Sekundäre posttraumatische Schulterendoprothetik

Prothesenwahl und funktionelles Outcome

Dislozierte proximale Humeruskopffrakturen stellen eine Herausforderung für den Operateur dar. Dabei gehen insbesondere dislozierte osteoporotische 3- und 4-Fragment-Frakturen mit einer hohen Komplikationsrate zwischen 20 und 40% nach primärer Osteosynthese einher [7, 12, 16, 18, 20, 23]. Dementsprechend häufig sind Revisionsoperationen notwendig, deren Prävalenz innerhalb einer Metaanalyse mehrerer Studien zu komplexen proximalen Humerusfrakturen bei 14% [18] und in einer Multizenterstudie bei 19% lag [20]. Dabei sind neben Reosteosynthesen auch prothetische Versorgungen notwendig, insbesondere wenn aufgrund von Humeruskopfnekrosen die anatomische Geometrie des Humeruskopfs beeinträchtigt und somit eine physiologische glenohumerale Gelenkführung eingeschränkt oder sogar komplett aufgehoben sind ([15, 20], **Abb. 1**). Folgende Faktoren können eine Indikation für eine sekundäre Prothetik der Schulter sein:

- Humeruskopfnekrose oder -partialnekrose
- Glenohumerale knöcherne Destruktion der Gelenkpartner (beispielsweise durch implantatbedingte mechanische Komplikationen wie Schraubenperforationen nach Osteosynthese)
- Fehlverheilte Fragmente
- Symptomatische Knorpelläsionen
- Rotatorenmanschettschäden mit fehlerhafter Gelenkführung (beispielsweise Humeruskopfhochstand)
- Chronische Luxation bzw. Subluxation
- Subkapitale/kapitale Pseudarthrosen

Insbesondere die knöchernen Frakturfolgen mit glenohumeraler Destruktion stehen häufig im Vordergrund der sekundären Frakturprothetik. Boileau et al. nahmen sich dieser Problematik mit einer bis heute gültigen Klassifikation an ([2], **Abb. 2**). Die Prothesenwahl zur Versorgung der Folgepathologien hängt dabei von der jeweiligen individuellen Situation des Patienten auf der einen und dem vorliegenden klinischen und radiologischen Befund der betroffenen Schulter auf der anderen Seite ab.

Sekundäre anatomische Prothetik

Im Gegensatz zur inversen Prothetik (s. unten) ist die Grundvoraussetzung für den Einsatz der anatomischen Prothese eine intakte Rotatorenmanschette, um die suffiziente Gelenkführung zu gewährleisten. Die anatomische Prothetik kann prinzipiell in

- Schaftprothesen,
- schaftfreie Humeruskopfprothesen (metaphysär verankerte Prothesen) und
- Cup-Prothesen (Oberflächenersatz)

unterschieden werden.

Die verschiedenen anatomischen Implantate können abhängig vom knöchernen Destruktionsgrad und vom Kopf-Schaft-Winkel (Boileau Typ I, oberflächlich subchondral oder metaphysär, varisch-valgisch impaktiert) zum Einsatz kommen, so lange die Tuberkel erhalten sind und die Rotatorenmanschette intakt

ist (**Abb. 3**). Alternativ zu den Schaftprothesen können im Fall von Schaftdeformitäten oder pathologischen Stellungsverhältnissen zwischen Humeruskopf und -schaft schaftfreie Humeruskopfprothesen gewählt werden. Bei der anatomischen Prothetik zur Versorgung von Kopfdeformitäten kommt der Stellung der Tuberkel eine Schlüsselrolle zu [21].

Innerhalb der Literatur finden sich unterschiedliche Ergebnisse nach sekundärer (posttraumatischer) anatomischer Prothetik.

Abb. 1 ▲ Sekundär dislozierte proximale Humerusfraktur nach initialer Plattenosteosynthese einer 4-Fragment-Fraktur mit begleitender Humeruskopfnekrose und nachfolgender intraartikulärer Schraubenlage

Abb. 2 ▲ Einteilung posttraumatischer Residuen des Humeruskopfs nach Boileau et al. [2]

Abb. 3 ▲ a Nekrose der Humeruskopfkalotte nach primärer fehlgeschlagener Osteosynthese, weitestgehend auf den metaphysären Bereich medial des Collum anatomicum unter Erhalt der Tuberkel beschränkt, **b** nach Versorgung mittels anatomischer Prothese

Proximale Humeruskopffraktur

Pape et al. [11] publizierten ein Kollektiv von 25 Patienten nach initialer proximaler Humeruskopffraktur, welche mit einem schafftfreien Oberflächenersatz behandelt wurden. Nach im Mittel 31 Monaten fand sich ein durchschnittlicher Con-

stant-Score von 55 Punkten. Lediglich ein Fall musste nach 2 Jahren aufgrund einer sekundären Rotatorenmanschettenruptur nochmals revidiert und auf ein inverses System konvertiert werden. Ansonsten fanden sich keine Komplikationen innerhalb des untersuchten Kollektivs. Auffällig war zusätzlich, dass die präoperativ val-

gisch impaktierten Frakturfehlstellungen postoperativ signifikant bessere Ergebnisse hinsichtlich Flexion und Abduktion gegenüber den präoperativ varisch impaktierten Fehlstellungen aufwiesen [11].

Humeruskopfnekrose

Raiss et al. [14] fanden innerhalb einer Studie mit 17 Patienten mit Humeruskopfnekrosen, welche mit einem anatomischen Gelenkersatz versorgt wurden, einen durchschnittlichen Constant-Score von 31 Punkten prä- auf 62 Punkte postoperativ innerhalb eines mittleren Nachuntersuchungsintervalls von 3 Jahren. Dabei zeigten sich die klinischen Werte der Patienten mit Zustand nach traumatischer Genese der Humeruskopfnekrose signifikant schlechter als bei den Patienten ohne traumatisch bedingte Nekrose. Radiologische Anzeichen auf Implantatlockerungen wurden im Verlauf nicht beobachtet.

Posttraumatische glenohumerale Destraktion

Die Daten von Pape et al. [11] und Raiss et al. [14] zeigen, dass die jeweilige Genese (traumatisch vs. degenerativ) und die daraus resultierende humerale knöcherne Geometrie des Humeruskopfs einen entscheidenden Einfluss auf das klinische Endergebnis nach anatomischer Prothesenversorgung haben. Dies wurde durch die Studie von Boileau et al. [3] zusätzlich bestätigt, welche ein Kollektiv von 71 Patienten mit posttraumatischer glenohumeraler Destraktion beschrieben, die sekundär endoprothetisch versorgt wurden. Dabei fanden sich innerhalb Gruppe 1 (intrakapsuläre Kopfdestruktion, „Boileau fracture sequelae“, Boileau-Typen 1 und 2, s. oben) deutlich bessere klinische Ergebnisse im Constant-Score als in Gruppe 2 (extrakapsuläre Kopfdestruktion Boileau-Typen 3 und 4, s. oben, [3]). Aus derselben Arbeitsgruppe wurden 2012 von Moineau et al. [9] gute Ergebnisse nach Boileau-Typ-1-Frakturen beschrieben, welche mit einer anatomischen Prothese versorgt wurden. Dabei zeigten Patienten, deren Frakturfolgen mit Kopfdeformitäten einhergingen, einen um 10 Punkte schlechteren Constant-Score-Wert nach prothetischer Versorgung als ohne Deformitäten.

Hill-Sachs-Defekt

Auch nach einer verhakten Schulterluxation mit Hill-Sachs-Delle ist, abhängig von der Größe des Defekts, eine Versorgung mit anatomischer Prothetik möglich, solange die Rotatorenmanschette intakt ist. Dabei zeigte sich bei 10 Patienten (durchschnittliches Alter: 67 Jahre, Altersspanne: 51 bis 75 Jahre) mit verhakter anteriorer Luxation und einer durchschnittlichen Defektgröße von 21% unter Verwendung von 2 verschiedenen Cup-Prothesen ohne gleichzeitigen Glenoidersatz ein guter durchschnittlicher Constant-Score-Wert von 61 Punkten nach durchschnittlich 24 Monaten, bei allerdings 2 Komplikationen [Glenoiderosion mit nachfolgender Implantation einer TEP (Totalendoprothese), Reluxation mit nachfolgender Revision und Refixation des M. subscapularis; [13]]. Die Autoren wiesen jedoch darauf hin, dass bei jüngeren Patienten <50 Jahre auch über eine knöcherne Augmentation mit Beckenkammspan nachgedacht werden kann.

Prinzipiell sollten jedoch bei solchen Hill-Sachs-Defekten zunächst die Evaluation und Adressierung eines evtl. vorliegenden anterioren glenoidalen Defekts im Vordergrund des therapeutischen Vorgehens stehen. Ist das Glenoid intakt und besteht trotz allem ein rezidivierendes Einhängen am vorderen Pfannenrand durch den Hill-Sachs-Defekt, sollte u. E. selbst noch beim älteren Patienten bis 70 Jahre abhängig von der Defektgröße eine autologe knöcherne Augmentation in Betracht gezogen werden, solange nicht zusätzlich eine ausgeprägte Omarthrose vorliegt und die Rotatorenmanschette intakt ist. Besteht jedoch eine chronisch verhakete Luxation, ist nicht selten die Rotatorenmanschette zusätzlich beeinträchtigt, sodass ein prothetischer Ersatz mit einem inversen System notwendig wird (s. unten).

Posttraumatische inverse Prothetik

Indikation

Können anatomische Prothesen aufgrund eines Rotatorenmanschettenschadens oder im Falle dislozierter Tuberkel (Boi-

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 1]:107–111 DOI 10.1007/s10039-013-2029-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

M. Königshausen · J. Gessmann · T.A. Schildhauer · D. Seybold

Sekundäre posttraumatische Schulterendoprothetik. Prothesenwahl und funktionelles Outcome

Zusammenfassung

Indikation. Dislozierte proximale Humerusfrakturen gehen nach einer Osteosynthese nicht selten mit erheblichen Komplikationen wie Repositionsverlust, Fragmentdislokation, Pseudarthrosen oder Humeruskopfnekrosen einher. Auch nach konservativem Vorgehen mit Fehlstellungen von Humeruskopf- oder bei chronischen Luxationen kann häufig ein prothetischer Ersatz erforderlich sein, um eine schmerzarme Schulterfunktion zu gewährleisten.

Therapiewahl. Sie hängt zum einen von der knöchernen Geometrie im posttraumatischen Zustand, zum anderen von der Qualität der Rotatorenmanschette ab. Prinzipiell sollte jedoch versucht werden, bei Osteosyntheseversagen zeitnah zur primären Opera-

tion eine Reosteosynthese durchzuführen. Ist dies nicht möglich, bieten sich anatomische Prothesen oder bei vorliegendem Rotatorenmanschettenschaden die Versorgung mit einer inversen Prothese an. Insbesondere bei glenoidalem Knochenverlust kann die Implantation einer Endoprothese aufgrund der mangelnden Verankerungsmöglichkeit erschwert sein, was Knochengraftaugmentationen notwendig machen kann.

Outcome. Innerhalb der Literatur finden sich v. a. bezüglich der Sekundärendoprothetik teilweise hohe Komplikationsraten.

Schlüsselwörter

Schulter · Knochenfrakturen · Glenoiddefekt · Osteosynthese · Prothese

Secondary posttraumatic shoulder arthroplasty. Implant choice and clinical outcome

Abstract

Indications. Displaced proximal humerus fractures after osteosynthesis are frequently associated with complications, such as loss of reduction, displaced fragments, non-union or avascular necrosis of the humeral head. In addition, after non-operative treatment with malunion of fractures of the humeral head or in chronic shoulder dislocations, a prosthetic replacement can be necessary in order to achieve a painless shoulder function.

Choice of therapy. In these cases the choice of implant depends on the posttraumatic glenohumeral bone situation on the one hand

and on the quality of the rotator cuff on the other. Especially in cases of glenoid bone loss an implanted prosthesis can be difficult to anchor, which can involve augmentation of the glenoid defect using a bone graft.

Outcome. In particular, secondary or revision arthroplasty was found in the literature to be sometimes associated with high rates of complications.

Keywords

Shoulder · Bone fractures · Glenoid bone loss · Osteosynthesis · Prosthesis

leau-Typ 4, ■ Abb. 1) nicht mehr verwendet werden, besteht als letzte Möglichkeit zur Gewährleistung einer ausreichenden Schulterfunktion lediglich die Implantation einer inversen Prothese (■ Abb. 4). Zwar wird diese auch bei frischen komplexen proximalen Humerusfrakturen im Sinne der Primärprothetik verwendet [22], die Hauptindikation stellen jedoch Frakturfolgen und degenerative Rotatorenmanschettenschäden (Cuff-Tear-Arthropathien, CTA) dar. In der Regel beschränkt sich die Notwendigkeit eines solchen Salvage-Implantats eher auf Patienten in fortgeschrittenem Alter (>70 Jahre). Bei ausgedehnten Defektsituationen kann

jedoch auch beim jüngeren Patienten gerade in der posttraumatischen Situation die Implantation einer inversen Prothese unvermeidbar sein, sollten andere therapeutische Alternativen ausscheiden.

Outcome

Die Ergebnisse inverser Prothesen in der Behandlung von Frakturfolgen innerhalb der Literatur sind vor dem Hintergrund der zugrundeliegenden Pathologie verglichen mit den präoperativen Ergebnissen insgesamt zufriedenstellend, gewährleistet doch dieses Implantat selbst bei ausgeprägten Destruktionen noch ein Min-

Abb. 4 ▲ Patient mit fehlgeschlagener Plattenosteosynthese mit Schraubenperforation und Humerkopfnekrose (a), im Verlauf aufgrund zusätzlich defekter Rotatorenmanschette und nekrotischem Tuberculum minus Versorgung mit inverser Prothese erforderlich (b)

destmaß an Schulterbeweglichkeit. Dabei stehen die klinischen Ergebnisse mit der jeweiligen präoperativen Ätiologie in Zusammenhang.

Revision vs. primäre Versorgung

Stechel et al. [19] fanden in der Gruppe der posttraumatischen Revisionsprothetik einen durchschnittlichen Constant-Score-Wert von 48 Punkten gegenüber der Wechselfrothetik mit 54 Punkten und der primären Versorgung von CTA mit 74 Punkten. Innerhalb dieses Kollektivs ergab sich eine Revisionsrate von 25% (15/59 Patienten). Die betreffenden 15 Patienten fanden sich entweder in der Gruppe der posttraumatischen Genese oder der Gruppe mit initialem primärem Prothesenversagen. Auch die Infektionen wurden lediglich innerhalb dieser beiden Gruppen und nicht in der Gruppe der primären Prothetik bei CTA beobachtet.

Diese Ergebnisse wurden auch durch andere Autoren bestätigt. Boileau et al. [4] untersuchten ein Kollektiv von 45 Patienten (24 Patienten: Prothesenrevision oder Frakturfolge; 21 Patienten: CTA) nach durchschnittlich 40 Monaten und beobachteten ebenfalls innerhalb der Gruppe der Revisionen 47% Komplikationen gegenüber der Gruppe der CTA mit nur

5% Komplikationen. Auch die Infektionen betrafen ausschließlich Revisionsfälle. In einer umfassenden Analyse an 186 Patienten mit inverser Prothese unterschiedlicher Ätiologie aus dem Jahr 2007 konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Patienten mit präoperativ posttraumatischen Zuständen und Revisionsfällen neben einer höheren Komplikationsrate auch ein schlechteres klinisches Ergebnis aufweisen. Das Risiko einer Komplikation in der Folge der Revisionschirurgie war dabei signifikant größer (36,7%) als dasjenige nach endoprothetischer Primärversorgung (13,3%) [25].

Vorgehen bei Knochendefekten

Nicht selten findet man in der posttraumatischen Situation glenoidale oder humerale Knochendefekte. Letztere sind in der Regel mit der inversen Prothese gut beherrschbar, sind doch in diesen Fällen knöcherne Aufbauten mit einem Auto- oder Allograft nicht notwendig und die Schaftverankerung in der Regel mit langen Schaftmodellen sicher durchführbar. Entscheidend ist in solchen Situationen, die Humeruslänge mit Hilfe der gesunden Gegenseite zu bestimmen, um Instabilitäten und Luxationen im weiteren Verlauf zu verhindern [8].

Schwieriger wird es beim glenoidalen Knochenverlust, da hier nur begrenzt Knochensubstanz zur Verankerung der Basisplatte zur Verfügung steht. Für seine Klassifizierung sind verschiedene Einteilungen verfügbar, wobei diejenige von Walch et al. [24] bei arthrosebedingten Defekten international anerkannt ist. Posttraumatische Defekte dagegen können nach der übersichtlichen Einteilung von Antuna et al. [1] klassifiziert werden. Im Gegensatz zu zentralen Defekten, welche mit Spongiosa aufgefüllt werden können, müssen periphere oder kombinierte Defekte (peripher und zentral) mit Hilfe eines knöchernen Allo- oder Autografts aufgebaut werden, um eine sichere Verankerung der Basisplatte zu gewährleisten [10] und auch das Drehzentrum der Prothese nicht durch planes Defektrösen bis in die Tiefe zu medialisieren, was zu schlechter klinischer Funktion und auch Instabilitäten der glenohumeralen Komponenten führen kann. Das zweizeitige Vorgehen im Sinne des knöchernen Glenoidaufbaus in einer ersten Operation mit Verzicht auf die Implantation der glenoidalen Komponente, jedoch mit Einsetzen der humeralen Komponente zeigt schlechtere klinische Ergebnisse und hohe Raten an Graftresorptionen [6]. Eigene Daten ergaben, dass unter Verwendung von Basisplatten mit langen zentralen Zapfen und gleichzeitig sekundär winkelstabilen Schrauben innerhalb der Basisplatte eine ausreichende Primärstabilität erzielt werden kann, um in einem einzeitigen Verfahren den Knochenspan unter der Basisplatte im Defektbett zu sichern und im Verlauf knöchern zu integrieren [17]. Neyton et al. [10] fanden im einzeitigen Vorgehen bei 9 Patienten mit Spanaugmentaion und inverser Prothese keine radiologischen Lockerungszeichen mit guten klinischen Ergebnissen. Bei größeren kombinierten Defekten bietet sich neben der Spanaugmentaion auch die Möglichkeit der sog. BIO-RSA („bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty“) nach Boileau et al. [5] an. Hierbei wird das Glenoid bis zu einer planen Fläche heruntergefräst und anschließend mit einem Knochenblock aus dem Humerus oder Beckenkamm unter der Basisplatte im selben Durchmesser augmentiert und der Drehpunkt somit wieder lateralisiert.

Abschließend ist jedoch nicht geklärt, ab welcher Defektgröße und bei welchem Defekttyp zwingend aufgebaut werden muss, was Gegenstand zukünftiger Studien sein wird.

Fazit für die Praxis

- Nicht selten ist aufgrund von Frakturfolgen an der Schulter im weiteren Verlauf die Implantation einer Prothese notwendig, sei es aufgrund fehlverheilte Humeruskopffragmente nach konservativem Vorgehen, fehlgeschlagener Osteosynthesen oder chronischer Luxationen.
- Die Prothesenwahl orientiert sich am Zustand der Rotatorenmanschette und der Stellung der Tuberkel, auch das Alter sollte bei diesen Erwägungen, wenn möglich, eine Rolle spielen, ist doch die inverse Prothese nicht selten die letzte Möglichkeit zur Gewährleistung einer Restfunktion der betroffenen Schulter mit in der Regel deutlicher Schmerzlierung im Verhältnis zum präoperativen Zustand.
- In der Revisionssituation finden sich gerade im posttraumatischen Zustand eine deutlich erhöhte Komplikationsrate nach Sekundärimplantation. Dieses erhöhte Komplikationsrisiko mit eventuell sich daraus ergebender Revision ist im Vorfeld einer solchen Operation im klinischen Alltag mit den betroffenen Patienten umfassend zu besprechen.
- Insgesamt ist die Sekundärprothetik in der Traumafolge trotz erhöhter Komplikationen im Verhältnis zur Primärendoprothetik ein unersetzliches und validiertes Instrument innerhalb des schulterchirurgischen Spektrums.

Korrespondenzadresse

Dr. M. Königshausen

Chirurgische Universitäts- und Poliklinik,
BG-Universitätsklinikum Bergmannsheil,
Ruhr-Universität Bochum,
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum
matthias.koenigshausen@gmail.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Königshausen, J. Gessmann, T.A. Schildhauer und D. Seybold geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Antuna SA, Sperling JW, Cofield RH et al (2001) Glenoid revision surgery after total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 10:217–224. DOI 10.1067/mse.2001.113961
2. Boileau P, Walch G, Trojani C et al (1998) Sequelae of fractures of the proximal humerus: surgical classification and limits of shoulder arthroplasty. In: Walch G, Boileau P (Hrsg) *Shoulder arthroplasty*. Springer, Berlin Heidelberg New York
3. Boileau P, Trojani C, Walch G et al (2001) Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 10:299–308. DOI 10.1067/mse.2001.115985
4. Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM et al (2006) Neer Award 2005: the Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 15:527–540. DOI 10.1016/j.jse.2006.01.003
5. Boileau P, Moineau G, Roussanne Y et al (2011) Bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty: minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res* 469:2558–2567. DOI 10.1007/s11999-011-1775-4
6. Cheung EV, Sperling JW, Cofield RH (2007) Reimplantation of a glenoid component following component removal and allogenic bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am* 89:1777–1783. DOI 10.2106/JBJS.F.00711
7. Clavert P, Adam P, Bevort A et al (2010) Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 19:489–494. DOI 10.1016/j.jse.2009.09.005
8. Ladermann A, Williams MD, Melis B et al (2009) Objective evaluation of lengthening in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 18:588–595. DOI 10.1016/j.jse.2009.03.012
9. Moineau G, McClelland WB Jr, Trojani C et al (2012) Prognostic factors and limitations of anatomic shoulder arthroplasty for the treatment of post-traumatic cephalic collapse or necrosis (type-1 proximal humeral fracture sequelae). *J Bone Joint Surg Am* 94:2186–2194. DOI 10.2106/JBJS.J.00412
10. Neyton L, Boileau P, Nove-Josserand L et al (2007) Glenoid bone grafting with a reverse design prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 16:571–578. DOI 10.1016/j.jse.2006.02.002
11. Pape G, Zeifang F, Bruckner T et al (2010) Humeral surface replacement for the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 92:1403–1409. DOI 10.1302/0301-620X.92B10.24316
12. Plecko M, Kraus A (2005) Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate. *Oper Orthop Traumatol* 17:25–50. DOI 10.1007/s00064-005-1120-8
13. Raiss P, Aldinger PR, Kasten P et al (2009) Humeral head resurfacing for fixed anterior glenohumeral dislocation. *Int Orthop* 33:451–456. DOI 10.1007/s00264-007-0487-6
14. Raiss P, Kasten P, Baumann F et al (2009) Treatment of osteonecrosis of the humeral head with cementless surface replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 91:340–349. DOI 10.2106/JBJS.H.00560
15. Roderer G, Erhardt J, Kuster M et al (2011) Second generation locked plating of proximal humerus fractures – a prospective multicentre observational study. *Int Orthop* 35:425–432. DOI 10.1007/s00264-010-1015-7
16. Schliemann B, Siemoneit J, Theisen C et al (2012) Complex fractures of the proximal humerus in the elderly – outcome and complications after locking plate fixation. *Musculoskelet Surg [Suppl 1]* 96:S3–S11. DOI 10.1007/s12306-012-0181-8
17. Seybold D, Königshausen M, Jettkant B et al (2012) Einfluss der Glenosphärenbasisplatten-Peg-Länge auf die primäre Fixationsstabilität bei Glenoidaufbauten in der Revisionsschulterendoprothetik. P71. 19. Jahresskongress der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) e.V., 10. bis 12.05.2012, Berlin
18. Sproul RC, Iyengar JJ, Devic Z et al (2011) A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury* 42:408–413. DOI 10.1016/j.injury.2010.11.058
19. Stechel A, Fuhrmann U, Irlenbusch L et al (2010) Reversed shoulder arthroplasty in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *Acta Orthop* 81:367–372. DOI 10.3109/17453674.2010.487242
20. Sudkamp N, Bayer J, Hepp P et al (2009) Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am* 91:1320–1328. DOI 10.2106/JBJS.H.00006
21. Tauber M, Karpik S, Matis N et al (2007) Shoulder arthroplasty for traumatic avascular necrosis: predictors of outcome. *Clin Orthop Relat Res* 465:208–214. DOI 10.1097/BLO.0b013e318159cb7a
22. Valenti P, Katz D, Kilinc A et al (2012) Mid-term outcome of reverse shoulder prostheses in complex proximal humeral fractures. *Acta Orthop Belg* 78:442–449
23. Voigt C, Geisler A, Hepp P et al (2011) Are polyaxially locked screws advantageous in the plate osteosynthesis of proximal humeral fractures in the elderly? A prospective randomized clinical observational study. *J Orthop Trauma* 25:596–602. DOI 10.1097/BOT.0b013e318206eb46
24. Walch G, Badet R, Boulahia A et al (1999) Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty* 14:756–760
25. Wall B, Nove-Josserand L, O'Connor DP et al (2007) Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am* 89:1476–1485. DOI 10.2106/JBJS.F.00666