

Jörg Jerosch, Andreas Breil-Wirth, Christian Kothny, Christian Grasselli, Lars Victor von Engelhardt

# Hüftendoprothese beim jungen Patienten

## Zusammenfassung:

Während früher bei der Versorgung von jungen Patienten mit Hüftarthrose vor allen Dingen die rheumatoide Arthritis im Vordergrund stand, ist es heutzutage mehr die Kopfnekrose sowie die Hüftdysplasie. Der vorliegende Artikel gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der hüftendoprothetischen Versorgung junger Patienten, unter besonderer Berücksichtigung der modernen schenkelhalsteilerhaltenden Kurzschaftprothesen.

## Schlüsselwörter:

Coxarthrose, junge Patienten, Endoprothese, Kurzschaft

## Zitierweise:

Jerosch J, Breil-Wirth A, Kothny C, Grasselli C, von Engelhardt LV: Hüftendoprothese beim jungen Patienten. OUP 2019; 8: 413–419

DOI 10.3238/oup.2019.0413-0419

## Einleitung

Eine endoprothesenpflichtige Coxarthrose kann bei Kindern, Jugendlichen und jüngeren Erwachsenen vorliegen [1, 20]. Die Hüftprothese ist hier eine effektive Form der Therapie [1, 17, 26, 35]. Bei jüngeren Patienten wird verständlicherweise die Indikation zur Endoprothese wegen der reduzierten Überlebensrate des Implantats und der potenziellen Notwendigkeit für mehrfache Revisionen zurückhaltend gestellt [5, 15, 21, 49]. Die Wahrscheinlichkeit einer Revisionsoperation ist reziprok proportional zum Alter der Patienten [5, 11, 15, 45, 49]. Prinzipiell bestehen Alternativen zur Hüftendoprothese in Form der Resektionsarthroplastik, arthroskopischer Verfahren, Osteotomien im Bereich des Azetabulums und des proximalen Femurs [25, 33, 36, 47]. Diese Verfahren sind prinzipiell auch geeignet, eine Schmerzreduktion durchzuführen und die Funktion zu verbessern. Gelenkerhaltende Eingriffe haben jedoch das Risiko, dass spätere endoprothetische Verfahren

deutlich erschwert sind [21, 48, 61]. Die Beratung der Patienten in derartigen Situationen stellt immer eine Schwierigkeit dar.

## Allgemeine Literaturübersicht

In dieser Patientengruppe sind die Implantationszahlen naturgemäß nicht hoch [1]. Medcalf et al. führten anhand des nationalen Prothesenregisters im UK eine Metaanalyse für Alloarthroplastiken bei Patienten unter dem Alter von 20 Jahren durch [44]. Das National Joint Registry (NJR) für England, Wales, Nord-Irland und die Isle of Man wies im Zeitraum von 2003–2017 bei unter 20-Jährigen, die mit einer Hüftendoprothese versorgt wurden, 769 Operationen auf. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 5 Jahre. Trotz des jugendlichen Alters starben 8 Patienten bis zum Zeitraum der Nachuntersuchung. Die häufigsten Gründe für die Revision waren Prothesenlockerungen (20 %) und Protheseninfektionen (20 %). Faktoren

für geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten waren Metall-Metall-Gleitpaarungen, Metall-Polyethylen-Gleitpaarungen sowie der Oberflächenersatz. Signifikant besser schnitten Keramik-Polyethylen-Gleitpaarungen und Keramik-Keramik-Gleitpaarungen ab ( $P = 0,002$ ). Ebenfalls positiver hinsichtlich der Revisionsrate waren Eingriffe, die von Operateuren durchgeführt wurden, die eine geringe Zahl von Hüftendoprothesen in der jungen Altersgruppe durchführten. Operateure, die 5 oder mehr Prothesen in diesem Zeitraum durchführten, zeigten erstaunlicherweise schlechtere Ergebnisse ( $P = 0,030$ ). Die Kaplan-Meier-Überlebensrate zeigte eine 96%ige Wahrscheinlichkeit für ein Überleben der Implantate nach 5 Jahren. Demgegenüber vermuten verschiedene Autoren, dass es ein reziproker Zusammenhang zwischen Anzahl der Operationen pro Operateur und Rate der Frühlockerungen existiert [34, 51]. So zeigten Ravi et al. einen Zusammenhang zwischen dem erhöhten Revisionsrisiko einer Frührevisi-

## Hip replacement in young patients

**Summary:** Traditionally the rheumatoid arthritis was the main indication for hip replacement in the young patient. This however has changed to patients with avascular femoral head necrosis or hip dysplasia. The present article gives an overview on the results of total hip replacement in young patient with special focus on partial neck preserving short stem designs.

**Keywords:** hip osteoarthritis, young patient, hip replacement, short stem

**Citation:** Jerosch J, Breil-Wirth A, Kothny C, Grasselli C, von Engelhardt LV: Hip replacement in young patients. OUP 2019; 8: 413–419 DOI 10.3238/oup.2019.0413–0419

on, wenn der Operateur weniger als 35 Prothesen pro Jahr implantiert. Andererseits hat sich auch gezeigt, dass die Erfahrung des Operateurs in speziellen Subgruppen, beispielsweise bei der rheumatoiden Arthritis unabhängig von der Fallzahl der Implantationen pro Jahr ist [51]. In früheren Studien waren es hauptsächlich Patienten mit einer juvenilen rheumatoiden Arthritis, die mit einer Endoprothese versorgt wurden. Die Diagnose der rheumatoiden Arthritis reichte bis zu mehr als einem Drittel der Fälle [1]. Metcalfe et al. fanden in ihrer Registerstudie aus dem NJR nur noch 16 % der Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis. 21 % hatten eine Osteonekrose, 19 % eine Dysplasiarthrose und 20 % eine degenerative Coxarthrose [44]. Die Indikation zum Metall-Metall-Oberflächenersatz nahm nach 2008 deutlich ab und verschwand im Jahr 2011 in dieser Altersgruppe nahezu vollständig. Die Ursachen sind sicherlich die Revisionsraten in den Registerdaten und berechtigte Sicherheitsbedenken der Metallabriebe [42, 54, 55]. Depuy zog seinen Oberflächenersatz in Europa im Jahre 2010 zurück. Insbesondere bei jungen Patienten gab es die große Sorge, dass die lange Exposition hinsichtlich der potenziell schädigenden Metallabrieb-Ionen – gerade bei Frauen, bei denen noch eine Schwangerschaft bevorsteht – ein großes Risiko darstellt [49, 53]. Metcalfe et al. und andere Studien zeigten, dass gerade der Oberflächenersatz aufgrund der hierfür typischen Schenkelhalsfrakturen häufiger einer Revision bedurfte [7, 44]. Schließlich zeigte sich eine substanzielle Zunahme der zement-

freien Standardprothesen oder Hybridimplantaten, welche auch schon in früheren Berichten Verwendung fanden [1, 37, 44, 45]. Beim Versagen der konventionellen ultrahochmolekularen Polyethylen(UHMWPE)-Metall-Gleitpaarungen ist die aseptische Lockerung der häufigste Lockungsmechanismus. Die Inzidenz ist reziprok zum Patientenalter [13]. Es kann durchaus sein, dass dieser Trend in Zukunft aufgrund der neueren Crosslink-Polyethylene (XLPE) verändert wird [4, 38]. Im NJR-Register ist eine Differenzierung zwischen XLPE- und UHMWPE-Implantaten jedoch nicht vorgenommen, sodass hier nur eine begrenzte Aussage möglich ist [62].

Unter Berücksichtigung aller Altersgruppen zeigte das NJR bei primären Hüftendoprothesen und einer Nachuntersuchungsrate von 12 Jahren eine vergleichsweise hohe Revisionsrate von 5 %. Ein systematisches Review über die Überlebensrate von Hüftendoprothesen bei jungen Patienten zeigte eine Revisionsrate zwischen 5 und 20 % [14]. Metcalfe et al. zeigten hingegen bei jungen Patienten im NJR eine 5-Jahres-Überlebensrate von 96 % [44]. Die Gründe können hierin liegen, dass in den vorherigen Studien deutlich mehr Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis enthalten sind [1, 49, 50]. In weiteren Registerstudien zu jüngeren Patienten fand sich zur Überlebensrate kein Zusammenhang zum Operationszugang, zu der Art der Fixation und der Indikation für die Operation, auch fand sich keine erhöhte Revisionsrate bei Rheumapatienten wie es in anderen Studien der Fall war [24, 35].

Solarino et al. publizierten die Ergebnisse von Keramik-Keramik-Gleitpaarungen bei Patienten unter 50 Jahren. Nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 14,9 Jahren fand sich keine Revision wegen Abrieb- und/oder Keramikbruch-Komponenten. Der mittlere Harris-Hip-Score betrug 90 Punkte [56]. Auch Hannouche et al. untersuchten Keramik-Keramik-Gleitpaarungen bei jüngeren Patienten von unter 20 Jahren. Bei einem mittlerem Nachuntersuchungszeitraum von 8,8 Jahren fand sich bei 7 % der Patienten ein asymptomatisches Quietuschen. Die 10-Jahres-Überlebensrate betrug 90 %. Die Überlebensrate bei Patienten mit Osteonekrose war nicht anders als bei Patienten mit anderen Diagnosen [23].

Yeoman et al. verglichen zementierte Azetabulumkomponenten (Exter Pfanne, Stryker) bei Patienten unter 50 Jahren mit älteren Patienten mit einem Minimum-Nachuntersuchungszeitraum von 5 Jahren. Radiologisch und in der Patientenzufriedenheit fand sich im Oxford-Hip-Score kein signifikanter Unterschied. Die Autoren schlussfolgerten, dass zementierte Azetabulumkomponenten für ältere und jüngere Patienten vergleichbare Ergebnisse erwarten lassen [63].

Warth et al. konnten bei Patienten im Alter von unter 50 Jahren zementierte Charnley-Prothesen mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 35 Jahren präsentieren. Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung konnten noch 41 (44 %) Patienten dokumentiert werden. 37 % der Prothesen waren zwischenzeitlich revi-

diert oder entfernt. Ursache war vor allem die aseptische Lockerung, die zu 22 % das Acetabulum und zu 8 % die femorale Komponente betraf [59].

Streit et al. untersuchten ein unzementiertes Geradschaft-Prothesensystem der zweiten Generation (Press-Fit Fitmore Acetabulum, CLS Spotorno Schaft mit 28 mm Metasul Gleitpaarung oder 28 mm Keramik-Gleitpaarung in Kombination mit einem konventionellem Polyethylen, Zimmer-Biomet). Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug 49 Jahre. Die mittlere klinische und radiologische Nachuntersuchungszeit betrug 12 Jahre. Die Kaplan-Meier-Überlebensrate zeigte nach 12 Jahren einen Endpunkt von 94 % [57].

### Spezielle Aspekte bei Kurzschafthprothesen für junge Patienten

Femurknochen-sparende Hüftprothesen sind schon mehr als 20 Jahre in Verwendung. Insbesondere für junge Patienten werden sie häufig eingesetzt (Abb. 1) [27]. Nachdem sich die ursprüngliche Euphorie um den Oberflächenersatz gelegt hatte und die oben genannten Probleme mehr als deutlich zutage traten, wurden von jeder Prothesenfirma zunehmend Kurzschafthprothesen entwickelt. Dies soll den Knochenhalt am proximalen Femur und somit die Knochensituation für weitere Revisionseingriffe verbessern. Darüber hinaus wollte man eine physiologischere Belastung des proximalen Femurs sicherstellen. Das für konventionelle zementfreie Systeme Stress-Shielding mit einem entsprechenden proximalen Knochenabbau soll sich durch die physiologische Krafteinleitung reduzieren. Neben der Reduktion des Knochenverlusts sollen hierdurch die hiermit einhergehenden Oberschenkel Schmerzen verhindert werden [32, 58]. Auch sehen die Autoren hier Vorteile für die im späteren Lebensalter doch recht häufig zu findenden Stürze. Die Inzidenz sturzbedingter periprothetischer Frakturen am proximalen Femur könnte sich mit einem reduzierten Stress-Shielding reduzieren.

Bei konventionellen Endoprothesensystemen, aber auch bei bestimmten Kurzschafthsystemen zeigten sowohl die präoperativen Planungen



**Abbildung 1a-b** Versorgung einer jungen Patientin mit beidseitiger adaptierter Druckscheibenprothese; **a)** präoperatives Bild mit mehrfachen Voroperationen; **b)** postoperatives Bild

als auch die radiologischen Ergebnisse häufig eine nicht adäquate Rekonstruktion des individuellen Femur-Offsets und der Beinlänge [28, 60]. Diese Veränderungen in der postoperativen Hüftgeometrie führen zu einer Reduktion der Weichteilspannung sowie auch zu einer verminderten muskulären Vorspannung. Dieses kann mit einer signifikanten Insuffizienz der Glutealmuskulatur und einer klinisch relevanten Hüftinstabilität einhergehen [3, 43]. Dies ist insbesondere für den jungen, aber auch für ältere Patienten, die hohe Ansprüche an eine gute Funktion haben, ungünstig.

Die standardmäßig verwendete Femurosteotomie zur Implantation

einer Hüftprothese führt zu einer sog. Bottom-up-Strategie. Hierbei sind eine standardisierte Osteotomiehöhe und -ausrichtung vorgegeben; die Rekonstruktion der Hüftgeometrie erfolgt durch modularen Aufbau der Femurprothesenkomponenten (z.B. Metha-Prothese, Braun Aesculap) oder durch eine große Anzahl von unterschiedlich geformter Prothesendesigns (z.B. Fitmore Prothese, Zimmer-Biomet) [32]. Bei schenkelhalterhaltenden Prothesen (z.B. Minihip-Prothese, Corin) erfolgt die Rekonstruktion der individuellen Biomechanik über einen anderen Weg. Diese Minihip wurde anhand von präoperativen CT-Daten entwickelt

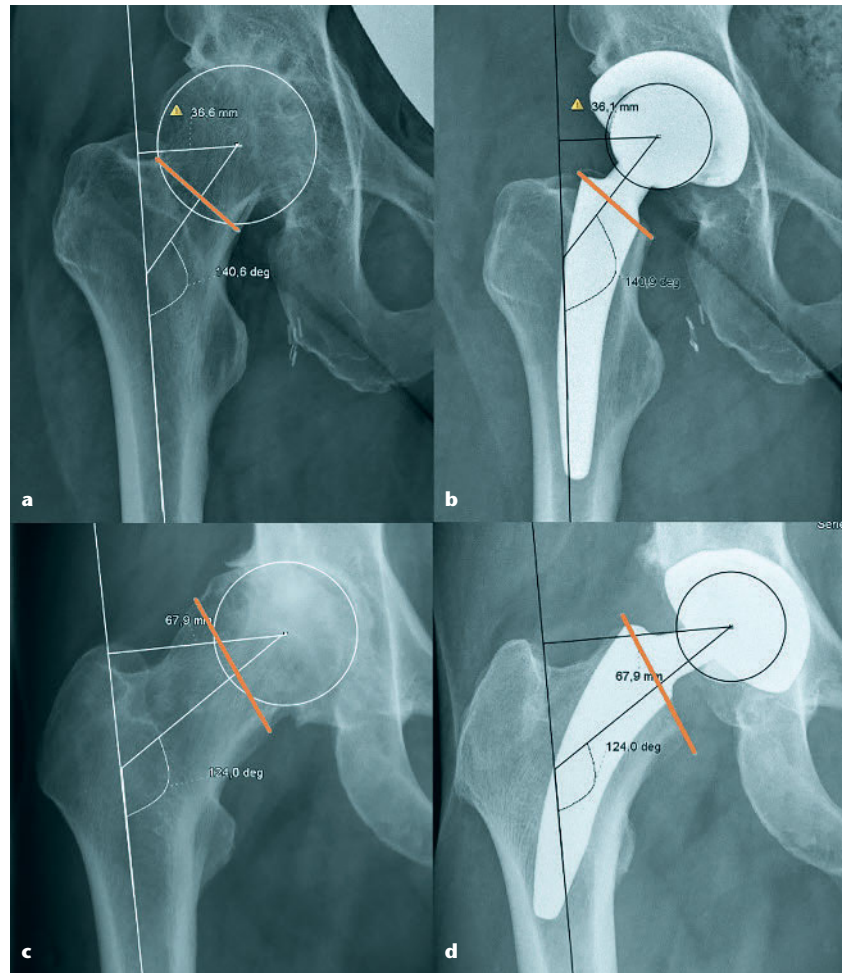


und hatte das Ziel, ein individuelles Resektionsniveau am Schenkelhals zu ermöglichen [30–32]. Dies erlaubt ein Top-down-Konzept. Hierbei wird zunächst das zu rekonstruierende Rotationszentrum des Azetabulums festgelegt. In dieses Rotationszentrum hinein wird das Rotationszentrum des Schafts als schenkelhalsausfüllendes Implantat geplant, womit sich dann die individuelle Osteotomiehöhe für jeden Patienten ergibt. Dadurch sind die individuelle Antetorsion, das femorale Offset, der CCD-Winkel und die Beinlänge gut rekonstruierbar (Abb. 2) [9, 30]. Aus diesen Überlegungen heraus hat sich eine Klassifikation von Kurzschaftprothesen in

1. schenkelhalserhaltend,
2. individuell teilerhaltend und
3. resezierend ergeben [31, 32].

### Biomechanik

Auf den ersten Blick mag man annehmen, dass Kurzschaftsysteme aufgrund der kurzen Verankerungsstrecke eine geringere Primärstabilität aufweisen. Bei dieser Betrachtung gilt es, schenkelhalsresezierende und schenkelhalsteilerhaltende Schäfte zu differenzieren. Schenkelhalsresezierende Schäfte verhalten sich grundsätzlich wie Standardschäfte und definieren sich über ihren Verankerungsmodus im Femurschaft. Schenkelhalsteilerhaltende Schäfte hingegen nutzen den Schenkelhals mit für die Verankerung. Dies führt zu einer posterior-anterior-posterioren (PAP) Verankerung unter Einbeziehung des Schenkelhalses (Abb. 3). Im Gegensatz zu einem Gradschaftsystem sichert dies nicht nur eine axiale Primärstabilität, sondern dies erhöht auch zusätzlich eine primäre Rotationsstabilität [6, 29]. Drosos und Touzopoulos untersuchten die Primärstabilität von Kurzschaften anhand eines systematischen Literaturreviews [16]. Es fanden sich hierbei vornehmlich Arbeiten für die schenkelhalsteilerhaltenden Prothesen. Die Autoren zeigten, dass die Primärstabilitäten bei dieser Art der Kurzschaften vergleichbar sind zu der Stabilität von Standardschäften. Ferguson et al. untersuchten in einer randomisierten Studie 26 Patienten mit einem Kurzschaft (Minihip, Corin) und 23 Patienten mit einem Standardschaft

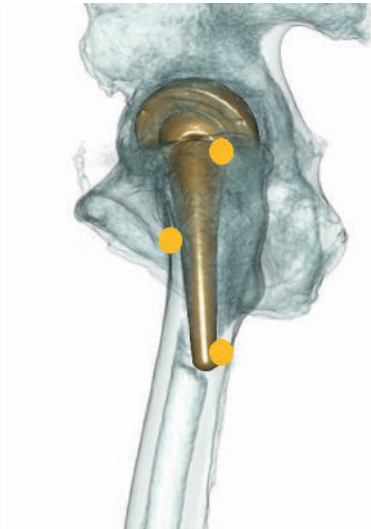


**Abbildung 2 a–d** Top-down-Konzept der Minihip zur Wiederherstellung der individuellen Geometrie. Die individuelle Femurhalsresektion und die physiologische Orientierung der schenkelhalsteilerhaltenden Prothese erlaubt die Rekonstruktion der patientenindividuellen Geometrie von **a, b**) Valus- und **c, d**) Varus-Hüften.

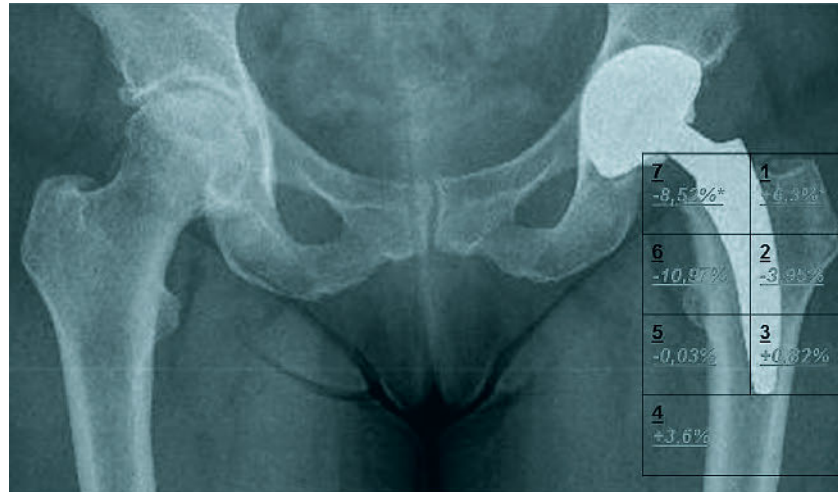
(Metafix, Merete) mittels einer radiostereometrischen Analyse (RSA). Nach 2 Jahren zeigten die Patienten mit der Minihip-Kurzschaftprothese im Vergleich zu denen mit der konventionellen Metafix-Prothese eine signifikant geringere Subsidence (inferiore Migration) [19].

Untersuchungen mittels Doppelröntgenabsorptiometrie (dual energy X-ray absorptiometry, DEXA) zeigen, dass der größte Umbau nach einer zementfreien Hüftprothesenimplantation in den ersten 3–6 Monaten nach der Operation stattfindet und nach einem Jahr ein Plateau erreicht wird [40, 41]. In den folgenden 1–2 Jahren erfolgen langsame Anpassungen. Auch der schenkelhalsteilerhaltende Minihip-Schaft zeigt in den ersten 3–6 Monaten eine proximal betonte Knochendichteminderung, die aller-

dings geringer ausfällt als bei den Standardschäften. Im Weiteren kommt es dann zu einer Konsolidierung der periprothetischen Knochendichte [18]. Der periprothetische Knochendichteverlust in den ersten 6 Monaten deckt sich mit Ergebnissen anderer Studien [2, 12, 22, 39, 41, 46, 52]. Den im Vergleich zu den Standardschäften geringeren, moderaten Knochendichteverlust in den proximalen Gruen-Regionen nach einem Jahr bestätigen neben Untersuchungen zur Minihip [18] auch Studien anderer schenkelhalsteilerhaltender Kurzschaften wie die Metha-Kurzschaftprothese [8, 41]. Ebenfalls gute Ergebnisse zeigt die Nanos-Kurzschaftprothese (Smith & Nephew) [8, 22]. Aus der Gruppe der schenkelhalsteilerhaltenden Kurzschaftprothesensysteme schert ledig-



**Abbildung 3** Hohe primäre Stabilität der Minihip aufgrund der axialen PAP (postero-anterio-posteroren) Verankerung



**Abbildung 4** Prozentuale Knochendichteveränderung 6 Monate versus 5 Jahre postoperativ. Zwar zeigt sich ein geringer Knochenabbau medial in Gruen-Zone 6 und 7, ansonsten kam es jedoch zu einer Stabilisierung bzw. sogar zu einem Knochenaufbau am Trochanter Major in Gruen Zone 1.

lich der CFP-Schaft (Link) mit Knochendichteverlust von über 30 % in der Gruen-Zone 7 aus [39]. Eine Besonderheit dieser Prothese ist ein Kragen als Halsauflage, der laut Produktbeschreibung der Einleitung physiologischer Druckkräfte in das Femur dienen soll. Hier scheint es, dass die Idee einer physiologischen Krafteinleitung über eine Halsauflage nicht richtig bzw. noch nicht ausgereift ist. Die positiven Entwicklungen, die nach 12 Monaten beim Minihip-Schaft zu erkennen waren [18], setzten sich nach 5 Jahren weiter fort. Im Bereich des Trochanter major (Gruen 1) zeigte sich weiterhin eine Zunahme des BMD, also ein Knochenaufbau. Am Trochanter minor (Gruen 6) hingegen ein weiterer, allerdings minimaler Verlust (Abb. 4).

### Klinische Daten

Capone et al. untersuchten einen Kurzschaft (Nanos, Smith & Nephew) bei Patienten mit einer Osteonekrose im Alter von 60 Jahren oder jünger nach 3–10 Jahren [10]. Im gesamten Zeitraum zeigte sich eine signifikante Verbesserung im WOMAC-, UCLA- und Harris-Hip-Score. Zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung zeigte sich keine Osteolyse oder eine Revision. In einer prospektiven Studie untersuchten wir 186 Patienten, die eine schenkelhalsteilerhaltende Kurzschaftprothese (Minihip, Corin) er-

hielten. Es fand sich keine Begrenzung hinsichtlich des Alters der Patienten, die im Mittel 59 Jahre alt waren [58]. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug knapp 10 Jahre. Präoperativ und postoperativ zeigten die jährlichen Nachuntersuchungen im Oxford-Hip-Score (OHS) und im Hip-Dysfunction-Osteoarthritis-and-Outcome-Score (HOOS) eine signifikante Verbesserung mit exzellenten Werten. Von Jahr zu Jahr blieben diese guten klinischen Ergebnisse konstant. Die standardisierten Beckenübersichts- und axialen Röntgenaufnahmen der betroffenen Hüften zeigten bis auf einen Fall mit einem asymptomatischen Patienten kein proximales Stress-Shielding der femoralen Komponente. Diese Subgruppenanalysen zeigten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Alters, der Ätiologie, der Hüfterkrankung oder der Gleitpaarung. Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung wurden 2 femorale Komponenten aufgrund einer symptomatischen Sinterung revidiert. Dieses erfolgte 4 und 12 Monate postoperativ. In Anbetracht dieser beiden frühen Revisionen ergibt sich eine Überlebensrate für aseptische Lockerungen nach 10 Jahren von 98,7 %.

### Schlussfolgerung

Das Konzept der schenkelhalsteilerhaltenden Kurzschäfte scheint auch

für junge Patienten reliabel. Trotz des Monoblock-Designs, das die ansonsten gar nicht so seltenen Konusbrüche sicher vermeidet, erlaubt das Top-down-Konzept eine vergleichsweise sichere und genaue Rekonstruktion der Gelenkgeometrie. Anhand der RSA-Messungen zeigt sich im Vergleich zu den Standardschäften eine hohe Primärstabilität. Anhand der DEXA-Messungen und der röntgenologischen Verlaufuntersuchungen zeigt sich gegenüber den Standardschäften eine dauerhafte und physiologische Krafteinleitung. Der vergleichsweise ungünstige Knochenabbau in den proximalen Gruen-Zonen ist damit deutlich reduziert. Entsprechend der guten osteologischen Eigenschaften und der Ergebnisse zur Gelenkgeometrie ist das kurzzeitige, aber auch langfristige Outcome einschließlich der Langzeitüberlebensraten überzeugend. Moderne, individuell schenkelhalsteilerhaltende Kurzschaftprothesen sind daher zur Versorgung insbesondere von jungen, aber auch älterer Patienten geeignet.

### Interessenkonflikte:

Die Autoren weisen auf folgende Beziehung hin: LVvE erhielt Aufwandsentschädigungen für Vorträge und Instruktionenkurse von der Firma Corin. JJ erhält Beraterhonorare von den Firmen Corin und Implantcast.

## Literatur

- Adelani MA, Keeney JA, Palisch A, Fowler SA, Clohisey JC: Has total hip arthroplasty in patients 30 years or younger improved? A systematic review. *Orthop Relat Res* 2013; 471: 2595–601
- Aldinger PR, Sabo D, Pritsch M et al.: Pattern of periprosthetic bone remodeling around stable uncemented tapered hip stems: a prospective 84-month follow-up study and a median 156-month cross-sectional study with DXA. *Calcif Tissue Int* 2003; 73: 115–21
- Asayama I, Chamnongkitch S, Simpson KJ, Kinsey TL, Mahoney OM: Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2005; 20: 414–20
- Atrey A, Ward SE, Khoshbin A et al.: Ten-year-follow-up-study of three alternative bearing surfaces used in total hip arthroplasty in young patients; a prospective randomised controlled trial. *Bone Joint J* 2017; 99: 1590–5
- Bayliss LE, Culliford D, Monk AP et al.: The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study. *Lancet* 2017; 389: 1424–30
- Bieger R, Ignatius A, Dürselen L, Reichel H: In-vitro Primärstabilitätstestung einer neuen Kurzschafthoprothese im Vergleich zum Standardschaft. *Jahreskongress der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen, Baden-Baden, 2011*
- Brennan SA, Devitt BM, O'Neill CJ, Nicholson P: Periprosthetic fractures in the resurfaced hip – a case report and review of the literature. *Injury* 2013; 44: 263–5
- Brinkmann V, Radetzki F, Delank K, Wohlrab D, Zeh A: A prospective randomized radiographic and dual-energy X-ray absorptiometric study of migration and bone remodeling after implantation of two modern short-stemmed femoral prostheses. *J Orthop and Traumatol* 2015; 16: 237–43
- Buttaro M, Nally F, Diaz F et al.: Which prosthetic system restores hip biomechanics more effectively? Poster at the ICJR World Arthroplasty congress, 16.–18. April 2015, Paris, France
- Capone A, Bienati F, Torchia S, Podda D, Marongiu G: Short stem total hip arthroplasty for osteonecrosis of the femoral head in patients 60 years or younger: a 3- to 10-year follow-up study. *BMC Musculoskelet Disord* 2017; 18: 301
- Cash DJ, Khanduja V: The case for ceramic-on-polyethylene as the preferred bearing for a young adult hip replacement. *Hip Int* 2014; 24: 421–7
- Chen HH, Morrey BF, An KN, Luo ZP: Bone remodeling characteristics of a short-stemmed total hip replacement. *J Arthroplasty* 2009; 24: 945–50
- Clarke IC, Gustafson A: Clinical and hip simulator comparisons of ceramic-on-polyethylene and metal-on-polyethylene wear. *Clin Orthop Relat Res* 2000; 379: 34–40
- Corbett KL, Losina E, Nti AA, Prokopetz JJ, Katz JN: Population-based rates of revision of primary total hip arthroplasty: a systematic review. *PLoS One*. 2010 Oct 20; 5: e13520
- Costi K, Solomon LB, McGee MA, Rickman MS, Howie DW: Advantages in using cemented polished tapered stems when performing total hip arthroplasty in very young patients. *J Arthroplasty* 2017; 32: 1227–33
- Drosos GI, Touzopoulos P: Short stems in total hip replacement: evidence on primary stability according to the stem type. *Hip Int* 2019; 29: 118–27
- Dudkiewicz I, Salai M, Israeli A, Amit Y, Chechick A: Total hip arthroplasty in patients younger than 30 years of age. *Isr Med Assoc J* 2003; 5: 709–12
- Ercan A, Sherif MS, Schmid G, Filler TJ, Abdelkafy A, Jerosch J: Periprosthetic bone density changes after MiniHipTM cementless femoral short stem: one-year results of dual-energy X-ray absorptiometry study. *SICOT J* 2016; 2: 40
- Ferguson RJ, Broomfield JA, Malak TT et al.: Primary stability of a short bone-condensing femoral stem, a two-year randomized controlled trial using radiostereometric analysis. *Bone Joint J* 2018; 100: 1148–56
- Gee MJ, Ajuied A, Shah Z, George M, Bankes MJ: Systematic review of total hip arthroplasty in patients under 30 years old. *Hip Int* 2013; 23: 345–51
- Girard J, Glorion C, Bonnomet F, Fron D, Migaud H: Risk factors for revision of hip arthroplasties in patients younger than 30 years. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 1141–7
- Götze C, Ehrenbrink J, Ehrenbrink H: Bleibt der Krafteinfluss der Kurzschafthoprothese auf den methaphysären proximalen Femur begrenzt? Osteodensitometrische Analysen der Nanos®-Schafthendoprothese. *Z Orthop Unfall* 2010; 148: 398–405
- Hannouche D, Devriese F, Delambre J et al.: Ceramic-on-ceramic THA implants in patients younger than 20 years. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474: 520–7
- Hekmat K, Jacobsson L, Nilsson JA et al.: Decrease in the incidence of total hip arthroplasties in patients with rheumatoid arthritis – results from a well defined populations in south Sweden. *Arthritis Res Ther* 2011; 13: R67
- Ikemura S, Yamamoto T, Nakashima Y et al.: Transtrochanteric anterior rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head in patients 20 years or younger. *J Pediatr Orthop* 2009; 29: 219–23
- Jäger M, Begg MJ, Ready J et al.: Primary total hip replacement in childhood, adolescence and young patients: quality and outcome of clinical studies. *Technol Health Care* 2008; 16: 195–214
- Jerosch J, Wetzel R, Aldinger G et al.: Konstruktionsprinzipien einer individuellen Druckscheibenprothese (I-DSP). *Biomedizinische Technik* 1999; 44: 64–70
- Jerosch J, Funken S: Change of offset after implantation of hip alloarthroplasties [Article in German]. *Unfallchirurg* 2004; 107: 475–82
- Jerosch J, Glameyer H: Anatomische Anforderungen an ein Kurzschafthsystem (Mini-Hip). *Orthopädische Praxis* 2009; 45: 74–81
- Jerosch J, Grasselli C, Kothny PC, Litzkow D, Hennecke T: Reproduction of the anatomy (offset, CCD, leg length) with a modern short stem hip design – a radiological study. *Z Orthop Unfall* 2012; 150: 20–6
- Jerosch J. *Kurzschafthprothesen an der Hüfte*. 1. Auflage, Berlin: Springer-Verlag, 2017; 197–233
- Jerosch J, von Engelhardt LV: A differentiated view on short stemmed hip arthroplasty – what are the differences in fixation and biomechanics? *Z Orthop Unfall* 2019, DOI 10.1055/a-0808–5115
- Kaneuji A, Sugimori T, Ichiseki T et al.: Rational acetabular osteotomy for osteoarthritis with acetabular dysplasia: conversion rate to total hip arthroplasty within twenty years and osteoarthritis progression after a minimum of twenty years. *J Bone Surg Am* 2015; 97: 726–32
- Katz JN, Losina E, Barrett J et al.: Association between hospital and surgeon procedure volume and outcomes of total hip replacement in the United States medicare population. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83: 1622–9
- Kitsoulis PB, Stafilas KS, Siamopoulo A, Soucacos PN, Xenakis TA: Total hip



- arthroplasty in children with juvenile chronic arthritis: long-term results. *J Pediatr Orthop* 2006; 26: 8–12
36. Kolman SE, Ruzbarsky JJ, Spiegel DA, Baldwin KD: Salvage options in the cerebral palsy hip: a systematic review. *J Pediatr Orthop* 2016; 36: 645–50
37. Kumar A, Bloch BV, Esler C: Trends in total hip arthroplasty in young patients – results from a regional register. *Hip Int* 2017; 27: 443–8
38. Langlois J, Atlan F, Scemama C, Courpied JP, Hamadouche M: A randomised controlled trial comparing highly cross-linked and contemporary annealed polyethylene after a minimal eight-year-follow-up in total hip arthroplasty using cemented acetabular components. *Bone Joint J* 2015; 97:1458–62
39. Lazarinis S, Mattsson P, Milbrink J, Mallmin H, Hailer NP: A prospective cohort study on the short collum femoris-preserving (CFP) stem using RSA and DXA. Primary stability but no prevention of proximal bone loss in 27 patients followed for 2 years. *Acta Orthop* 2013; 84: 32–9
40. Lerch M, Kurtz A, Stukenborg-Colsman C et al.: Bone remodeling after total hip arthroplasty with a short stemmed metaphyseal loading implant: Finite element analysis validated by a prospective DEXA investigation. *J Orthop Res* 2012; 30: 1822–9
41. Lerch M, Kurtz A, Windhagen H et al.: The cementless Bicontact stem in a prospective dual-energy X-ray absorptiometry study. *Int Orthop* 2012; 36: 2211–7
42. Matharu GS, Judge A, Pandit HG, Murray DW: Which factors influence the rate of failure following metal-on-metal hip arthroplasty revision surgery performed for adverse reactions to metal debris? An analysis from the National Joint Registry for England and Wales. *Bone Joint J* 2017; 99: 1020–7
43. Matsushita A, Nakashima Y, Jingushi S, Yamamoto T, Kuraoka A, Iwamoto Y: Effects of the femoral offset and the head size on the safe range of motion in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2009; 24: 646–51
44. Metcalfe D, Peterson N, Wilkinson JM, Perry DC: Temporal trends and survivorship of total hip arthroplasty in very young patients; a study using the National Joint Registry Data Set. *Bone Joint J* 2018; 100: 1320–9
45. National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man. 13th Annual Report, 2016. NJR: [www.njrcentre.org.uk/njrcentre/Portals/0/Documents/England/Reports/13th%20Annual%20Report/07950%20NJR%20Annual%20Report%202016%20ONLINE%20REPORT.pdf](http://www.njrcentre.org.uk/njrcentre/Portals/0/Documents/England/Reports/13th%20Annual%20Report/07950%20NJR%20Annual%20Report%202016%20ONLINE%20REPORT.pdf) (letzter Zugriff am 12.07.2018)
46. Nowak M, Nowak TE, Schmidt R, Forst R, Kress AM, Mueller LA: Prospective study of a cementless total hip arthroplasty with a collum femoris preserving stem and a trabeculae oriented pressfit cup: minimum 6-year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131: 549–55
47. Pafilas D, Nayagam S: The pelvic support osteotomy: indications and preoperative planning. *Strateg Trauma Limb Reconstr* 2008; 3: 83–92
48. Peters CL, Beck M, Dunn HK: Total hip arthroplasty in young adults after failed triple innominate osteotomy. *J Arthroplasty* 2001; 16: 188–195
49. Polkowski GG, Callaghan JJ, Mont MA, Clohisy JC: Total hip arthroplasty in the very young patient. *J Am Acad Orthop Surg* 2012; 20: 487–97
50. Rajaei SS, Theriault RV, Pevear ME, Smith EL: National trends in primary total hip arthroplasty in extremely young patients: a focus on bearing surface usage from 2009 to 2012. *J Arthroplasty* 2016; 31: 63–8
51. Ravi B, Jenkinson R, Austin PC et al.: Relation between surgeon volume and risk of complications after total hip arthroplasty: propensity score matched cohort study. *BMJ* 2014; 348: 3284
52. Roth A, Richartz G, Sander K et al.: Verlauf der periprothetischen Knochenverdichtung nach Hüfttotalendoprothesenimplantation. *Orthopäde* 2005; 34: 334–4
53. Silverman EJ, Ashley B, Sheth NP: Metal-on-metal total hip arthroplasty: is there still a role in 2016? *Curr Rev Musculoskelet Med* 2016; 9: 93–6
54. Smith AJ, Dieppe P, Howard PW, Blom AW: National Joint Registry for England and Wales. Failure rates of metal-on-metal hip resurfacings: analysis of data from the National Joint Registry of England and Wales. *Lancet* 2012; 380: 1759–66
55. Smith AJ, Dieppe P, Vernon K et al.: Failure rates of stemmed metal-on-metal hip replacements: analysis of data from the National Joint Registry of England and Wales *Lancet* 2012; 379:1199–204
56. Solarino G, Zagra L, Piazzolla A, Morizio A, Vicenti G, Moretti B: Results of 200 consecutive ceramic-on-ceramic cementless hip arthroplasties in patients up to 50 years of age: A 5–24 years of follow-up study. *J Arthroplasty* 2019, DOI 10.1016/j.arth.2019.01.057
57. Streit MR, Schröder K, Körber M et al.: High survival in young patients using a second generation uncemented total hip replacement. *Int Orthop* 2012; 36: 1129–36
58. von Engelhardt LV, Breil-Wirth A, Kothny C, Seeger JB, Grasselli C, Jerosch J: Long-term results of an anatomically implanted hip arthroplasty with a short stem prosthesis (Mini-Hip™). *World J Orthop* 2018; 9: 210–9
59. Warth LC, Callaghan JJ, Liu SS, Klaassen AL, Goetz DD, Johnston RC: Thirty-five-year results after Charnley total hip arthroplasty in patients less than fifty years old. A concise follow-up of previous reports. *J Bone Joint Surg Am* 2014; 96: 1814–9
60. Wedemeyer C, Quitmann H, Xu J, Heep H, von Knoch M, Saxler G: Digital templating in total hip arthroplasty with the Mayo stem. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 1023–9
61. Woodcock J, Larson AN, Mabry TM, Stans AA: Do retained pediatric implants impact later total hip arthroplasty? *J Pediatr Orthop* 2013; 33: 339–44
62. Yamamoto K, Tateiwa T, Takahashi Y: Vitamin E-stabilized highly crosslinked polyethylenes: the role and effectiveness in total hip arthroplasty. *J Orthop Sci* 2017; 22: 384–90
63. Yeoman TF, Smy W, Gaston P: A case control study of cemented acetabular total hip arthroplasty components in patients less than 50 with 5-year minimum follow-up. *Hip Int* 2017; 27: 122–127



**Korrespondenzadresse**  
Prof. Dr. med. Dr. h. c. Jörg Jerosch  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie  
und Sportmedizin  
Johanna-Etienne-Krankenhaus  
Am Hasenberg 46  
41462 Neuss  
[j.jerosch@ak-neuss.de](mailto:j.jerosch@ak-neuss.de)