

F. Reuther<sup>1</sup>, U. Prange<sup>1</sup>, K. Schmitz<sup>1</sup>, K. Helms<sup>1</sup>

# Fraktarendoprothetik bei Oberarmkopffrakturen

## *Shoulder arthroplasty for acute fractures of the proximal humerus*

**Zusammenfassung:** Die Behandlung der komplexen proximalen Humerusfraktur beim älteren Patienten wird weiterhin kontrovers diskutiert. Die Optionen reichen von konservativer Therapie über minimal osteosynthetische Verfahren, offene winkelstabile Verplattungen, Nagelungen bis zur prothetischen Versorgung. Bei Patienten mit nicht rekonstruierbarer Humeruskopffraktur und intakter Rotatorenmanschette wird weiterhin die Fraktur-Hemiprothese zum Einsatz kommen. Wegen der oft nicht befriedigenden funktionellen Ergebnisse nach Fraktur-Hemiprothesen bei Patienten über 75 Jahren wird inzwischen die Indikation zur primären Inversen Frakturprothese eher gestellt. Spezielle Prothesendesigns bei Inversen Frakturprothesen könnten die Probleme und Komplikationen wie Notching am Skapulahals und eingeschränkte Rotationsfähigkeit lösen. Die Wahl des verwendeten Prothesentyps wird von vorliegenden allgemeinen und lokalen Faktoren beim Patienten und der Erfahrung des Operateurs bestimmt.

**Schlüsselwörter:** modulare Humeruskopfprothese, proximale Humerusfraktur, Inverse Schulterprothese

**Abstract:** The treatment of complex proximal humeral fractures in elderly patients is a subject of controversial debate. Therapeutic options include conservative treatment, minimal invasive osteosynthesis like intramedullary nailing and open reduction and internal fixation with locking plates. Anatomic fracture prostheses should be deployed in cases of non-reconstructable proximal humeral fractures in patients under 75 years with an intact rotator cuff. The use of reverse fracture prostheses has recently become popular in patients older than 75 years due to the fair results after anatomic fracture-hemiprosthesis. The modification of the design of reverse fracture prostheses is believed to solve current problems and complications such as scapular notching and limited external rotation. Longer follow-up periods will clarify whether these expectations can be fulfilled. The final decision which type of prosthesis is the best option depends on individual patient related factors and the surgeon's expertise.

**Keywords:** modular humeral head arthroplasty, proximal humerus fracture, reverse shoulder prosthesis

### Einführung

Die Indikation zur endoprothetischen Versorgung bei nicht oder schwer rekonstruierbaren Humeruskopffrakturen des älteren Menschen mit Osteoporose wird auch in Zukunft zu stellen sein. Obwohl gerade im vergangenen Jahrzehnt eine Reihe von Hemiprothesen zur Frakturversorgung des proximalen Humerus entwickelt und vielfach eingesetzt wurde, haben sich die Erwartungen bezüglich des funktionellen Ergebnisses oft nicht erfüllt. Grund dafür sind nicht oder in Fehlstellung eingehheilte Tuberkula, aber auch eine insuffiziente Rotatorenmanschette. Deshalb werden seit einiger Zeit bei älteren Patienten bei schlechter Knochenqualität, zertrüm-

merten Tuberkula und degenerativ veränderter Rotatorenmanschette primär Inverse Frakturprothesen verwendet. Die frühen funktionellen Ergebnisse sind oft besser vorhersehbar als bei anatomischen Hemiprothesen und bisher ermutigend.

### Operative Verfahren der Behandlung von dislozierten Humeruskopffrakturen

Die Therapie bei dislozierten Humeruskopffrakturen wird kontrovers diskutiert. Schon die Beurteilung der Frakturmorphologie, die Klassifikation der Fraktur und der Grad der Osteoporose sind oft unzureichend vergleichbar [1].

Konservative Verfahren werden bei nicht oder gering dislozierten Frakturen, aber auch bei geringer Erwartung an das funktionelle Ergebnis empfohlen. Klare Entscheidungskriterien fehlen hier jedoch noch [2].

Die rekonstruktiven Verfahren haben durch den Einsatz winkelstabiler Implantate und verbesserter Operationstechniken große Verbreitung gefunden [3]. Gerade in letzter Zeit wird aber verstärkt auch auf die hohe Anzahl an Komplikationen hingewiesen, die bei Ausweitung der Indikation oder nicht adäquater Reposition eintreten können [4–6].

Welches Verfahren eingesetzt wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab [7]. Zunächst bestimmen die Fraktur

<sup>1</sup> DRK Kliniken Berlin, Köpenick, Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie  
DOI 10.3228/oup.2013.0238-0242

mit dem Grad der Dislokation und der Anzahl der Fragmente das Vorgehen. Die Entscheidung zur konservativen oder operativen Therapie wird in vielen Einrichtungen bei unklaren Befunden im konventionellen Röntgen nach einer CT-Untersuchung mit 3-D-Rekonstruktion gefällt. Neben den lokalen Faktoren sind das biologische Alter, Komorbiditäten wie Alkohol- und Nikotinmissbrauch, Diabetes, Rheuma und Steroid-einnahme sowie die Compliance zu berücksichtigen [8]. Für die kopferhaltende Therapie sind „predicting failure“ angegeben, die die anatomische Reposition, den Erhalt der medialen knöchernen Abstützung, den Schweregrad der Osteoporose und das Alter beinhalten [5]. Einfluss auf den Constant Score hatten bei Südkamp et al. Alter, Geschlecht, intraoperative und lokale Komplikationen, das gewählte Behandlungsverfahren und die anatomische Rekonstruktion [9].

### Stellenwert der Frakturprothese

Die prothetische Versorgung von Humeruskopffrakturen wurde Anfang des vergangenen Jahrzehnts vielfach propagiert. Eine große Zahl speziell für die Frakturversorgung entwickelter Hemiprothesen mit sehr unterschiedlichem Design versprach bei standardisierter Operationstechnik reproduzierbare Ergebnisse. Als Indikationen zur endoprothetischen Versorgung waren und sind weitgehend anerkannt [10]:

- Valgisch impaktierte 4-Fragmentluxationsfraktur des alten Patienten
- Dislozierte Mehrfragmentfraktur bei Osteoporose und schmaler Kalotte
- Nicht rekonstruierbare Head-split-Frakturen
- Impressionsfrakturen > 40 % Gelenkbeteiligung.

Prognose-relevante Kriterien zur Bestimmung des frakturinduzierten Ischämie- und Nekrosrisikos wurden zur Festlegung der primären Prothesenindikation vorgeschlagen und haben weite Verbreitung und Akzeptanz gefunden [11, 12]. Mit dem binären Codmann-LEGO-description-System werden von Hertel et al. Frakturmuster beschrieben, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu einer Humeruskopfnekrose führen und deshalb primär durch eine Endo-



**Abbildung 1a** Valgisch abgekippte 4-Part-Fraktur bei einem 73-jährigen männlichen Patienten.

prothese versorgt werden sollten. Zusätzliche Kriterien für eine prothetische Versorgung sind die Länge der postero-medialen Extension am Humeruskopf (< 8 mm) und eine fehlende Integrität der medialen Periostbrücke („medial hinge“) [13].

Robinson et al. [8] empfehlen bei nicht rekonstruierbarem Humeruskopf, fehlender Weichteilverbinding, vorderer Luxationsfraktur, erheblicher Valgusimpaktion mit fehlender medialer periostaler Verbindung und bei über 4 Wochen zurückliegender Mehrfragmentfraktur die primäre prothetische Versorgung.

Die funktionellen Ergebnisse nach primärer Frakturprothese sind eher nicht befriedigend [14–17]. Als Ursache wird meist die fehlende Einheilung der Tuberkula mit nachfolgender partieller oder totaler Resorption und Insuffizienz der Rotatorenmanschette angesehen. Die Erfahrungen des einzelnen Operateurs mit der Frakturprothetik des proximalen Humerus sind oft begrenzt. Dies stellt einen nicht zu unterschätzenden Faktor für das zu erwartende funktionelle Resultat dar [18]. Die Tendenz, unabhängig vom Alter des Patienten und dem Grad der Osteoporose, fast alle Frakturen mit einem winkelstabilen Implantat zu versorgen, hat die Zahl der Frakturprothesen in den eher osteosynthetisch-rekonstruktiv ausgerichteten Traumazentren zurückgehen lassen.



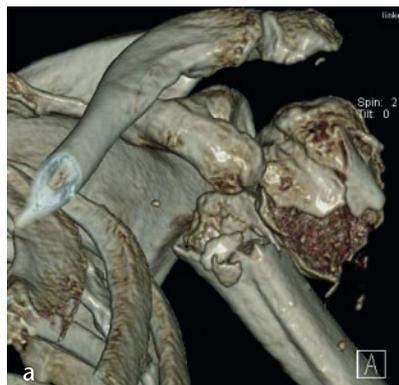
**Abbildung 1b** Modulare Frakturendoprothese 24 Monate p.o.

Verschiedene Prothesensysteme mit unterschiedlichen Philosophien und Designs sind zurzeit verfügbar [19]. Dabei werden unterschieden:

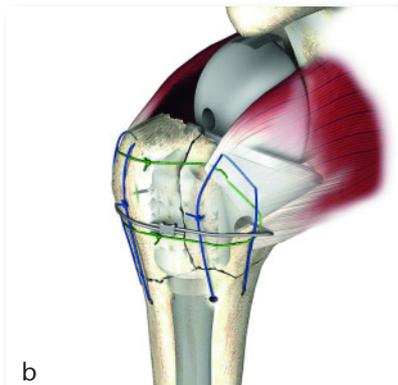
- Open-stem-Design (z.B. Aequalis-Frakturprothese, Fa. Tornier)
- Midsize-stem-Design (z.B. Univers-Frakturprothese, Fa. Arthrex)
- Full-body-stem-Design (z.B. Affinis Fracture, Fa. Mathys)

Der Einfluss des Prothesendesigns auf das Outcome wird unterschiedlich diskutiert. So sehen Loew et al. [20] keinen statistisch signifikanten Unterschied im funktionellen Ergebnis bei Verwendung einer Standard-Schulterprothese im Vergleich zu einer Frakturprothese, wobei die Einheilrate der Tuberkula bei der speziell zur Frakturversorgung entwickelten Hemiprothese verbessert werden konnte. Kralinger et al. [17] fanden in ihrer Multicenter-Studie einen Einfluss des verwendeten Prothesentyps auf die Einheilrate der Tuberkula. Ebenso hatte die Erfahrung des Operateurs Einfluss auf das Ergebnis, wobei ab einer Zahl von 15 Prothesen in dieser Serie die Tuberkula signifikant häufiger einheilten.

Die Art der Fixierung der Tuberkula wird ebenso kontrovers diskutiert und von den unterschiedlichen Designs verschieden unterstützt. Prinzipiell anerkannt ist die zirkuläre Führung eines nicht resorbierbaren Fadens oder eines Kabels durch den Hals der Prothese un-



**Abbildung 2a** Varisch dislozierte 4-Part-Frakturen mit Tuberkula-Zertrümmerung bei einer 78-jährigen Patientin.



**Abbildung 2b** Inverse Frakturprothese mit schematischer Darstellung der Refixationstechnik der Tuberkula.



**Abbildung 2c** Inverse Frakturprothese mit Readaptation der Tuberkula über Cable.

ter Einbeziehung der Tuberkula zur Verhinderung einer Derotation bei Drehung des Arms [21]. Unterschiedliche Ansichten existieren zum Stellenwert einer hohen Primärstabilität. Die Fixierung der Tuberkula mittels Kabel-Osteosynthese kann zur Durchblutungsminde- rung und sekundären Resorption führen. Besonders beim osteoporotischen Knochen mit mehrfragmentären Frakturen der Tuberkula sind der stabilen Fixierung biologische Grenzen gesetzt. Nijs et al. [12] favorisieren eine Kompressions-Osteosynthese der Tuberkula, die gegen das Mittelteil der modularen Frakturprothese gepresst werden. Krause et al. [22] verglichen die Refixation der Tuberkula bei verschiedenen Prothesentypen mit Fadenfixation versus Kabelverankerung und Spongiosaplastik. Die Verwendung eines speziell entwickelten Cables (Tubercable, Argomedical, Cham, Schweiz) brachte signifikant bessere Einheilraten und bessere funktionelle Ergebnisse. Dietz [23] zeigte signifikant höhere Einheilraten der Tuberkula bei Verwendung einer Kabel-Fixation im Vergleich zur Naht-Fixation bei einem Prothesentyp (s. Abb. 1a, b).

### Stellenwert der Inversen Frakturprothese

Die Ergebnisse der Fraktur-Hemiprothese bei älteren Patienten mit vorliegenden Komorbiditäten zeigen signifikant schlechtere Werte im Constant Score bei zunehmendem Lebensalter [24]. Deshalb wird der Einsatz einer Inversen Pro-

these seit einigen Jahren unter bestimmten Voraussetzungen empfohlen.

Ob diese Endoprothesen die in sie gesetzten Erwartungen jedoch erfüllen werden, lässt sich heute noch nicht abschließend beurteilen. Die bisherigen Erfahrungen und kurz- bis mittelfristigen Ergebnisse sind vielversprechend.

So fanden Sirveaux et al. [25] bei 47 Patienten in einer Nachuntersuchungszeit von 30 Monaten einen mittleren Constant Score von 55 Punkten und eine durchschnittliche Elevation von 120°; 89 % der Patienten waren schmerzfrei. Die Einheilrate für das Tuberkulum majus wurde mit 85 % angegeben, was sich unter anderem in einer verbesserten Außenrotation äußerte.

Cazeneuve et al. [26] beschreiben bei 36 Patienten mit einem mittleren Alter von 75 Jahren einen Rückgang der Ergebnisse im Constant Score nach 6,6 Jahren von 58 auf 53 Punkte im Vergleich zu einer vorherigen Untersuchung nach 6 Jahren. Als Ursache vermuten sie latente Infektionen, Impingement zwischen Skapulahals und humeraler Komponente und Mikrobewegungen der kaudalen Schraube. Als Konsequenz werden neue Prothesendesigns mit geänderten Oberflächen und eine an die Fraktur angepasste OP-Technik empfohlen [27].

In einer fortlaufenden Multicenterstudie mit Beteiligung von 5 Kliniken wurden seit 2008 insgesamt 43 Fälle (40 Frauen, 3 Männer) eingeschlossen, bei denen nach primärer Humeruskopffrakturen eine Affinis Fracture Inverse-Prothese (Fa. Mathys, Bettlach, Schweiz) implantiert wurde. Das mittlere Alter bei der

Operation betrug 79,8 Jahre (66,9–95,8). Nach der Neer-Klassifikation hatten 36 Patienten (84 %) eine 4-Part-Frakturen.

Für die Nachuntersuchung konnten 9 Patienten nicht länger eingeschlossen werden.

24 Patienten (22 Frauen, 2 Männer) wurden bisher nach mindestens 24 Monaten nachuntersucht. Im Constant Score wurden 65,5 Punkte, im alters- und geschlechtskorrigierten Constant Score 96,7 % erreicht. Die Visuelle Analogskala (VAS) für Schmerzen lag bei 1,9, die subjektive Zufriedenheit wurde mit einer VAS von 7,5 bestimmt. Im eher subjektiven ASES-Score erreichten die Patienten im Mittel 72,8 Punkte [6].

Die mittleren aktiven Bewegungsausmaße für die Flexion lagen bei 142,3°, Abduktion 135,9°, Außenrotation 18,6°.

Die radiologischen Auswertungen zeigten bisher keine Hinweise für ein Scapula-Notching. An Komplikationen fand sich eine dislozierte Akromionfraktur, die konservativ therapiert wurde [28].

Demgegenüber wird in der Literatur eine insgesamt recht hohe Komplikationsrate von 24 % mit Notching, Infektion, Lockerung der Glenoidkomponente und Akromionfraktur angegeben [29–31].

Neue Designs wurden entwickelt, um durch Positionierung der Glensphäre das Notching mit nachfolgender Auslockerung der Glenoidkomponente möglichst zu reduzieren. Bei den Inversen Frakturprothesen wurde das Mittelteil der humeralen Komponente zur Refixation der Tuberkula angepasst, die ähnlich der Technik bei der Hemiprothese

Entscheidungsraster		Proximale Humerusfrakturen				
Generell	Alter	20–30	30–40	40–60	60–75	75–
	Geschlecht	männlich				weiblich
	Osteoporose	keine				stark
	Traumaschwere	schwer				leicht
	ASA Klassifikation	I-II				III
	Compliance	gut				schlecht
Lokal	Frakturtyp	einfach, gering disloziert			komplex, stark disloziert	
	Blutversorgung Kalotte	medial Hinge intakt			nicht intakt	
	Integrität Tubercula	erhalten, monofragmentär			mehrfach frakturiert	
	Integrität RM (Goutallier)	intakt (I-II)			rupturiert (III-IV)	
	Begleitende Glenoidfraktur	keine			frakturiert	
<b>Behandlung Übergänge fließend</b>	<b>Konservativ</b>	<b>Osteosynthese</b>	<b>Fraktur-Prothese</b>	<b>Inverse Frakturprothese</b>		

**Tabelle 1** Entscheidungsraster der Behandlung bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen [33].

mittels Faden- oder Kabelcerclage rotationsstabil verankert werden [28] (Abb. 2a, b, c).

Die Einheilraten scheinen höher zu liegen als bei den Hemiprothesen [25]. Vorteile bieten Prothesensysteme, die eine Konversion von einer Hemiprothese auf eine Inverse Prothese ohne Schaftwechsel ermöglichen [32].

### Entscheidungsfindung Frakturprothese oder Inverse Prothese

Kriterien zur Entscheidung für eine primäre Frakturprothese oder eine Inverse Prothese sind schwer festzulegen, da die Indikation zum prothetischen Ersatz von unterschiedlichen allgemeinen und lokalen Faktoren abhängig ist. Alter, Geschlecht, Grad der Osteoporose

und Komorbiditäten bestimmen ebenso das Outcome wie die Compliance des Patienten und die Erfahrung des Operateurs. Auch die Traumaschwere und die ASA Klassifikation können Einfluss auf das gewählte Verfahren haben. An lokalen prädikativen Faktoren werden der Frakturtyp, die Blutversorgung der Humeruskalotte (Kriterien nach Hertel [11]), die Integrität der Rotatorenmanschette, die Integrität der Tuberkula und eine begleitende Glenoidfraktur angegeben. Die Vielzahl der beeinflussenden Faktoren stellt schließlich den Operateur vor die Aufgabe, zusammen mit dem Patienten eine individuelle Entscheidung zu treffen. Ein Entscheidungsraster kann dabei Unterstützung geben [33] (Tab.1).

**In unserem Vorgehen werden Patienten über 75 Jahre, die eine**

**komplexe nicht rekonstruierbare dislozierte Humeruskopffraktur haben und bei denen die Rotatorenmanschette degenerativ verändert oder defekt ist, wegen der besser vorhersagbaren funktionellen Ergebnisse mit einer Inversen Frakturprothese versorgt. Die letzte Entscheidung zur Fraktur- oder Inversen Frakturprothese wird während des operativen Eingriffs gefällt.** OUP

Korrespondenzadresse
Dr. med. Falk Reuther DRK Kliniken Berlin   Köpenick Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie Salvador-Allende-Straße 2–8 12559 Berlin f.reuther@drk-kliniken-berlin.de

Literatur		
1. Hirzinger C, Tauber M, Resch H: Proximal humerus fracture: New aspects in epidemiology, fracture morphology, and diagnostics. Der Unfallchirurg. 2011; 114: 1051–1058.	2. Torrens C, Corrales M, Vila G et al.: Functional and quality-of-life results of displaced and nondisplaced proximal humeral fractures treated conservatively. Journal of orthopaedic trauma. 2011; 25: 581–587.	

3. Strohm PC, Kostler W, Sudkamp NP: Proximal humerus fracture – what to do?. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2008;146: 312–317.
4. Owsley KC, Gorczyca JT: Fracture displacement and screw cutout after open reduction and locked plate fixation of proximal humeral fractures [corrected]. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2008; 90: 233–240.
5. Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S et al.: Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury*. 2011; 42: 1283–1288.
6. Jost B, Spross C, Grehn H et al.: Locking plate fixation of fractures of the proximal humerus: analysis of complications, revision strategies and outcome. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al.]*. 2012; 6.
7. Karataglis D, Stavridis SI, Petsatodis G et al.: New trends in fixation of proximal humeral fractures: a review. *Injury*. [Review]. 2011; 42: 330–338.
8. Robinson CM, Amin AK, Godley KC et al.: Modern perspectives of open reduction and plate fixation of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 2011; 25: 618–629.
9. Sudkamp NP, Audige L, Lambert S et al.: Path analysis of factors for functional outcome at one year in 463 proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; 20: 1207–1216.
10. Nho SJ, Brophy RH, Barker JU et al.: Management of proximal humeral fractures based on current literature. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. [Review]. 2007; 89 Suppl 3: 44–58.
11. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M et al.: Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2004; 13: 427–433.
12. Nijs S, Reuther F, Broos P: Primary fracture arthroplasty of the proximal humerus using a new and freely adjustable modular prosthesis combined with compression osteosynthesis of the tuberosities. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2011; 23: 21–28.
13. Bastian JD, Hertel R: Osteosynthesis and hemiarthroplasty of fractures of the proximal humerus: outcomes in a consecutive case series. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18: 216–219.
14. Reuther F, Muhlhausler B, Wahl D et al.: Functional outcome of shoulder hemiarthroplasty for fractures: A multicentre analysis. *Injury*. [Multicenter Study]. 2010; 41: 606–612.
15. Schmal H, Klemm C, Sudkamp NP: Evaluation of shoulder arthroplasty in treatment of four-fragment fractures of the proximal humerus. *Unfallchirurg*. 2004; 107: 575–582.
16. Kontakis G, Koutras C, Tosounidis T et al.: Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90: 1407–1413.
17. Kralinger F, Schwaiger R, Wambacher M et al.: Outcome after primary hemiarthroplasty for fracture of the head of the humerus. A retrospective multicentre study of 167 patients. *J Bone Joint Surg Br*. 2004; 86: 217–219.
18. Esen E, Dogramaci Y, Gultekin S et al.: Factors affecting results of patients with humeral proximal end fractures undergoing primary hemiarthroplasty: a retrospective study in 42 patients. *Injury*. 2009; 40: 1336–1341.
19. Habermeyer P: *Schulterchirurgie*. 4 ed. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2010.
20. Loew M, Heitkemper S, Parsch D et al.: Influence of the design of the prosthesis on the outcome after hemiarthroplasty of the shoulder in displaced fractures of the head of the humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 2006; 88: 345–350.
21. Frankle M: Stability of tuberosity reattachment in proximal humeral hemiarthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2002; 11: 413–420.
22. Krause FG, Huebschle L, Hertel R: Reattachment of the tuberosities with cable wires and bone graft in hemiarthroplasties done for proximal humeral fractures with cable wire and bone graft: 58 patients with a 22-month minimum follow-up. *J Orthop Trauma*. 2007; 21: 682–686.
23. Dietz SO, Broos P, Nijs S: Suture fixation versus cable cerclage of the tuberosities in shoulder arthroplasty-clinical and radiologic results. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2012; 10.
24. Nijs S, Broos P: Outcome of shoulder hemiarthroplasty in acute proximal humeral fractures: a frustrating meta-analysis experience. *Acta orthopaedica Belgica*. [Meta-Analysis Review]. 2009; 75: 445–451.
25. Sirveaux F, Block D, Sedaghatian J et al.: Early functional results of the reverse shoulder prosthesis for acute fracture in elderly are improved by tuberosity healing. SECEC Lyon: France, 2011.
26. Cazeneuve JE, Cristofari DJ: The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br*. 2010; 92: 535–539.
27. Kohut G, Dallmann F, Irlenbusch U: Wear-induced loss of mass in reversed total shoulder arthroplasty with conventional and inverted bearing materials. *Journal of biomechanics*. 2012; 45: 469–473.
28. Reuther F PJ, Kohut G, Nijs S: Specially designed inverse shoulder prosthesis for the treatment of complex proximal humeral fractures. SECEC; Lyon: France, 2011.
29. Cazeneuve JE, Cristofari DJ: Long term functional outcome following reverse shoulder arthroplasty in the elderly. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR* 2011; 97: 583–589.
30. Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E et al.: Predictors of Scapular Notching in Patients Managed with the Delta III Reverse Total Shoulder Replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2007; 89: 588–600.
31. Zumstein MA, Pinedo M, Old J et al.: Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al.]*. [Review]. 2011; 20: 146–157.
32. Kohut G RF, Kääh M, Nijs S et al.: Conversion from hemiarthroplasty for fracture to inverse arthroplasty of the shoulder. Can the humeral stem be left in place? SGO; Lausanne: Switzerland, 2011.
33. Reuther F. *Primäre Endoprothetik. Obere Extremität*. 2012; 7: 117–21.