

# Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie

## Herausgeber

F. U. Niethard, Aachen  
K. Weise, Tübingen

## Rubrikherausgeber

R. Hoffmann, Frankfurt/Main  
R. Windhager, Graz  
CME-Refresher

S. Weller, Tübingen  
Operative Techniken

T. Mittlmeier, Rostock  
H. Windhagen, Hannover  
Für Sie gelesen

## Redaktion/Editorial Office

F. Stuby, Tübingen  
W. Sommer, Aachen

## Beirat

G. Adam, Hamburg  
H. Amling, Hamburg  
A. Baltzer, Düsseldorf  
G. Bauer, Stuttgart  
F. Baumgaertel, Koblenz  
A. Bernau, Tübingen  
N. Böhler, Linz  
B. Bouillon, Köln  
F. Bonnaire, Dresden  
J. Bruns, Hamburg  
V. Bühren, Murnau  
H.-R. Casser, Mainz  
L. Claes, Ulm  
A. Dávid, Wuppertal  
C. Disselhorst-Klug, Aachen  
K. Dreinhöfer, Berlin  
A. Eckardt, Münchenstein  
C. Eingartner, Bad Mergentheim  
A. Ekkernkamp, Greifswald  
M. Engelhardt, Osnabrück  
W. Ertel, Berlin  
P. Eysel, Köln  
R. Forst, Erlangen  
D. Frank, Leverkusen  
S. Fuchs-Winkelmann, Marburg  
R. A. Fuhrmann, Eisenberg  
F. Gebhard, Ulm  
G. Germann, Heidelberg  
G. Gosheger, Münster  
S. Götte, Unterhaching  
R. Gradinger, München  
R. Graf, Stolzalpe  
J. Grifka, Bad Abbach  
F. Grill, Wien

P. A. Grützner, Ludwigshafen  
K. P. Günther, Dresden  
N. P. Haas, Berlin  
F.-W. Hagena, Bad Oeynhausen  
M. P. Hahn, Bremen  
C.-C. Hasler, Basel  
J. Hassenpflug, Kiel  
A. Hedtmann, Hamburg  
P. Heeg, Tübingen  
W. Hein, Halle  
K.-D. Heller, Braunschweig  
P. Hertel, Berlin  
R. D. Hilgers, Aachen  
G. Hofmann, Halle  
C. Hopf, Kiel  
V. Jansson, München  
J. Jerosch, Neuss  
C. Josten, Leipzig  
C. Jürgens, Hamburg  
F. Kandziora, Frankfurt/Main  
F. Kerschbaumer, Frankfurt/Main  
H. Kienapfel, Berlin  
P. Kirschner, Mainz  
S. Klima, Leipzig  
D. Kohn, Homburg/Saar  
H.-R. Kortmann, Duisburg  
J. Krämer, Bochum  
R. Krauspe, Düsseldorf  
M. Krismer, Innsbruck  
U. Lanz, München  
L. Lidgren, Lund  
U. Liener, Stuttgart  
H. Lill, Hannover  
F. Löer, Essen  
M. Loew, Heidelberg  
E. Ludolph, Düsseldorf  
A. K. Martini, Heidelberg  
I. Marzi, Frankfurt/Main  
F. Maurer, Ravensburg  
E. Mayr, Augsburg  
N. M. Meenen, Hamburg  
R. Meffert, Würzburg  
H. Merk, Greifswald  
W. Mittelmeier, Rostock  
C. A. Müller, Karlsruhe  
G. Neff, Berlin  
M. Nerlich, Regensburg  
E. Neugebauer, Köln  
H.-W. Neumann, Magdeburg  
U. Obertacke, Mannheim  
H.-J. Oestern, Celle  
D. Pennig, Köln  
C. Perka, Berlin  
K. M. Peters, Nümbrecht  
T. Pohlemann, Homburg/Saar  
M. J. Raschke, Münster  
H. Reichel, Ulm  
H. Reilmann, Braunschweig  
P. M. Rommens, Mainz

J.-D. Rompe, Grünstadt  
S. Ruchholtz, Marburg  
J. M. Rueger, Hamburg  
W. Rütther, Hamburg  
H.-P. Scharf, Mannheim  
W. Schlickewei, Freiburg  
F. Schröter, Kassel  
W. Schultz, Göttingen  
N. Schwenger, Tübingen  
A. Seekamp, Kiel  
H. Siebert, Schwäbisch Hall  
G. Spahn, Eisenach  
U. Stöckle, München  
H. Stürz, Gießen  
J. Sturm, Detmold  
N. Südkamp, Freiburg  
B. Swoboda, Erlangen  
H. J. ten Duis, Groningen  
F. Thielemann, Villingen-Schwenningen  
K. Trieb, Wels  
C. Tschauer, Stolzalpe  
P.-U. Tunn, Berlin  
C. Ulrich, Göppingen  
R.-A. Venbrocks, Eisenberg  
R. Volkmann, Bad Hersfeld  
G. von Salis-Soglio, Leipzig  
M. Wagner, Mainz  
A.-M. Weinberg, Graz  
K. Wenda, Wiesbaden  
A. Wentzensen, Ludwigshafen  
H. H. Wetz, Münster  
E. Wiedemann, München  
A. Wild, Augsburg  
S. Winckler, Magdeburg  
J. Windolf, Düsseldorf  
K. H. Winker, Erfurt  
D. C. Wirtz, Bonn  
R. H. Wittenberg, Herten  
N. Wülker, Tübingen  
J. Zacher, Berlin  
H. Zwipp, Dresden

## Sonderdruck

148. Band 2010

© Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York

Nachdruck nur mit  
Genehmigung des Verlags

## Verlag

**Georg Thieme Verlag KG**  
Rüdigerstraße 14  
70469 Stuttgart  
Postfach 3011 20  
70451 Stuttgart

# Mittelfristige Ergebnisse nach Implantation des anatomisch geformten Geradschafts IMAGE im Rahmen der primären Hüftendoprothetik – eine prospektive Studie

## Medium-Term Results of Anatomic Straight-Shaft IMAGE Implantation in Primary Hip Joint Endoprosthesis – A Prospective Study

### Autoren

U. Lorenz, L. Forke, U. Irlenbusch

### Institut

Orthopädische Klinik, Marienstift Arnstadt

### Schlüsselwörter

- zementfreie Hüftendoprothese
- Stress-Shielding
- Lysesäume
- proximale Verankerung
- Osteointegration

### Key words

- cementless hip endoprosthesis
- stress shielding
- radiolucent lines
- proximal fit concept
- osteointegration

### Zusammenfassung

**Studienziel:** Die IMAGE-Prothese wurde mit dem Ziel der proximalen Krafteinleitung entwickelt, um das Stress-Shielding am proximalen Femur und die daraus resultierende Knochenresorption zu vermeiden. In der vorliegenden Studie wurde deshalb besonderer Wert auf die radiologischen Kriterien gelegt und damit die proximale und distale knöcherne Integration des Schaftes sowie die Rekonstruktion der geometrischen Verhältnisse untersucht. Daneben wurden umfangreiche klinische Parameter erfasst.

**Methode:** 95 aufeinanderfolgende Patienten (61,1 Jahre), die mit einem IMAGE-Schaft versorgt worden waren, wurden prospektiv über 5 Jahre kontrolliert. Röntgenologisch wurde die Osteointegration mittels der Parameter Kortikalishypertrophie, Lysesäume und Schaftsinterung beurteilt. Außerdem wurde mittels verschiedener radiologischer Parameter die Rekonstruktion des Rotationszentrums überprüft. An klinischen Parametern wurden der Harris-Hip- und der WOMAC-Score erfasst.

**Ergebnisse:** Bei Schaftkonfiguration Dorr C trat keine distale Kortikalishypertrophie, dagegen in 19% bei Typ A und B auf. Anhand dieses Kriteriums kann deshalb in 81% von einer metaphysären Verankerung ausgegangen werden. 20% wiesen proximale und 11,1% distale Lysesäume auf. Nur in 3,3% sind die Osteolysen auf eine unerwünschte distale Verankerung zurückzuführen. Ursache waren vor allem PE-Abrieb und Metallose bei Metall-Metall-Gleitpaarung. 18,8% wiesen eine distale Kortikalishypertrophie auf. Bei insgesamt 18 Schäften war eine Sinterung zu verzeichnen. Sie war bei Dorr-C-Konfiguration und höhergradiger Osteoporose am stärksten. Die Abweichung des Offsets betrug im Durchschnitt lediglich 4,23 mm, die des Rotationszentrums lag zwischen 2,0 und 6,9 mm. Im HHS wurden 94,13 und im WOMAC-Score 10,13 Punkte erreicht.

### Abstract

**Aim:** The IMAGE prosthesis was developed with the objective of proximal load induction to avoid stress shielding and proximal bone resorption. In this study patients were followed clinically and radiologically with a special emphasis on osteointegration of the shaft in the proximal and distal regions. In addition, the reconstruction of the bony geometry of the proximal humerus was investigated.

**Method:** 95 consecutive patients (mean age: 61.1 years) with an IMAGE shaft were followed up prospectively over five years after primary hip arthroplasty. Radiologically, the osteointegration was appraised on the basis of the parameters cortical bone hypertrophy, radiolucent lines, shaft sintering and the position of the rotational centre. The clinical parameters assessed were the Harris hip score (HSS) and the WOMAC score.

**Results:** In Dorr C configuration no distal cortical bone hypertrophy was visible, in contrast to 19% in types A and B. By means of this criterion in 81% of the cases, a metaphyseal anchoring can be assumed. In 20% of the cases proximal and in 11.1% distal radiolucent lines were found. In only 3.3% of the patients were the radiolucent lines due to unwanted distal osteointegration. In most cases the reasons were PE wear and metallosis. In 18.8% a distal anchoring was visible. Sintering (in total 18 prostheses) was greatest in Dorr C configuration and high-grade osteoporosis. The difference in offset reconstruction was 4.23 mm on average. In reconstruction of the rotational centre the variability was between 2.0 and 6.9 mm. 94.13 points were attained in the HHS and 10.13 points in the WOMAC score. Specific complications related to the implantation were not observed.

**Conclusions:** Proximal stress transmission can be supported and the danger of stress shielding can be reduced by means of an appropriate design of

### Bibliografie

**DOI** <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1249987>  
 Online-publiziert 18. 6. 2010  
 Z Orthop Unfall 2010; 148: 406–412 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 1864-6697

### Korrespondenzadresse

**Dr. Ulrich Irlenbusch**  
 Marienstift Arnstadt  
 Orthopädische Klinik  
 Wachsenburgallee 12  
 99310 Arnstadt  
 Tel.: 0 36 28/72 01 51  
 Fax: 0 36 28/72 01 53  
 ulrich.irlenbusch@ms-arn.de

Spezifische implantatabhängige Komplikationen wurden nicht beobachtet.

**Schlussfolgerungen:** Durch konstruktionstechnische Merkmale können die proximale Kraftleitung unterstützt und das gefürchtete Stress-Shielding reduziert werden. So wurde eine distale Kortikalishypertrophie beim untersuchten Prothesenmodell nur in 19% registriert, wohingegen diese bei femoral distal verankerten Prothesen in 60% beschrieben werden. Die mittelfristigen klinischen Ergebnisse sind ausgezeichnet, sodass der Schaft sowohl für die Versorgung primärer als auch sekundärer Koxarthrosen geeignet erscheint.

## Einleitung

Seit Beginn der modernen Endoprothetik besteht das Ziel des künstlichen Hüftgelenkersatzes in einer schmerzfreien und dauerhaften Fixation der Prothesenkomponenten im Knochen. Trotzdem weisen auch die modernsten Endoprothesen keine unbegrenzte Standzeit auf. Für aktuelle zementfreie Implantate wird sie nach 10 Jahren mit etwa 95–98% angegeben [1–4]. Die Optimierung des Prothesendesigns zur Verbesserung der knöchernen Integration stellt deshalb ein vorrangiges Ziel dar.

Am Femur wird grundsätzlich die proximale (epiphysäre und metaphysäre) von der distalen (diaphysären) Verankerung unterschieden [5]. Einige Autoren halten auch die kombinierte proximale und distale Verankerung zur Erzielung eines sicheren Langzeitergebnisses für erforderlich [6]. Obwohl für distal verankerte Implantate ausgezeichnete Langzeitergebnisse vorliegen (z.B. die Zweymüller-Prothese), haftet ihnen das Problem des Stress-Shieldings mit großflächigen Osteolysen am proximalen Femur an, die die Revisionsmöglichkeiten erschweren [3, 4, 7–9]. Gegenwärtig konzentriert sich deshalb das Interesse auf die Entwicklung proximal verankerter Implantate. Neben den Geradschaftprothesen wurden verschiedene anatomische Prothesen entwickelt, zu denen der IMAGE-Schaft gehört. Es war das Ziel dieser Arbeit, mittelfristige radiologische und klinische Ergebnisse nach Implantation des neu entwickelten Schaftes zu erfassen und eine Analyse der Ursachen für die aufgetretenen Komplikationen vorzunehmen. Das besondere Interesse lag dabei auf der knöchernen Integration des Schaftes im proximalen Anteil.

## Patienten und Methoden

Es wurden prospektiv 100 aufeinanderfolgende Patienten erfasst, bei denen zwischen Mai 2000 und März 2003 ein IMAGE-Schaft (Fa. Smith + Nephew, Marl) implantiert wurde. Lediglich 95 Patienten konnten in die Studie aufgenommen werden, da 3 verstarben und 2 nicht zu den Untersuchungen erschienen. Bei 5 weiteren Patienten erfolgte im Studienverlauf ein Schaftwechsel. Damit konnten die Daten von 90 Patienten (90%) lückenlos bis zur Beendigung der Studie erfasst werden.

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 61,1 Jahre (min. 34, max. 80 Jahre). Es wurden 54 Frauen und 46 Männer operiert. Die linke Seite war 41-mal, die rechte Seite 59-mal betroffen. Sieben Patienten wurden beidseits mit dem IMAGE-Schaft versorgt. Es handelte sich ausschließlich um Primärimplantationen. In 68 Fällen erfolgte die Implantation bei primärer Koxarthrose, 18-mal bei Dysplasiekoxarthrose, 9-mal bei Protrusionskoxarthrose, 3-mal bei Hüftkopfnekrose und je 1-mal bei c. P. und post-traumatischer Arthrose.

a prosthetic stem. Distal corticoid hypertrophy was found in only 19% of the patients with the prosthesis model investigated as compared to 60% having prostheses with distal femoral anchoring. The medium-term clinical results are excellent, so that the shaft appears suitable for primary as well as secondary osteoarthritis of the hip joint.

Ausschlusskriterien waren akute oder abgelaufene Infektionen des zu operierenden Hüftgelenks, Frakturen des proximalen Femurs, das Vorliegen einer neuropathischen Arthropathie, eine medikamentenpflichtige Osteoporose und Erkrankungen, die die Einnahme von mehr als 7,5 mg Prednisolonäquivalent erforderten.

## Studiendesign

Die klinischen und radiologischen Untersuchungen erfolgten 1 Tag präoperativ, zur Entlassung, nach 6 Monaten sowie nach 1, 2, 3 und 5 Jahren. Die Untersuchung der Patienten wurde von einem von den Operateuren unabhängigen Untersucher vorgenommen.

## Klinische Untersuchung

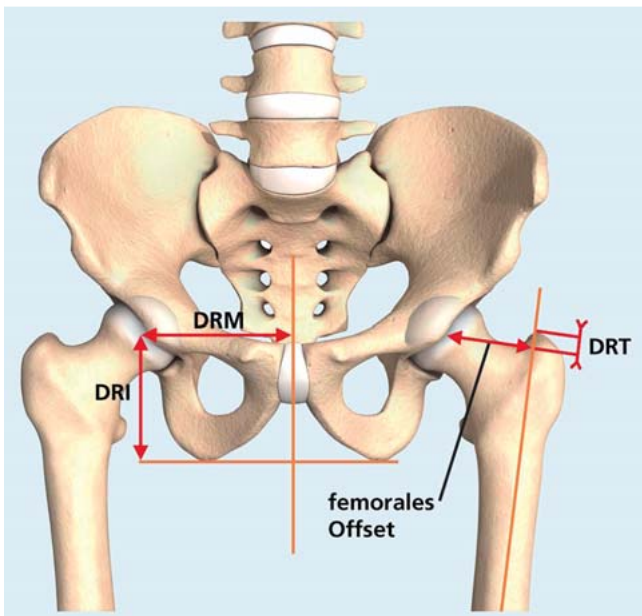
Die klinischen und anamnestischen Parameter wurden mittels des Harris-Hip-Scores (HHS) und des WOMAC-Scores beurteilt.

## Röntgenologische Untersuchung

Zu allen Untersuchungsterminen wurden Röntgenaufnahmen a.–p. und axial im Maßstab 1:1 angefertigt. Zusätzlich erfolgte präoperativ und nach 6 Monaten eine Beckenübersichtsaufnahme. Die geometrischen Parameter sind **Abb. 1** zu entnehmen (Bestimmung des Kopfmittelpunkts mit Kreisschablonen in verschiedenen Durchmesser). Weiterhin wurden der Singh-Index zur Osteoporosebeurteilung (Singh 7 keine, 1 schwere Osteoporose), der Dorr-Index zur Bestimmung des Femurtyps (A = dysplastische Form, B = trompetenförmig, C = zylindrisch) und periprothetische Lysesäume nach Gruen und die Pfanneninklination bestimmt.

## Implantate

Der zementfrei zu implantierende IMAGE-Schaft besteht aus einer Titanschmiedelegerung (Ti6Al4V). Das Design wurde nach hochauflösender computertomografischer Analyse der Knochenquerschnitte von 30 proximalen Femura von Mitteleuropäern im Alter zwischen 50 und 70 Jahren entwickelt [10]. Um im proximalen Drittel eine optimale Passung und Kanalfüllung („fit and fill“) zu erreichen, existiert eine Rechts-/Linksvariante, die jedoch ventral und lateral wie ein Geradschaft imponiert. Die resultierende Form wurde deshalb von den Entwicklern als halb-anatomisch bezeichnet. Die proximale Oberfläche ist mit einer 50 Mikrometer dünnen Schicht aus Hydroxylapatit beschichtet und unterhalb dieser aufgeraut, um die knöcherne Integration des Schaftes im Femur zu begünstigen (**Abb. 2**). Die distale Spitze des Schaftes ist abgerundet und poliert. Eine Abflachung des medialen und lateralen Anteils der Prothese dient der Erhöhung der Rotationsstabilität.



**Abb. 1** Für den prä-/postoperativen Vergleich ausgewählte Röntgenparameter: femorales Offset (Distanz Rotationszentrum/Schaftachse), DRT (Distanz Rotationszentrum/Trochanterspitze; ± = ober-/unterhalb Trochanterspitze), DRM (Distanz Rotationszentrum/Medianlinie), DRI (Distanz Rotationszentrum/Verbindungsline der beiden tiefsten Punkte des Tuber ischiadicum).

### Perioperatives Management

Alle Operationen erfolgten über den lateralen Zugang durch lediglich 5 Operateure. Ab dem 1. postoperativen Tag durften die Patienten am Bett aufstehen, ab dem 2. postoperativen Tag begann die Mobilisation an Unterarmgehstützen im Dreipunktgang. Vor Entlassung erfolgte die Umstellung vom Drei- in den Zweipunktgang, der für mindestens weitere 4 Wochen fortgesetzt wurde.

### Statistische Methoden

Der Vergleich der Ergebnisse im zeitlichen Verlauf (7 Messzeitpunkte) erfolgte mittels t-Test für abhängige Stichproben oder Wilcoxon-U-Test ohne Fehleradjustierung mit zweiseitigen Signifikanzgrenzen.

Die Hypothesen wurden je nach Fragestellung mit Varianzanalysen bzw. Kruskal-Wallis-Test oder linearer Korrelation (nach Pearson bzw. Rangkorrelation nach Spearman) gegen den Zufall getestet. Für nominale Daten wurden  $\chi^2$ -Tests verwendet. In Abhängigkeit von der Hypothese wurde mit ein- oder zweiseitigen Signifikanzgrenzen gearbeitet.

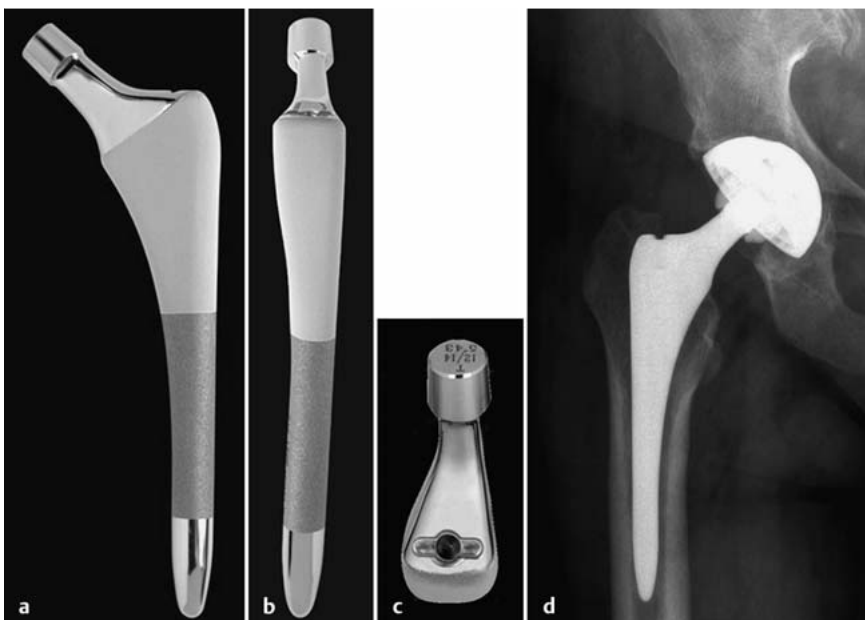
### Ergebnisse

Röntgenologisch wurde der Mittelpunkt des Hüftkopfs postoperativ um durchschnittlich 2,0 mm nach kranial verschoben und um 6,9 mm medialisiert (● Tab. 1). Das femorale Offset vergrößerte sich um 4,23 mm, sodass die Medialisierung des Rotationszentrums partiell ausgeglichen wurde. Die Schaftachse wurde 49-mal neutral implantiert. 35-mal wurden eine Varusabweichung und 11-mal eine valgische Implantation registriert. (Im Gegensatz zu anderen Arbeiten, die einen Grenzwert von 3° angeben, wurden bereits Abweichungen von 1° registriert.)

Distale Lysesäume im Bereich der Prothesenspitze  $\leq 1$  mm (Zonen 3, 4, 5 u/o 10, 11, 12) wiesen 10 Patienten (10,5%) auf (● Tab. 2). Die Erstmanifestation war ab dem 12. Monat p. o. zu verzeichnen. Diese Lysesäume waren nicht progredient. Im proximal gelegenen beschichteten Abschnitt wurde in diesen Fällen eine unauffällige knöcherne Integration registriert.

Proximale Lysesäume traten in 18 Fällen (18,9%) auf, davon 12-mal  $\geq 2$  mm (● Tab. 2). Die Zone 1 war in diesen Fällen immer betroffen, zusätzlich in unterschiedlicher Kombination die Zonen 7, 8 und 14.

Siebzehn Patienten (17,9%) wiesen postoperativ eine Kortikalishypertrophie in den distalen Gruen-Zonen auf (Zonen 3, 4, 5 u/o 10, 11, 12). Auffällig war, dass die Kortikalishypertrophie bei varischer Schaftposition seltener zu verzeichnen war. Bei 3 dieser



**Abb. 2a bis d** a–c Konstruktionsmerkmale des IMAGE-Schaftes (Fa. Smith and Nephew): anatomisches Design zur meta-diaphysären „fit and fill“-Verankerung des Schaftes; d Röntgen a.–p.: das Prinzip der proximalen Verankerung bei schlankem distalem Schaft ist gut zu erkennen.

**Tab. 1** Prä-/postoperativer Vergleich der Rekonstruktion der Hüftgeometrie (Legende siehe [Abb. 1](#)).

	präoperativ			postoperativ			Differenz	Sign. p
	Mittelwert (mm)	max. (mm)	min. (mm)	Mittelwert (mm)	max. (mm)	min. (mm)		
femorales Offset	46,99	64,00	22,00	51,22	64,00	37,00	4,23	≤0,001
DRT	-7,76	+10	-25	-1,25	+25	-24	6,5	≤0,001
DRM	107,77	129,00	80,00	100,88	120,00	82,00	6,9	≤0,001
DRI	78,23	129,00	54,00	80,26	108,00	55,00	2,0	≤0,01

**Tab. 2** Verteilung der Lysezonen (≥ 1 mm) im Schaftbereich (nach Gruen 1979).

Lysezonen am Prothesenschaft nach Gruen	Frontalebene (a.-p.)						Axialebene							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Anzahl ≥ 1 mm	18	1	7	10	9	1	15	13	1	5	5	5	1	15

**Tab. 3** Zusammenhang zwischen Schaftsinterung und Form des Femurschafts nach Dorr (p ≤ 0,001) (nach Dorr 1983).

Schaftskonfiguration nach Dorr	A	B	C
gesamt (n)	28	61	6
Sinterungen (n)	4	7	5
Sinterungen (%)	14,3	11,5	83,3

**Tab. 4** Zusammenhang zwischen Osteoporosegrad und Schaftsinterung (p ≤ 0,138) (nach Singh 1970).

Osteoporoseindex nach Singh	Singh 7	Singh 6	Singh 5
männlich (n)	4	27	12
weiblich (n)	2	26	24
gesamt (n)	6	53	36
Sinterung gesamt (n)	0	7	9

Patienten wurden im proximalen Bereich Osteolysen > 1 mm sichtbar.

Es traten 16 (16,8%) Schaftsinterungen bei 95 Patienten auf (als Referenz wurde der Abstand zwischen dem Oberrand des Trochanter minor und der distalen Prothesenspitze in der a.-p. Aufnahme gemessen). Die Schäfte sanken im Durchschnitt um 8,2 mm (2–21 mm) ein. Zwölf Sinterungen ereigneten sich innerhalb von 14 Tagen postoperativ, 4 Sinterungen innerhalb der ersten 6 Monate. Im nachfolgenden Untersuchungszeitraum traten keine weiteren Schaftsinterungen mehr auf. Die Schaftsinterung hing signifikant von der Femurkonfiguration nach Dorr ab ([Tab. 3](#)). Danach waren die stärksten Setzungserscheinungen bei röhrenförmigem Schaft (Dorr C) zu verzeichnen (p ≤ 0,001). Auch bezüglich des Osteoporosegrads (Singh-Klassifikation, [Tab. 4](#)) ergab sich deskriptiv eine Abhängigkeit, die aber nicht signifikant war (p ≤ 0,138). Bei Patienten ohne radiologisch erkennbare Osteoporose trat keine Sinterung auf. Bei Vorliegen einer fortgeschrittenen Osteoporose (Grad 1–4) wurde keine IMAGE-Prothese implantiert.

Im HHS ist zu allen Zeitpunkten eine signifikante Verbesserung zum präoperativen Zustand zu verzeichnen ([Abb. 3](#); p ≤ 0,001). Auffällig ist ein leichter Abfall der Werte zwischen der Untersuchung nach 36 und 60 Monaten. Bei Betrachtung der einzelnen Komponenten Schmerz, Gehen und Aktivitäten zeigt sich, dass dies wahrscheinlich an einer leichten Zunahme der Schmerzen liegt ([Abb. 4](#), p ≤ 0,001).

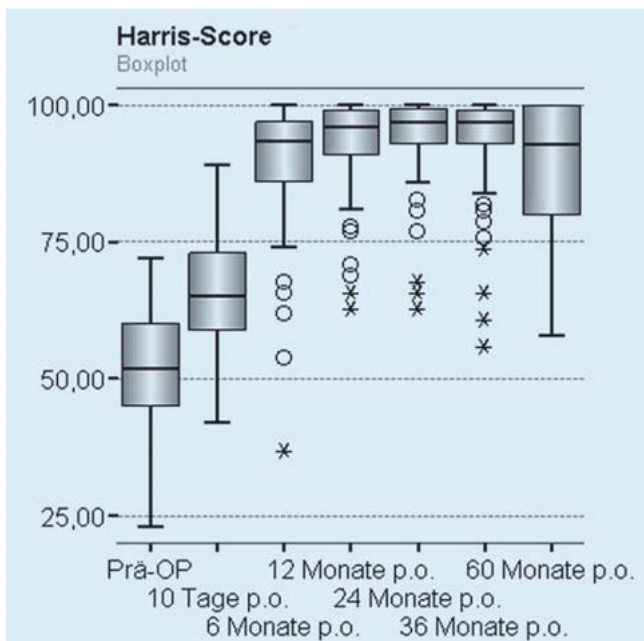
Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Betrachtung des WOMAC-Scores. Im Vergleich aller postoperativer Messpunkte mit den präoperativen Werten war eine signifikante Abnahme feststellbar (p < 0,001). Der präoperative Ausgangswert betrug im Mittel 58,2 Punkte, nach 24/36 Monaten 10,66/11,37 Punkte und nach 60 Monaten 16,44 Punkte. Auch hier ist zum Ende der Beobachtungsperiode eine leichte Verschlechterung festzustellen.

An Komplikationen sind 8 Luxationen zu nennen. Sieben Luxationen traten innerhalb der ersten 3 Wochen auf, 1 nach 15 Monaten. Es zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit von größeren Inklinationswinkeln der Pfanne (p < 0,05) und einer größeren postoperativen Verschiebung des Drehpunkts zur Körpermitte (p < 0,05). Im Gegensatz dazu besteht keine Korrelation zur Veränderung des Offsets und zum Geschlecht. Vier Luxationen traten nach Einsinken des Schaftes um 2, 6, 8 und 12 mm auf.

Weiterhin waren ein Frühinfekt nach 4 Wochen (Staph. aureus, partieller Wechsel), ein Spätinfekt nach 20 Monaten (kein Keimnachweis, einzeitiger Wechsel) und ein Spätinfekt nach 60 Monaten (Staph. epidermidis, zweizeitiger Wechsel) zu nennen. Außerdem wurden am 8. und 14. postoperativen Tag periprothetische Frakturen beobachtet, bei denen ein Prothesenwechsel erfolgte. Die Überlebensrate betrug damit für das Kriterium „periprothetische Fraktur“ als Endpunkt nach 60 Monaten 97,9%, für das Kriterium „Infektion“ 96,9% und unter Einschluss aller Revisionen 94,7% ([Abb. 5](#)). Wegen einer aseptischen Lockerung musste bisher keine Prothese gewechselt werden. Es wurde lediglich 1 Femoralisparese beobachtet, die nach 1 Jahr vollständig regredient war.

### Diskussion

Die Veränderung des Offsets betrug in unserer Studie 4,23 mm ([Tab. 1](#)). Jerosch zeigte mittels der virtuellen Implantation von 90 Hüftprothesenmodellen bei 50 Patienten, dass bei den meisten auf dem Markt befindlichen Prothesen eine exakte Rekonstruktion nicht möglich ist [11]. Analog zu Wang fanden auch wir keine Abhängigkeit des HHS von der Rekonstruktion des Offsets [12]. Die Veränderung der DRM ([Tab. 1](#)) hängt vor allem von der Lage des Rotationszentrums ab, das wiederum von der Position der Pfanne bestimmt wird. Aus diesem Grunde erfolgt

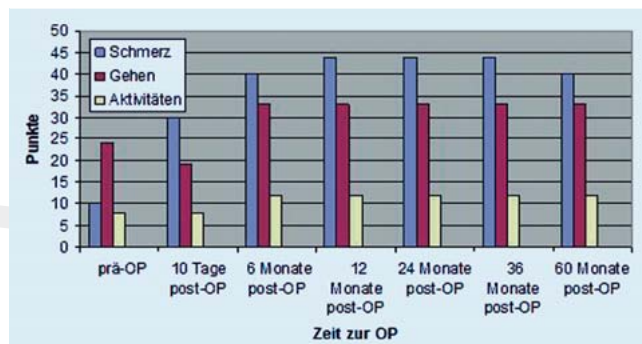


**Abb. 3** Darstellung des Harris-Hip-Scores im zeitlichen Verlauf (Medianwerte, prä-, postoperative Unterschiede zu allen Zeitpunkten  $p \leq 0,001$ ; Box = 25% und 75% Perzentilbereich, Whisker = Max.- und Min.-Wert, o = Ausreißerfälle mit Werten zwischen der 1,5- und 3-fachen Boxlänge von jedem Ende der Box, \* Extremwertefälle mit Werte größer als die 3-fache Boxlänge von jedem Ende der Box.

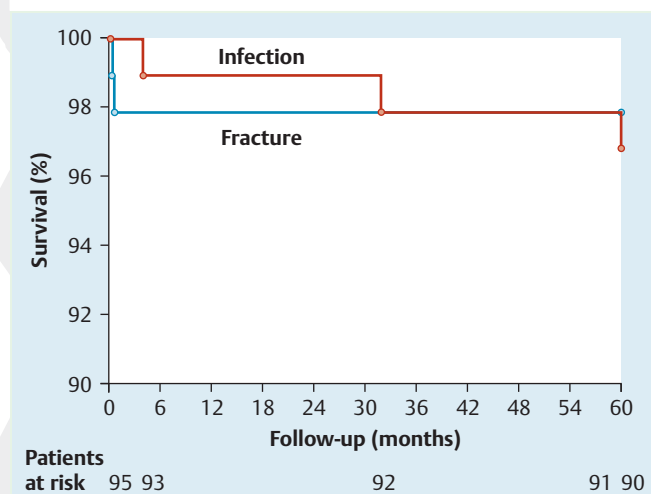
an dieser Stelle keine Diskussion dieser Werte. Eine Korrektur wäre mit einem lateralisierten Schaft möglich gewesen, der aber zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht zur Verfügung stand. Das Nachfolgemodell ist zusätzlich in einer „high offset“-Variante erhältlich.

Die knöcherne Integration wurde mittels der Beurteilung der distalen Kortikalishypertrophie, der Verteilung der Lysesäume im proximalen und distalen Schaftanteil sowie des Nachsinterns des Prothesenschafts beurteilt. Bei einer Schaftkonfiguration Dorr C trat erwartungsgemäß keine distale Kortikalishypertrophie auf. Dagegen war diese bei 17 Patienten (19%) mit Typ A und B festzustellen. Davon wiesen 6 Patienten eine proximale Knochenatrophie auf. Somit kann anhand dieses Kriteriums in 81% von einer metaphysären Verankerung, also einer proximalen Krafeinleitung, ausgegangen werden. Für den Spotornoschaft, der gleichfalls das Prinzip der proximalen Krafeinleitung verfolgt, liegen widersprüchliche Angaben vor. Siebold et al. geben an, dass sie kein proximales Stress-Shielding sowie keine Hypertrophie der distalen Kortikalis gefunden hätten [13]. Aldinger et al. beobachteten dagegen eine „Rundung des Calcar“ und in 21% eine distale Sockelbildung [1]. Im Rahmen der ARO-Multicenterstudie wurde bei 215 Spotornoschaften über eine distale Hypertrophie in 7,2% berichtet [14]. Schramm et al. geben Werte bis zu 12% an [15]. Für den Zweymüller-Schaft, der das Prinzip der distalen femoralen Verankerung verfolgt, wurde eine distale Hypertrophie in 60% beobachtet [14].

In unserer Studie weisen 18 Patienten (20%) Lysesäume (Aufhellungssäume zwischen Prothesenoberfläche und Knochen  $\geq 1$  mm) in den proximalen Zonen nach Gruen auf (Tab. 2). Nur 3-mal (3,3%) sind die Osteolysen auf eine unerwünschte distale Verankerung der Prothese mit resultierendem proximalem Lyse-saum zurückzuführen. In 12 Fällen korrelieren die Veränderun-



**Abb. 4** Darstellung der Komponenten des HHS: Schmerz, Gehen und Aktivitäten im zeitlichen Verlauf. Prä-, postoperative Unterschiede zu allen Zeitpunkten  $p \leq 0,001$ .



**Abb. 5** Kaplan-Meier-Kurve: Überleben des IMAGE-Schaftes, Gesamtkollektiv, Prothesenwechsel wegen Infektion und periprotetischer Fraktur als Endpunkt.

gen mit einem radiologisch gesicherten PE-Abrieb (Dezentralisierung des Hüftkopfs  $\geq 1$  mm nach kranial) und 2-mal mit einer Metallose bei Metall-Metall-Gleitpaarung. Einmal war der Lyse-saum in unserer Studie Folge eines Low-Grade-Infekts (in diesem Fall Übergreifen auf die Zonen 2, 6, 9, 13). Damit sind lediglich 3 Fälle (3,3%) der Lysesäume auf eine ungewollte distale Schaftverankerung zurückzuführen. Siebold et al. berichten über 33,7% Saumbildungen und 30,8% Osteolysen beim Spotornoschaft, welche vor allem in den Zonen 1 und 7 aufgetreten wären [13]. Schramm et al. fanden analoge Veränderungen in 28% (Grad I) und 37% (Grad II) in den Zonen 1 und 7 [15]. Canales et al. berichten bei einer Nachuntersuchungszeit von 10 Jahren sogar über 90% Lysesäume am proximalen Femur. Bei 82% der Patienten wurde ein PE-Abrieb von mehr als 1 mm nachgewiesen [16].

Für den distalen Bereich (Zone 3, 4, 5) wird die Ursache der Lyse-säume in Mikrobewegungen zwischen Schaftspitze und Femur gesehen, die durch unterschiedliche Elastizitätsmodule und elastische Deformation des den Schaft umgebenden Knochens unter Wechsellast bedingt sind [17]. Dies kann durch unsere Ergebnisse bestätigt werden. In 10 (11,1%) Fällen zeigte sich ab der 1-Jahres-Nachuntersuchung im distalen, nicht beschichteten Prothesen-

abschnitt in den Gruen-Zonen 3, 4 oder 5 ein Saum von 1 mm, der keinerlei Progredienz in den Folgeuntersuchungen aufwies. Wir werteten dies als sicheres Zeichen einer proximalen Verankerung mit distalem Schwingungssaum. Auch bei diesen Patienten war bisher kein Prothesenwechsel notwendig.

Insgesamt wurden bei 18 unserer Schäfte (20%) postoperative Sinterungen beobachtet, die eindeutig von der Konfiguration des Femurschafts und der Osteoporose abhängig waren (● Tab. 3, 4). Entgegen unseren Erwartungen war der Zusammenhang mit dem Osteoporosegrad jedoch nicht signifikant. Wir nehmen an, dass dies auf die geringe Gruppengröße zurückzuführen ist. Auch Rivera et al. fanden bei osteoporotischen Verhältnissen eine deutlich geringere Integration. Sowohl für metaphysär als auch komplett beschichtete Schäfte geben sie eine geringere axiale Festigkeit und Torsionsstabilität an [18]. Alle Sinterungen traten unmittelbar postoperativ bzw. innerhalb der ersten 6 Monate auf. Im weiteren Verlauf konnte kein Nachsinken der Schäfte mehr beobachtet werden, sodass von einer festen knöchernen Integration ausgegangen wird. Diese Beobachtung machten auch Wilhelm et al., die über das Einsinken bei 8 von 101 zementfreien Endoprothesen zwischen dem 6. und 24. Monat p.o. ohne Progredienz im weiteren Verlauf berichteten [19]. Die deutlich höhere Rate in unserer Studie ist im Wesentlichen auf die Implantation einiger Schäfte bei Dorr Typ C zurückzuführen.

Im HHS wurde eine signifikante Verbesserung aller postoperativen Werte im Vergleich mit dem Ausgangsbefund erreicht. Bei 85,7% der Patienten konnte ein exzellentes und bei 7,7% Patienten ein gutes Ergebnis erzielt werden. Lediglich 7,6% der Patienten zeigten ein mäßiges Ergebnis. Damit liegen unsere Werte auf dem gleichen Niveau, wie von Steimer et al. für den gleichen Schafttyp angegeben wurde. Die Autoren erzielten eine Steigerung von präoperativ 35 Punkten auf 93,3 Punkte 1 Jahr postoperativ [20]. Schreiner et al. beschreiben für 232 gleichfalls proximal fixierende CLS-Schäfte (NU = 8,9 Jahre) einen HHS von 91,7 Punkten [21]. Traulsen et al. berichten für 113 distal fixierende Zweymüller-Schäfte über eine Verbesserung des HHS von präoperativ 47,1 auf postoperativ 86,8 Punkte [3].

Auch im WOMAC-Score zeigte sich in allen 3 Unterkategorien (Schmerzen, Steifigkeit, Behinderung) zu allen Messzeitpunkten eine signifikante Verbesserung. Steimer et al. konnten für den identischen Schafttyp IMAGE eine Reduktion des WOMAC von präoperativ 70,1 Punkten auf Werte < 10 Punkte ab einem Nachuntersuchungszeitpunkt von 6 Monaten nachweisen [20]. Gleiche Ergebnisse erreichte in seiner Studie die Bicontact-Geradschaftprothese. Diese Werte liegen leicht unter dem von uns beobachteten Niveau.

Die leichte Verschlechterung der Werte nach 60 Monaten, sowohl im HHS- als auch im WOMAC-Score, ist auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Zum einen sind die Patienten 5 Jahre älter geworden und weisen damit ein höheres Risiko auf, auch an anderen Gelenken Beschwerden zu haben. Immerhin litten bereits zum Implantationszeitpunkt 50 Patienten auf der Gegenseite an einer Koxarthrose. Des Weiteren müssen implantatbezogene Ursachen berücksichtigt werden. 54,3% der Gleitpaarungen mit PE zeigten einen röntgenologisch nachweisbaren Abrieb, der als mögliche Ursache einer schmerzhaften Synovialitis infrage kommt (● Abb. 4) [22].

Kim et al. konnten bei der Analyse von 1648 primären HTEPs mit 3,6% Luxationsrate eine erhöhte Luxationsrate bei großer bzw. kleiner Antetorsion von Pfanne und Schaft feststellen [23]. Die im Rahmen der externen Qualitätssicherung gewonnenen Daten weisen dagegen eine mittlere Luxationsrate von 1,7% bei einer

Spanne von 0–18,2% auf [24]. Damit liegen unsere Ergebnisse zwar innerhalb dieser Spanne, jedoch mit 8,4% deutlich über dem Mittelwert und über dem angegebenen Referenzwert von 5%. Die Ursachenanalyse zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen Pfanneninklination und Luxationsrate in 3 Fällen (Inklination 57°, 58° und 60°), die in der Gruppe mit Luxationen im Mittel 52°, in der Gruppe ohne Luxation 46° betrug. Diese Fälle sind nicht dem Schaft anzulasten, sodass sich eine Luxationsrate von 5 von 95 (5,3%) ergibt. Ein 2. wesentlicher Faktor ist im postoperativen Nachsinken des Schaftes zu sehen (6, 8 und 12 mm). Hierfür sind Implantationsfehler wie zu geringe Schaftgröße (2-mal) und falsche Patientenauswahl (je 1-mal Osteoporose mit Dorr-C-Konfiguration) verantwortlich zu machen. In 2 Fällen ist aus unserer Sicht die postoperative Verminderung des DRM für die Luxationen verantwortlich. Sie betrug in diesen Fällen zwischen 10 bzw. 19 mm bei korrekter Pfannenpositionierung. In der Gesamtgruppe betrug die Differenz der DRM dagegen lediglich 6,9 mm (● Tab. 1). Wie bereits erwähnt, war es nach Einführung eines lateralisierten Schaftes eher möglich, das Offset zu korrigieren und damit die Verringerung der DRM auszugleichen, sodass danach keine Luxationen mehr auftraten.

Die allgemeinen Komplikationen wie Frühinfekt, Spätinfekt und Femoralisparese liegen im Niveau zahlreicher Literaturangaben. Die periprothetischen Frakturen führen wir auf eine unkorrekte Indikation zur Implantation zurück, da bei beiden Patienten eine Kombination aus höhergradiger Osteoporose und Schafttyp Dorr C vorlag (● Abb. 5). Im Gegensatz dazu fanden Meding et al. bei Implantation eines „proximal porous-coated“ Titanschafts bei Patienten mit Dorr-C-Konfiguration keine größeren Komplikationen als bei Dorr-A- oder -B-Konfiguration beschrieben [25].

## Schlussfolgerung

Mit dem anatomischen Geradschaft IMAGE lassen sich bei regelrechter Patientenauswahl mittelfristig gute bis sehr gute klinische und radiologische Ergebnisse erzielen. Er ist sowohl für die operative Versorgung primärer als auch sekundärer Koxarthrosen geeignet. Das Auftreten spezifischer intra- oder postoperativer Komplikationen konnte nicht beobachtet werden.

Nach Analyse der periprothetischen Lysesäume, Schaftsinterung und Kortikalishypertrophie kann von einer metaphysären Verankerung in 81% der Fälle ausgegangen werden. In keinem Fall traten exzessive proximale Osteolysen auf, wie sie infolge des Stress-Shieldings von anderen Prothesenmodellen her bekannt sind.

Die Implantation sollte bei Patienten mit einer Dorr-C-Konfiguration des proximalen Femurs und bei osteoporotischen Knochenverhältnissen nicht erfolgen.

**Interessenkonflikt:** Nein

## Literatur

- 1 Aldinger PR, Breusch SJ, Lukoschek M et al. A ten- to 15-year follow-up of the cementless Spotorno stem. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003; 85: 209–214
- 2 Schneider U, Breusch SJ, Thomsen M et al. Einfluss der Implantatposition einer Hüftendoprothese auf die Standzeit am Beispiel des CLS-Schaftes. *Unfallchirurg* 2002; 105: 31–35
- 3 Traulsen FC, Hassenpflug J, Hahne HJ. Langzeitergebnisse mit zementfreien Hüfttotalprothesen (Zweymüller). *Z Orthop* 2001; 139: 206–211
- 4 Vervest TM, Anderson PG, Van Hout F et al. Ten to twelve-year results with the Zweymüller cementless hip prosthesis. *J Arthroplasty* 2005; 20: 362–368

- 5 Thomas W, Lucente L, Tafuro L et al. Segmentale Fixationsklassifikation femoraler Hüftendoprothesen. In: Jerosch J, Heisel J, Imhoff AB, Hrsg. Fortbildung Orthopädie-Traumatologie. Band 11: Hüfte. Darmstadt: Steinkopff; 2005: 111–119
- 6 Noble PC, Alexander JW, Lindahl LJ et al. The anatomic basis of femoral component design. Clin Orthop Relat Res 1988; 235: 148–165
- 7 Behrens BA, Wirth CJ, Windhagen H et al. Numerical investigations of stress shielding in total hip prostheses. Proc Inst Mech Eng 2008; 222: 593–600
- 8 Dohle J, Becker W, Braun M. Radiologische Analyse der ossären Integration nach Implantation der Alloclassic-Zweymüller-Hüft-TEP. Z Orthop 2001; 139: 517–524
- 9 Hubel W, Gutknecht T. Die periprothetische Knochendichteentwicklung nach Implantation des Hüftschaftes GSS-CL. In: Buchreihe für Orthopädie und orthopädische Grenzgebiete. Rossak K, Hrsg. Hüft- und Schulterendoprothetik. Neumann H-W, Ascherl R, Hrsg. Band 18. Uelzen: Med Lit Verlagsgesellschaft; 2002: 37–40
- 10 Adam F, Hammer DS, Pape D et al. The internal calcar septum (femoral thigh spur) in computed tomography and conventional radiography. Skeletal Radiol 2001; 30: 77–83
- 11 Jerosch J, Funken S. Veränderungen des Offsets nach Implantation von Hüftalloarthroplastiken. Unfallchirurg 2004; 107: 475–482
- 12 Wang XZ, Xia LW. Effects of femoral offset on soft tissue balance in total hip arthroplasty. China J Orthop Traumatol 2008; 2: 184–186
- 13 Siebold R, Scheller G, Schreiner U et al. Langzeitergebnisse mit dem zementfreien CLS-Schaft von Spotorno. Orthopäde 2001; 30: 317–322
- 14 Schroeder-Boersch H, Arnold P, Schüle B et al. Die Radiologischen Ergebnisse der ARO-Multicenterstudie. Orthopäde 1998; 27: 333–340
- 15 Schramm M, Keck F, Hohmann D et al. Total hip arthroplasty using an uncemented femoral component with taper design: outcome at 10-year follow-up. Arch Ortho Trauma Surg 2000; 120: 407–412
- 16 Canales V, Panisello JJ, Herrera A et al. Extensive osteolysis caused by polyethylene particle migration in an anatomical hydroxyapatite-coated hip prosthesis: 10 years' follow-up. J Arthroplasty 2009; ohne Seitenzahl, DOI: 10.1016/j.arth.2009.08.021
- 17 Puhl W, Mauch C. Endoprothesendesign und Krafteinleitung am Femur in der Hüftendoprothetik – Aussagemöglichkeiten des konventionellen Röntgenbildes. In: Arbeitsgemeinschaft für Endoprothetik, Hrsg. AE-Bulletin. Stuttgart: Enke; 1998: 1–7
- 18 Rivera VR, Parks BG, Boucher HR. Longitudinal and axial stability of a cementless metaphyseal versus a fully porous coated cylindrical femoral stem. J Surg Orthop Adv 2009; 18: 99–102
- 19 Wilhelm K, Conrad R, Reich H et al. Radiologische Veränderungen nach Implantation zementfreier Hüftgelenkendoprothesen. Akt Radiol 1998; 8: 225–231
- 20 Steimer O, Adam F, Johann S et al. Primärstabilität von zementfrei implantierten Hüftendoprothesenschäften aus Titan mit metaphysärer Verankerung. Z Orthop 2006; 144: 587–593
- 21 Schreiner U, Scheller G, Herbig J et al. Mid-term results of the cementless CLS stem. A 7-to 11-year follow-up study. Arch Orthop Trauma Surg 2001; 121: 321–324
- 22 Little NJ, Busch CA, Gallagher JA et al. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset. Clin Orthop Relat Res 2009; 467: 2895–2900
- 23 Kim YH, Choi Y, Kim JS. Influence of patient-, design-, and surgery-related factors on rate of dislocation after primary cementless total hip arthroplasty. J Arthroplasty 2009; 24: 1258–1263
- 24 Mohr VD. Externe vergleichende Qualitätssicherung zur TEP bei Coxarthrose. Der Chirurg 2003; 4: 98–104
- 25 Meding JB, Galley MR, Ritter MA. High survival of uncemented proximally porous-coated titanium alloy femoral stems in osteoporotic bone. Clin Orthop Relat Res 2010; 468: 441–447