich, z. B. ein Kapsel-Weichteil-Release, Korrekturosteotomien, Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette und Muskelerersatzplastiken [15,16,22]. Die Implantation einer anatomischen, ungekoppelten Prothese führt nicht automatisch zur Wiederherstellung eines stabilen Drehzentrums [32]. Falls eine suffiziente Funktion der Rotatorenmanschette nicht erreicht werden kann, ist in diesen Fällen nur ein begrenztes Ergebnis zu erwarten [11,14]. Bereits Neer rechnete deshalb diese Patienten der „limited goal group of rehabilitation“ zu [29]. Die Wiedererlangung der Funktion hängt dabei ganz wesentlich von der Schwere des Ausgangsbefundes ab.



Abb. 7 a bis c Prothesen der III. und IV. Generation verfügen über eine exzentrische, zum Teil über eine doppelt exzentrische Kopfverstellbarkeit (z. B. Affinis-Prothese). **a** Maximale laterale und **b** mediale Kopfposition, **c** exzent-

rische Konusaufnahme im Humeruskopf. Es resultiert ein Einstellbereich von medial/lateral 12 mm und dorsal/ventral 6 mm. Innerhalb dieses Bereichs ist die Kopfposition frei wählbar.

Dies spiegelt sich in der Klassifikation der „fracture sequelae“ nach Boileau und Walch wider [3, 6]. So wurden in der Aequalis-Multicenterstudie nach Implantation von 203 ungeführten Schulterprothesen für den Typ 1 eine Verbesserung von 28 auf 62 Punkte (um 34 Punkte; 54,8% des postoperativen Niveaus) und für den Typ I2 von 28 auf 61 Punkte (um 33 Punkte; 54,1%) angegeben [10, 39, 41]. Wir erreichten für die Gruppen 1 und 2 im Durchschnitt eine Verbesserung von 19 auf 68 Punkte (um 49 Punkte; 72%). Da der Ausgangswert um 9 Punkte niedriger liegt, sind die postoperativen Resultate als deutlich günstiger anzusehen. Bei einem derartigen Vergleich ist allerdings zu beachten, dass exakte Vorschriften für die Durchführung des Constant-Scores bisher nicht existieren, sodass methodisch bedingte Unterschiede im Punkteniveau beim Vergleich unterschiedlicher Publikationen möglich sind.

Nach unserer Ansicht ist dieses gute Ergebnis auf die hohe Anpassungsfähigkeit der modernen Prothesen zurückzuführen (Abb. 7), sodass eine Osteotomie der Tubercula häufiger vermieden werden kann. Außerdem erlaubt die exakte Adaption des Kopfes an die Resektionsebene eine weitgehende Rekonstruktion des anatomischen Drehzentrums als Voraussetzung für ein gutes funktionelles Ergebnis [15].

Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei den Frakturfolgetypen 3 und 4 [3, 6], falls auch in diesen Fällen eine Humeruskopffendo-prothese implantiert wird. Bei einer Ausgangslage von 21 bzw. 20 Punkten wurden in der Aequalis-Studie nur 36 bzw. 42 Punkte postoperativ erreicht, d. h. eine Verbesserung um 15 (41,7% des postoperativen Niveaus) bzw. 22 Punkte (52,4%) [10, 39]. Es liegt deshalb nahe, bei diesen schwerwiegenden Deformierungen, bei denen eine Osteotomie der Tubercula nicht zu umgehen ist, eine halbgekoppelte inverse Prothese zu implantieren, da sie die Rekonstruktion eines stabilen Drehzentrums ermöglicht. Falls beim jüngeren Patienten eine Rekonstruktion der Rotatorenmanchette nicht möglich ist und die Implantation einer inversen Endoprothese nicht infrage kommt, sollte alternativ eine Arthrodesis in Erwägung gezogen werden.

Wir erreichten in unserer Studie bei 19 Patienten, die bei den Frakturfolgetypen 3 und 4 eine inverse Delta-III-Prothese implantiert erhielten, eine Verbesserung von 9,0 auf 47,5 Punkte. Mit einer Verbesserung um 38,5 Punkte (81,1%) stellt das postoperative Ergebnis deshalb eine deutliche Verbesserung gegenüber 41,7% bzw. 52,4% bei den Kopfprothesen dar. Davon unabhängig liegt das Ergebnis deutlich unter den Resultaten, die mit

einer inversen Prothese in weniger komplizierten Fällen, insbesondere bei der Rotatorendefektarthropathie, zu erreichen sind [13, 36, 40].

Die für den Constant-Score beschriebenen Verhältnisse spiegeln sich auch bei Betrachtung der einzelnen Komponenten wie Abduktion, Anteversion, Außenrotation und Kraft wider. Auffällig ist aber, dass trotz des ungünstigeren Patientengutes in der inversen Gruppe die Schmerzlinderung bei beiden Prothesentypen annähernd gleich ist. Dies ist sicher darauf zurückzuführen, dass es sich um eine teilgekoppelte Totalprothese handelt und somit beide Gelenkpartner ersetzt wurden. Auch ist infolge des stabilen Drehzentrums eine subakromiale Schmerzentstehung nicht mehr möglich.

Die Pfannenlockerung stellt das limitierende Problem anatomischer Totalprothesen dar. Radiologische Lysesäume werden in bis zu 77% beschrieben [45]. Klinisch manifest, d. h. revisionspflichtig, sind dagegen nur 5–14% [26, 27, 45]. Als weitere spezifische Komplikation wird in der Literatur für die Hemiprothesen eine Rate von Glenoiderosionen zwischen 5,1 und 72% angegeben [2, 37]. Allerdings waren davon nur 1,8–3,9% revisionspflichtig. In unserer Studie spielten beide Phänomene aufgrund der kurzen Nachuntersuchungszeit und des relativ geringen Anteils an Totalprothesen keine Rolle. Luxationen und Infektionen traten gleichfalls nicht auf. In der Literatur werden Werte zwischen 4 und 38% für die Luxationen und eine Infektionsrate bis zu 3,9% beschrieben [18, 24, 38].

Als spezifische Komplikationen inverser Prothesen sind das Skapulanotching, Luxationen und Akromionfrakturen zu nennen [2]. Eine Akromionfraktur trat in der untersuchten Gruppe lediglich einmal auf. Die Luxationsrate lag mit 6,5% sehr niedrig, gegenüber Angaben von bis zu 25% in der Literatur [2, 13, 28, 42, 43]. Wir verzeichneten mit 68% eine relativ geringe Notchingrate, obwohl wir Wert auf eine exakte orthograde Röntgeneinstelltechnik legten, da nur auf diese Weise auch geringe Veränderungen erfasst werden können (Grad 1 und 2 nach Sirveaux). In der Literatur werden Werte zwischen 47–76% angegeben [31, 33, 36, 44]. Die relativ hohe Infektionsrate ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die betroffenen Patienten alle voroperiert waren, davon wiederum 50% wegen einer Infektarthropathie. Insgesamt betrug die Revisionsrate 11,4% und die Komplikationsrate 25% (ohne Skapulanotching). Die inversen Endoprothesen stellen somit gegenüber den anatomischen Prothesen das wesentlich komplikationsträchtiger Verfahren dar. Hierbei

muss aber berücksichtigt werden, dass sie in desolaten Zuständen zum Einsatz kommen, bei denen für andere Verfahren keine Indikation mehr besteht.

Natürlich sind die Gruppen nur bedingt vergleichbar. Es handelt sich um Prothesenmodelle völlig unterschiedlicher Konzeption, Patientenkollektive unterschiedlicher Größe und Nachuntersuchungszeit und auch verschiedene Operateure mit abweichenden Nachbehandlungskonzepten. Trotzdem spiegeln die Ergebnisse die klinische Erfahrung wider, dass in komplizierten Fällen mit hochgradiger Zerstörung der Gelenkkörper, kontraktum Kapsel-Band-Apparat und insuffizienter Muskulatur nach Implantation einer inversen Prothese bessere Resultate erreicht werden können. Die Ergebnisse können deshalb etwas vereinfacht dahingehend interpretiert werden, dass die schlechteste Funktion nach Implantation einer Kopfprothese bei den Frakturtypen 3 und 4 nach Boileau zu verzeichnen ist. Wird bei dieser Indikationsgruppe dagegen eine inverse Prothese implantiert, so ist eine Steigerung im Constant-Score um mehr als 10 Punkte möglich. Die Ergebnisse nach Implantation einer anatomischen Prothese bei den Typen 1 und 2 liegen nochmals um 10–20 Punkte höher.

Es ist deshalb nahe liegend, bei leichteren posttraumatischen Zuständen, die zur Implantation der Prothese keine Osteotomie der fehlverheilten Tubercula erfordern (Typ 1 und 2 nach Boileau), eine anatomische Prothese zu implantieren. In schwereren Fällen dagegen (Typ 3 und 4) sollte eine inverse Prothese vorgezogen werden, unter der Voraussetzung, dass Patientenalter und Allgemeinzustand nicht dagegen sprechen. Umgekehrt sollte eine inverse Prothese wegen der bekannten Problematik des Skapulanotchings [36,40] und der daraus resultierenden begrenzten Standzeit nicht eingesetzt werden, wenn die Implantation einer anatomischen Prothese möglich ist.

Interessenkonflikt: Nein

Literatur

- Boileau P, Trojani C, Chuinard C. Latissimus dorsi and teres major transfer with reverse total shoulder arthroplasty for a combined loss of elevation and external rotation. *Techniques Shoulder Elbow Surg* 2007; 8: 13–22
- Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I. The Grammont reverse shoulder prosthesis: Results in cuff tear arthritis, fracture sequelae and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; 15: 527–540
- Boileau P, Chuinard C, Le Huec JC, Walch G, Trojani C. Proximale humerus fracture sequelae: impact of a new radiographic classification on arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 442: 121–130
- Boileau P, Trojani C, Walch G, Krishnan SG, Romeo A, Sinnerton R. Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10: 299–308
- Boileau P, Walch G. The surgical anatomy and osteotomy technique for the humeral head. In: Walch G, Boileau P, eds. *Shoulder arthroplasty*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1999: 105–123
- Boileau P, Walch G, Trojani C, Sinnerton R, Romeo AA, Veneau B. Sequelae of fractures of the proximal humerus: surgical classification and limits of shoulder arthroplasty. In: Walch G, Boileau P, eds. *Shoulder arthroplasty*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1999: 349–358
- Boileau P, Walch G, Trojani C, Veneau B, Sinnerton R. Sequelae of fractures of the proximal humerus: results of shoulder arthroplasty without greater tuberosity osteotomy. In: Walch G, Boileau P, eds. *Shoulder arthroplasty*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1999: 359–369
- Boileau P, Trojani C, Walch G, Sinnerton R, Habermayer P. Sequelae of fractures of the proximal humerus: results of shoulder arthroplasty with greater tuberosity osteotomy. In: Walch G, Boileau P, eds. *Shoulder arthroplasty*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1999: 371–379
- Bosch U, Skutek M, Fremerey RW, Tscherne H. Outcome after primary and secondary hemiarthroplasty in elderly patients with fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 1998; 7: 479–484
- Brunner U, Boileau P, Köhler S. Ergebnisse und Konsequenzen in der Prothetik aus einer großen Multizenterstudie. In: Lill H, Hrsg. *Die proximale Humerusfraktur*. Stuttgart, New York: Thieme; 2006: 163–180
- Buquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four part fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg [Br]* 2007; 89: 516–520
- De Wilde LF, Audenaert EA, Berghs BM. Shoulder prosthesis treating cuff tear arthropathy: a comparative biomechanical study. *J Orthopaedic Research* 2004; 22: 1222–1230
- Favard L, Le Du C, Bicknell R, Sirveaux F, Levigne C, Boileau P, Molé D, Walch G. Reverse prosthesis for cuff tear arthritis (Hamada IV and V) without previous surgery. In: Walch G et al., eds. *Nice shoulder course: reverse shoulder arthroplasty*. Montpellier: Sauramps medical; 2006: 113–123
- Frankle MA, Ondrovic LE, Markee BA, Harris ML, Lee WE. Stability of tuberosity reattachment in proximal humeral hemiarthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 413–420
- Habermayer P, Magosch P. Sekundäre Frakturprothetik. In: Lill H, Hrsg. *Die proximale Humerusfraktur*. Stuttgart, New York: Thieme; 2006: 150–162
- Habermayer P. Endoprothetik. In: Habermayer P, Hrsg. *Schulterchirurgie*. München, Jena: Urban und Fischer; 2002: 497–553
- Hedtmann A, Heers G. Prinzipien der Schulterendoprothetik. *Orthopäde* 2001; 30: 354–362
- Hennigan SP, Ianotti JP. Instability after prosthetic arthroplasty of the shoulder. *Orthop Clin North Am* 2001; 32: 649–659
- Irlenbusch U, Gebhardt K, Rott O, Werner A. Rekonstruktion des Humeruskopfzentrums in Abhängigkeit vom Prothesendesign. *Z Orthop Unfall* 2008; 146: 211–217
- Irlenbusch U, Fuhrmann U, Rott O. Ergebnisse der inversen Schulterendoprothese bei Rotatorendefektarthropathie, „chronischer Traumaschulter“ und Endoprothesenwechsel. *Orthop Praxis* 2008; 44: 111–121
- Irlenbusch U, Irlenbusch L. Aktueller Stand der Schulterendoprothetik. *Z Orthopädie Unfallchirurgie up2date* 2007; 4: 280–304
- Jerosch J, Heisel J. Postoperative Defektzustände. In: Jerosch J, Heisel J, Hrsg. *Schulterendoprothetik*. Darmstadt: Steinkopf; 2002: 45–46
- Jouve F, Wall B, Walch G. Revision of shoulder hemiarthroplasty with reverse prosthesis. In: Walch G et al., eds. *Nice shoulder course: reverse shoulder arthroplasty*. Montpellier: Sauramps medical; 2006: 217–228
- Löhr JF, Flören M, Schwyzer HK, Simmen BR, Gschwensend N. Schulterinstabilität nach primärem Schultergelenkersatz. *Orthopäde* 1998; 27: 571–575
- Mansat P, Guity MR, Bellumore Y, Mansat M. Shoulder arthroplasty for late sequelae of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 305–312
- Martin SD, Zurakowski D, Thornhill TS. Uncemented glenoid component in total shoulder arthroplasty. Survivorship and outcomes. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005; 87: 1284–1292
- Mileti J, Boardman 3rd ND, Sperling JW, Cofield RH, Torchia ME, O'Driscoll SW, Rowland CM. Radiographic analysis of polyethylene glenoid components using modern cementing techniques. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 492–498
- Molé D, Navez G, Turell P, Roche O, Sirveaux F. Reversed prostheses for massive cuff tear without gleno-humeral osteoarthritis. In: Walch G et al., eds. *Nice shoulder course: reverse shoulder arthroplasty*. Montpellier: Sauramps medical; 2006: 125–132
- Neer CS, Watson KC, Stanton FJ. Recent experience in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg [Am]* 1982; 64: 319–337
- Neumann K, Muhr G, Breitfuß H. Primärer Kopfersatz der dislozierten Oberarmkopffraktur. *Orthopäde* 1992; 21: 140–147
- Roberts CC, Ekelund AL, Renfree KF, Liu PT, Chew FS. Radiologic assessment of reverse shoulder arthroplasty. *Radiographics* 2007; 27: 223–235
- Sanchez-Sotelo J, Cofield RH, Rowland CM. Shoulder hemiarthroplasty for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. *J Bone Joint Surg [Am]* 2001; 83: 1814–1822
- Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E, Helmy N, Gerber C. Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg [Am]* 2007; 89: 588–600

- 34 *Simovitch RW, Naeder H, Zumstein MA, Gerber C.* Impact of fatty infiltration of the teres minor muscle on the outcome of reverse total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg [Am]* 2007; 89: 934–939
- 35 *Sirveaux F, Navez G, Favard L, Boileau P, Walch G, Mole D.* Reverse prosthesis for acute proximal humerus fracture, the multicentric study. In: Walch G et al., eds. *Nice shoulder course: reverse shoulder arthroplasty.* Montpellier: Sauramps medical; 2006; 73–80
- 36 *Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Mole D.* Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg [Br]* 2004; 86: 388–395
- 37 *Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM.* Minimum fifteen-year follow-up of Neer hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in patients aged fifty years or younger. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 604–613
- 38 *Topolski MS, Chin PY, Sperling JW, Cofield RH.* Revision shoulder arthroplasty with positive cultures: the value of preoperative studies and intraoperative histology. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; 15: 402–406
- 39 *Trojani C et al.* Sequelae of fractures of the proximal humerus: surgical classification. In: Walch G, Boileau P, Molé D, eds. *2000 shoulder prostheses... two to ten year follow-up.* Montpellier: Sauramps medical; 2001: 271–277
- 40 *Valentini PH, Boutens D, Nerot C.* Delta 3 reversed prosthesis for osteoarthritis with massive rotator cuff tear: long-term results (≥ 5 years). In: Walch G, Boileau P, Molé D, eds. *Prothèses d'épaule... recul de 2 à 10 ans.* Paris: Sauramps medical; 2001: 253–259
- 41 *Walch G, Boileau P.* Presentation of the multicentric study. In: Walch G, Boileau P, Molé D, eds. *2000 shoulder prosthesis... two to ten year follow-up.* Montpellier: Sauramps medical; 2001: 13–20
- 42 *Wall B, Nové-Josserand L, O'Conner DP, Edwards B, Walch G.* Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg [Am]* 2007; 89: 1476–1485
- 43 *Wall B, Walch G, Jouve F, Mottier F.* The reverse shoulder prosthesis for revision of failed total shoulder arthroplasty. In: Walch G et al., eds. *Nice shoulder course: reverse shoulder arthroplasty.* Montpellier: Sauramps medical; 2006: 231–242
- 44 *Werner CM, Steinmann PA, Gilbert M, Gerber C.* Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005; 87: 1476–1486
- 45 *Yian EH, Werner CM, Nyffeler RW, Pfirrmann CW, Ramappa A, Sukthankar A, Gerber C.* Radiographic and computed tomography analysis of cemented pegged polyethylene glenoid components in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005; 87: 1928–1936

