

M. Weber¹, F. Völlner¹, C. Schröter¹, M. Wörner¹

Was gibt's Neues in der Hüftendoprothetik?

What's new in primary total hip arthroplasty?

Zusammenfassung: Die Implantation einer Hüftgelenktotalendoprothese gilt als die erfolgreichste Operation der orthopädischen Chirurgie des letzten Jahrhunderts. In den letzten Jahren finden weichteilschonend minimalinvasive oder „less-invasive“ Zugangswege auch in der primären Hüftendoprothetik zunehmende Verbreitung. Das Wesen der minimalinvasiven Hüftgelenkchirurgie ist dabei allerdings nicht auf den kleineren Hautschnitt begrenzt, sondern fokussiert auf eine maximale Weichteilschonung ohne unnötige Ablösung von Muskel- und Sehnenansätzen am Trochanter major. Gerade in der perioperativen Phase profitieren Patienten von einem verminderten intraoperativen Blutverlust, der verringerten Schmerzsymptomatik und einer konsekutiv verbesserten frührehabilitativen Funktionalität. Computerassistierte Operationsverfahren bieten dem orthopädischen Chirurgen eine verlässliche Kontrollmöglichkeit über die 3-dimensionale Stellung der Einzelkomponenten. Mittlerweile haben sich „bildfreie“ Navigationssysteme, die auf eine prä- und intraoperative Röntgenstrahlenbelastung verzichten, im klinischen Alltag etabliert. Neben der Pfannenstellung lassen sich mit dieser Technologie auch Veränderungen der Beinlänge und des Offsets intraoperativ optimieren. Eine neue Entwicklung in diesem Bereich stellt die femoral-pinfreie Navigation dar, bei der das konventionell im Oberschenkelknochen befestigte Referenzmarkersystem durch ein oberflächliches, nicht-invasives Referenzsystem ersetzt wird. Die nächste Generation von Navigationssystemen für die computerassistierte Hüftendoprothetik wird sich von einem Messinstrument zu einem integralen Bestandteil des Operationsablaufs wandeln. Ziel ist eine an der patientenindividuellen Anatomie ausgerichtete Implantatpositionierung mit verbesserter postoperativer Funktion und optimiertem Bewegungsumfang unter Vermeidung mechanischer Einklemmungphänomene.

Schlüsselwörter: Hüftendoprothetik, minimalinvasiv, Navigation

Zitierweise

Weber, M; Völlner, F; Schröter, C; Wörner, M: Was gibt's Neues in der Hüftendoprothetik. OUP 2013; 7: 352-358.
DOI 10.3238/oup.2013.0352-0358

Abstract: Minimally invasive surgery has become more and more popular in total hip arthroplasty – one of the most successful operative procedures of the last century. Minimally or less invasive techniques do not rely on the length of the skin incision, but focus on the preservation of soft tissue elements such as muscle. Studies show reduced soft tissue trauma, decreased perioperative blood loss and superior clinical outcome in the early postoperative period. Computer-navigated orthopedic surgery offers a reliable control method for a complex 3-dimensional situation. Imageless navigation systems without the need of preoperative or intraoperative image acquisition and exposure to radiation have been proven to increase the accuracy of positioning the acetabular component and measure intraoperative leg length and offset changes precisely. A new development in this field is the noninvasive external femoral reference marker array system in conjunction with an imageless measurement technique. The future generation of imageless navigation systems will switch from simple measurement tasks to an integral part of the surgical process in navigated THA. The aim will be to find an optimized complementary component orientation with improved postoperative functionality and optimized range of motion without impingement.

Keywords: total hip arthroplasty, minimally invasive surgery, computer assisted orthopaedic surgery

Citation

Weber, M; Völlner, F; Schröter, C; Wörner, M: What's new in primary total hip arthroplasty. OUP 2013; 7: 352-358.
DOI 10.3238/oup.2013.0352-0358

¹ Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg, Asklepios Klinikum Bad Abbach

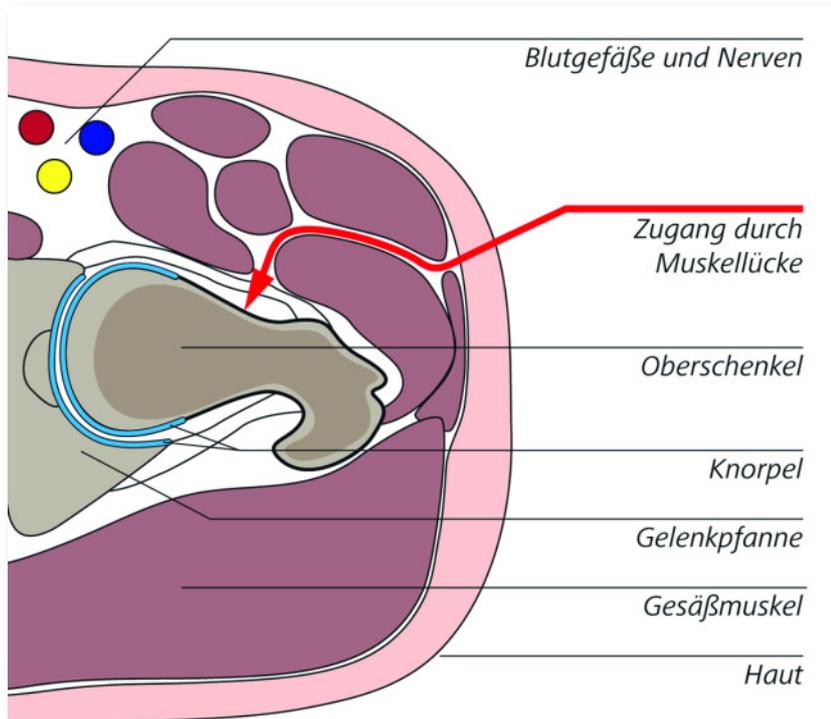


Abbildung 1 Schematischer Zugangsweg für einen anterolateralen minimalinvasiven Hüftgelenkzugang.

Einleitung

Die Implantation einer Hüftgelenktotalendoprothese gilt als die erfolgreichste Operation der orthopädischen Chirurgie des letzten Jahrhunderts [1]. Zwischen 2002 und 2008 stieg die Zahl der pro Jahr in Deutschland implantierten Endoprothesen nach Auswertung der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung um über 46 %. In 2012 wurden über 300.000 Patienten in der Bundesrepublik mit einem künstlichen Hüftgelenk versorgt. Trotz der Standardisierung und der hohen Fallzahlen ist der Eingriff nach wie vor anspruchsvoll. Wesentliche Voraussetzung für eine gute postoperative Stabilität und Funktion des künstlichen Hüftgelenks ist eine optimale, 3-dimensionale Positionierung der Prothesenkomponenten [2]. Anschlagphänomene zwischen knöchernen Strukturen (bony impingement) oder zwischen Prothesenschaft und -pfanne (prosthetic impingement) führen zu erhöhtem Abrieb, vorzeitigem Komponentenverschleiß und frühzeitigen Revisionsoperationen [3]. Vor diesem Hintergrund setzt sich der orthopädische Chirurg bereits in der präoperativen Planung mit der patientenindi-

viduellen, anatomischen Situation und der operationsbedingten Veränderung biomechanisch wichtiger Parameter auseinander. Neben der Pfannenposition werden u.a. auch die Veränderung bzw. Rekonstruktion des Hüftrotationszentrums, der Beinlänge und des Abstands zwischen Oberschenkelknochen und Becken (Offset) geplant [4]. Gelingt die biomechanische Rekonstruktion des Rotationszentrums, der Beinlänge und des Offsets nicht oder nur unzureichend, dann resultieren postoperative Gangasymmetrien mit konsekutivem Rücken-/Knieschmerz, erhöhtem Gleitflächenabrieb und eingeschränktem Bewegungsumfang des künstlichen Gelenks. Damit verbundene Implantatlockerungen und Revisionsoperationen sind gleichbedeutend mit prolongierter Schmerzsymptomatik, Patientenunzufriedenheit, gravierenden sozioökonomischen Folgekosten und – in zunehmendem Maße – hohen Schadenersatzforderungen gegenüber dem Operateur [3–6].

Der Zugang zum Hüftgelenk kann über mehrere Wege erfolgen. Abhängig von der Schnittführung wird dabei eine Lagerung des Patienten in Rücken- oder Seitenlage gewählt. Bei lateralen Zu-

gangswegen kann der Patient sowohl in Rückenlage als auch in Seitenlage operiert werden. Die Schnittführung liegt über dem Bereich des Trochanter major und erfordert die Durchtrennung des Tractus iliotibialis sowie teilweise der Gesäßmuskulatur. Beim dorsalen Zugang wird eine Schnittführung dorsal des Trochantermassivs gewählt, deshalb ist bei diesem Operationsverfahren eine Seitlagerung des Patienten erforderlich. Auch hier müssen Muskeln und Muskelsehnenansatzonen mehr oder minder temporär umfangreich abgelöst werden, um ausreichend Übersicht auf die Schenkelhals- und Hüftkopfgregion zu gewinnen und dann die Hüftgelenkkomponenten in regelrechter Stellung zueinander zu implantieren (Abb. 1) [7–8].

Neuere minimalinvasive oder „less-invasive“ Zugangswege schonen weichteilige Strukturen wie den Tractus iliotibialis und die Glutealmuskulatur. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass Muskulatur nicht durchtrennt bzw. abgelöst werden muss. Die in der Literatur oft ungenaue und uneinheitliche Verwendungsweise des Begriffs „minimalinvasiv“ erschwert die Evaluation dieser neuen Technik und den Vergleich zu herkömmlichen Techniken. Eine reine Begrenzung der Schnittlänge bei intraoperativ unverändertem Vorgehen ist nicht ausreichend und berechtigt noch nicht allein zur Bezeichnung einer minimalinvasiven Vorgehensweise [9]. Vielmehr zeichnet sich Minimalinvasivität durch eine muskelschonende Präparation beim Zugangsweg sowie dem Einsatz von hierzu notwendigen Spezialinstrumenten aus. Das Wesen der minimalinvasiven Hüftgelenkchirurgie ist gerade nicht nur auf den kleineren Hautschnitt begrenzt, sondern fokussiert auf eine maximale Weichteilschonung ohne unnötige Ablösung von Muskel- und Sehnenansätzen am Trochanter major. Im klinischen Alltag zeigt sich, dass bei der Pfannenpräparation gewinkelte Fräsen und Einschlaginstrumente unabdingbar sind, um Weichteilschäden und kosmetisch unbefriedigende Narbenbildungen zu vermeiden [7, 10]. Der orthopädische Chirurg kann mittlerweile aus einer Fülle minimalinvasiver Zugangswege in verschiedenen Lagerungsstellungen auswählen [8].

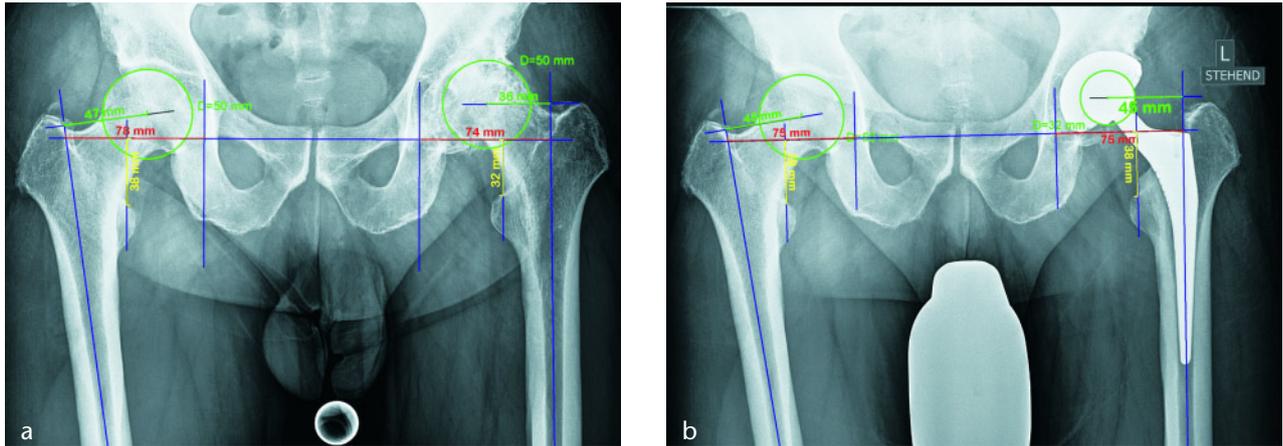


Abbildung 2 Radiologische Kontrolle der Rekonstruktion von Beinlänge und Offset nach navigationsgestützter Implantation: Beinlänge (gelb), globales Offset (rot), femorales Offset (grün).

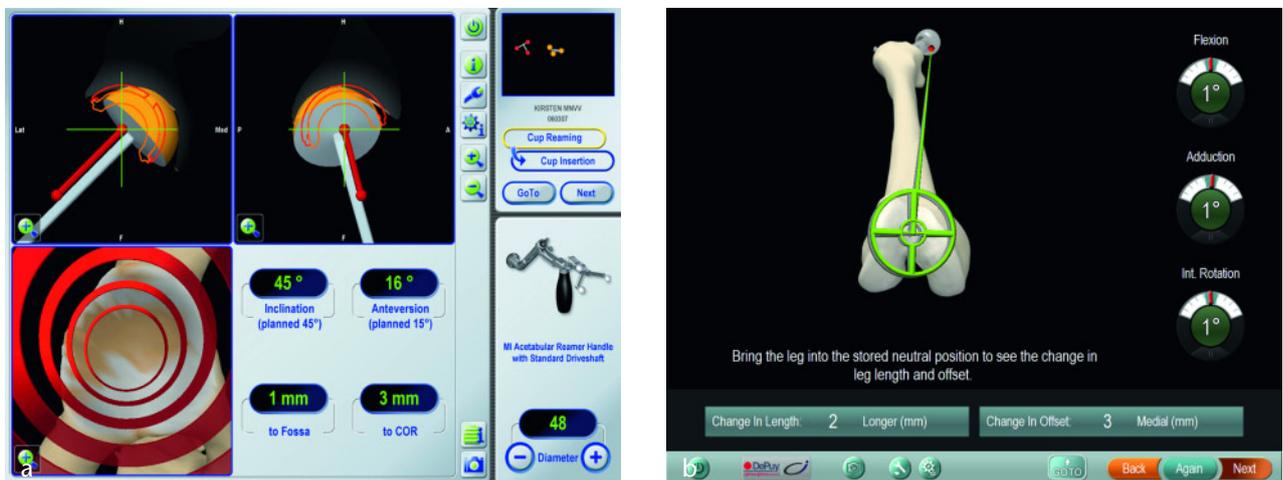


Abbildung 3 Navigationsgestützte Implantation der Prothesenkomponenten: (a) Pfannenausrichtung unter Berücksichtigung von Inklination und Anteversion. (b) Kontrolle der Veränderung von Beinlänge und Offset nach Implantation der Probekomponenten.

Minimalinvasive Operationsverfahren in der primären Hüftendoprothetik

Als wesentliche Vorteile von minimalinvasiven Operationstechniken werden ein geringeres Weichteil- und Muskeltrauma sowie ein signifikant verminderter perioperativer Blutverlust angegeben. Hinweise darauf geben laborchemische Analysen mit einem verminderten, postoperativen Anstieg der Muskeltrauma-Indikatoren Kreatinkinase und Myoglobin [11]. Kosmetische Aspekte durch einen kürzeren Hautschnitt haben keinen Einfluss auf den postoperativen Verlauf [7, 12]. Als weitere, positive Effekte des minimalinvasiven Vorgehens werden darüber hinaus verkürzte OP-Zeiten und eine ver-

minderte postoperative Schmerzsymptomatik diskutiert [12]. Unter funktionellen Gesichtspunkten wird in einigen Arbeiten eine Überlegenheit der minimalinvasiv operierten Patienten v.a. in der frührehabilitativen Phase gesehen. Als Beweis hierfür werden erhöhte Punktwerte bei der Erhebung der aktuellen Leistungsfähigkeit mit dem Harris-Hip-Score oder der Lebensqualität mit dem SF-36, „Short form“-Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten, angegeben [10, 13]. Zunehmend werden in diesem Zusammenhang auch sozioökonomische Aspekte mit minimalinvasiven Operationsverfahren in der primären Hüftendoprothetik betrachtet: Eine schnellere Mobilität mit kürzerer Krankenhausver-

weildauer und zügigerer Anschlussheilbehandlung bedeutet letztendlich eine Kostenreduktion im stationären Sektor [5]. In Studien mit längerem Follow-up über ein Jahr nivellieren sich jedoch die anfänglichen Unterschiede. Die Vorteile minimalinvasiver Operationstechniken zeigen sich v.a. in der frührehabilitativen Phase der ersten 3 Monate postoperativ. Ab der 12. postoperativen Woche gibt es keine Überlegenheit der minimalinvasiv operierten Patientengruppe im Gangbild. Nach einem Jahr und 3 Jahren sind nach aktueller Studienlage keine signifikanten Unterschiede mehr zu erkennen [13]. Zusammenfassend sind Patienten bei der Anwendung minimalinvasiver Operationsverfahren postoperativ früher schmerzfrei

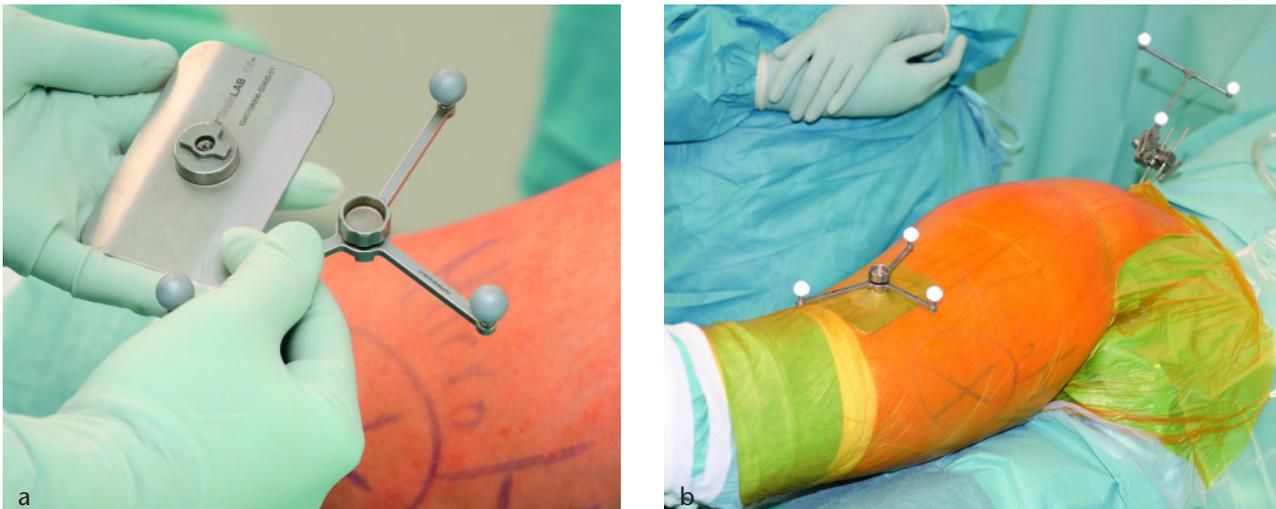


Abbildung 4 Femoral-pinfreie Navigation: (a) Basisplatte und Referenzstern, (b) Intraoperative Situation: Ossär befestigter Referenzstern am Becken und pinfreie Verankerung am Femur.

und schneller mobilisierbar. Unabhängig vom gewählten operativen Zugangsweg bleibt die postoperative Biologie unverändert – Wundheilung und entsprechender Muskelaufbau benötigen Zeit.

Kritiker minimalinvasiver Operationsverfahren in der Hüftendoprothetik weisen darauf hin, dass durch das verringerte Sichtfeld ein erhöhtes Risiko einer Implantatfehlage besteht. In der Auswertung der Komponentenpositionierung werden in einer Arbeit von Mouilhade et al. [11] eine signifikant erhöhte kombinierte Anteversion und eine größere Variationsbreite der Pfanneninklination festgestellt, ohne jedoch die „Lewinnek safe zone“ zu verlassen. In den übrigen Arbeiten wird im Gruppenvergleich bei der Implantatpositionierung kein signifikanter Unterschied gesehen [14]. Bezüglich der Komplikationsraten, einschließlich oberflächlicher und tiefer Infektionen, Frakturen, tiefer Beinvenenthrombose, Dislokationen, Hämatombildung, Revisionen, Komponentenlockerung und Wundkomplikationen, ergeben sich nach bisheriger Studienlage keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tab. 1) [12].

Ein weiterer wesentlicher Aspekt im Zusammenhang mit minimalinvasiven Verfahren ist die Bedeutung der Lernkurve. Kleine Hautschnitte, weichteilschonende Operationstechniken, Handhabung spezieller Instrumente und insbesondere die teilweise

verringerte Einsehbarkeit in das Operationsgebiet erschweren den Eingriff. Minimalinvasive Operationsverfahren werden deshalb vorwiegend von erfahrenen orthopädischen Chirurgen durchgeführt. Im Allgemeinen wird ein Zeitraum von 50 Eingriffen unter Assistenz eines in dieser Technik erfahrenen Operateurs empfohlen, um sich mit dem Verfahren vertraut zu machen [12, 15].

Optimale Implantatposition

Die optimale Position der Implantate im 3-dimensionalen Raum ist in der Hüftendoprothetik von entscheidender Bedeutung für eine gute postoperative Stabilität und Funktion des künstlichen Hüftgelenks. Anschlagphänomene zwischen knöchernen Strukturen (bony impingement) oder zwischen Prothesenschaft und -pfanne (prosthetic impingement) führen zu erhöhtem Abrieb, vorzeitigem Komponentenverschleiß und frühzeitigem Revisionsoperationen [3, 16]. Für eine stabilitätssichere Positionierung der künstlichen Hüftpfanne im Becken gilt dabei in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen als allgemein akzeptierter Referenzstandard immer noch eine von Lewinnek 1978 publizierte „safe-zone“ der Pfannenposition von 40° ($\pm 10^\circ$) Inklination und 15° ($\pm 10^\circ$) Anteversion [17]. Biomechanische Untersuchungen konnten zeigen, dass die

pfannenspezifischen Winkelstellungen ebenso Abrieb, Verschleiß und damit die Überlebenszeit der Endoprothese beeinflussen [2].

Der Herausforderung einer optimalen Implantatplatzierung stellt sich der orthopädische Chirurg bereits im Rahmen der präoperativen Planung. Indem die Stellung des kleinen Trochanters auf beiden Seiten zueinander betrachtet wird, kann die präoperative Beinlängendifferenz abgeschätzt werden. Als weitere Parameter können das Drehzentrum sowie das sogenannte Offset bestimmt werden. Hierunter versteht man im Allgemeinen den Abstand zwischen Femur und Pelvis, wobei zwischen einem femoralen (Femur-Pelvis) und einem azetabulären Offset (Pfanne-Pelvis) differenziert wird. Ziel der präoperativen Planung ist durch exakte Positionierung von Pfanne und Schaft eine Wiederherstellung des ehemaligen Drehzentrums, der Beinlänge und des Offsets, wobei im Falle einer unilateralen Arthrose die gesunde Gegenseite als Referenz dienen kann (Abb. 2) [18,19].

Navigation in der Hüftendoprothetik

Um die Positionierung der Prothesenkomponenten zu erleichtern, wurden computergestützte Verfahren entwickelt. Mit Hilfe von Navigationsverfahren kann nicht nur die Pfannen-

Vergleich minimalinvasiver Zugangswege mit klassischen	
Vorteile	Nachteile
Geringeres Weichteiltrauma	Eingeschränktes OP-Sichtfeld
Verminderter Blutverlust	Lange Lernkurve
Kürzere OP-Zeit	Notwendigkeit von Spezialinstrumentarium
Verbesserte frühfunktionelle Ergebnisse	

Tabelle 1 Vergleich minimalinvasiver Operationsverfahren mit klassischen Zugangswegen.

position intraoperativ kontrolliert, sondern zugleich auch die Veränderung biomechanisch wichtiger Parameter wie Beinlänge und Offset durch den Einsatz verschiedener Probekomponenten simuliert werden. Hierbei wird zwischen „bildbasierten“ und „bildfreien“ Methoden unterschieden. Im Rahmen der „bildbasierten“ Navigation dient eine präoperative Computertomografie (CT) und/oder eine intraoperative Fluoroskopie als Basis der Berechnungen, während bei der „bildfreien“ Technik nach dem Grundprinzip der Stereotaxie über eine im Operationssaal befindliche Spezialkamera Infrarotsignale emittiert und von am Patienten und Operationswerkzeugen befestigten, reflektierenden Markerkugeln zurückgeworfen werden. Aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung haben sich in der klinischen Anwendung „bildfreie“ Navigationssysteme weitestgehend durchgesetzt. Das Koordinatensystem für die Messung von Winkelpositionen und linearen Berechnungen wird bei dieser Technik in der Abfolge vom Navigationssystem vorgegeben und durch den Operateur über die epikutane Registrierung markanter anatomischer Strukturen definiert (sog. surgeon defined anatomy). Hier liegt gleichzeitig auch ein Nachteil bildfreier Navigationssysteme. Die Genauigkeit der Messungen beruht wesentlich auf den vom Operateur definierten Punkten. [20–21]. Durch eine ausgeprägte Adipositas mit entsprechendem Weichteilmantel wird die Detektion anatomischer Bezugspunkte erheblich erschwert oder sogar unmöglich [22].

Genauigkeit der Pfannennavigation

Die Genauigkeit der computergestützten Verfahren lässt sich anhand von postoperativen CT-Messungen als Goldstandard abschätzen. Zusammenfassend zeigen sich für die navigationskontrollierte Implantation der Hüftpfanne im Vergleich zwischen den intraoperativ vom Navigationssystem ermittelten Messwerten und der postoperativen CT-Auswertung Abweichungen von maximal 3,5° für die Pfanneninklination und 6,5° für die Pfannenanteversion (Tab. 2) [20, 22–29]. Jedoch erschwert die Variabilität der verwendeten Operationstechniken sowie der verschiedenen Navigationssysteme eine generelle Beurteilung der Genauigkeit der navigationsgestützten Implantation. Darüber hinaus bestehen zudem Kritikpunkte bei der Beurteilung dieser Ergebnisse [30]. In einigen Untersuchungen ist die Interpretation der Winkelmaße innerhalb verschiedener Koordinatensysteme am Becken nicht einheitlich. Idealerweise erfolgt deshalb die intra- und postoperative Messung der Pfannenposition im selben Koordinatensystem und derselben Referenzebene.

Genauigkeit der Messung von Beinlänge und Offset

Zur Evaluation der intraoperativen Veränderung von Beinlänge und Offset wird bei der Anwendung bildfreier Navigationssysteme zu Beginn der Operation das Bein in einer frei wählbaren

Stellung im Raum gehalten und vom System registriert. Diese Position im 3-dimensionalen Raum dient als Referenz für die Bestimmung der oben genannten biomechanischen Parameter. Nachdem die Implantation der Probekomponenten erfolgt ist, kann der Operateur unter visueller Kontrolle auf dem Monitor die identische ($\pm 5^\circ$) Beinstellung wiederfinden und so die vom System errechnete Veränderung von Beinlänge und Offset durch die Operation ablesen (Abb. 3) [31]. Im Vergleich mit computertomografischen Messungen werden bezüglich der Genauigkeit dieses Verfahrens Abweichungen von unter 1 mm angegeben [32]. Ein weiteres Beurteilungskriterium stellt der Ausgleich einer präoperativ bestehenden Beinlängendifferenz dar. Arbeiten, die die computergesteuerte Implantation mit der konventionellen Freihand-Technik vergleichen, konnten sowohl keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Verfahren als auch eine signifikante Reduktion postoperativer Beinlängenunterschiede unter der Anwendung bildfreier Navigation zeigen [5, 33].

Pinless Navigation

Klassischerweise müssen bei der Anwendung bildfreier Navigationssysteme zu Beginn der Operation sogenannte Referenzsterne intraossär über Schanzschrauben oder Kirschnerdrähte mit Gewinde befestigt werden. Diese Referenzen enthalten, wie bereits oben beschrieben, die Markerkugeln, welche von der Infrarotkamera detektiert werden können. Von Fallberichten aus dem Bereich der navigierten Knieendoprothetik ist bekannt, dass die im Knochen verankerten Pins vereinzelt jedoch auch zu Komplikationen führen können. Diese sogenannte „Pinmorbidity“ beinhaltet Weichteilverletzungen bis hin zu Femurfrakturen [34]. Obwohl bisher bei der navigierten Hüftimplantation keine derartigen Komplikationen veröffentlicht wurden, besteht dennoch ein theoretisches Verletzungspotenzial insbesondere im Hinblick auf den ausgeprägten Weichteilmantel des Femurs. Zur Minimierung derartiger Risiken wurde ein femoral-pinfreies Verfahren entwickelt, das die femorale Verankerung

Autor	System	Registrierung der vorderen Beckenebene	Ergebnis
Ryan et al. [23]	Ci™ System (Depuy Orthopaedics, Inc, Warsaw, IN; BrainLAB AG, Feldkirchen, Germany)	Rückenlage	Inklination $\Delta = 1,8^\circ \pm 1,2^\circ$ Anteversion $\Delta = 2,0^\circ \pm 2,0^\circ$
Dorr et al. [24]	Navitrak™ Imageless Computer Hip System (Orthosoft, Inc, Montreal, Canada)	Rückenlage	Inklination Präzision = $4,4^\circ$ Anteversion Präzision = $4,1^\circ$
Fukunishi et al. [25]	OrthoPilot® (Aesculap AG, Tuttlingen, Germany)	Rückenlage	Inklination $\Delta = 1,9^\circ \pm 1,9^\circ$ Anteversion $\Delta = 2,6^\circ \pm 1,6^\circ$
Jenny et al. [26]	OrthoPilot® system	Rückenlage	Inklination $\Delta = -2^\circ \pm 4^\circ$ Anteversion $\Delta = -4^\circ \pm 8^\circ$
Kalteis et al. [27]	VectorVision® hip 3.0 (BrainLAB AG, Feldkirchen, Germany)	Rückenlage	Inklination $\Delta = 2,9^\circ \pm 2,2^\circ$ Anteversion $\Delta = 4,2^\circ \pm 3,3^\circ$
Parratte et al. [20]	Hiplogics® Universal Protocol (Praxim Medivision, Walpole, MA)	Rückenlage	BMI < 27, Inklination $\Delta = 3^\circ \pm 2^\circ$; Anteversion $\Delta = 4^\circ \pm 3,8^\circ$ BMI > 27, Inklination $\Delta = 2,8^\circ \pm 2^\circ$; Anteversion $\Delta = 11^\circ \pm 6,2^\circ$
Ybinger et al. [28]	PiGalileo™ THR (Plus Orthopedics, Aarau, Switzerland)	Rückenlage	Inklination $\Delta = 3,5^\circ \pm 4,4^\circ$ Anteversion $\Delta = 6,5^\circ \pm 7,3^\circ$
Sendtner et al. [22]	Hip unlimited 5.0 (BrainLAB AG, Feldkirchen, Germany).	Seitlage	Inklination $\Delta = 0,4^\circ \pm 3,3^\circ$ Anteversion $\Delta = 5,6^\circ \pm 6,5^\circ$
Hohmann et al. [29]	Stryker, Kalamazoo, Mich	Rückenlage	Inklination $\Delta = 3,42^\circ \pm 2,2^\circ$ Anteversion $\Delta = 5,5^\circ \pm 4,0^\circ$

Tabelle 2 Studienübersicht CT-basierter Auswertung der navigationsgestützten Pfannenposition.

durch ein epikutanen Referenzmarker-system ersetzt. Hierzu wird eine anatomisch geformte Basisplatte auf den Oberschenkel aufgelegt, mit Inzisionsfolie fixiert und der Referenzstern daran befestigt (Abb. 4) [31]. Zuverlässigkeitsanalysen der femoral-pinfreien Navigation bezüglich der Bestimmung von Beinlänge und Offset konnten eine Differenz zu radiologischen Messungen von unter 3 mm nachweisen [35]. Operationstypische Beinbewegungen können dabei zu 3-dimensionalen Verschiebungen pinfreier Markersysteme auf der Hautoberfläche führen [36]. Komplexe navigationsbasierte Messungen wie bspw. der 3-dimensionalen Schaftposition oder der Hüftgelenkbeweglichkeit erfordern daher nach wie vor die knöcherne Verankerung eines Referenzsterns im Femur. Für die intraoperative Messung

von Beinlängen- und Offsetveränderungen stellt die femoral-pinfreie Navigation ein valides Instrument dar.

Die Diskussion sozioökonomischer Aspekte bei der Anwendung computerassistierter Verfahren schließt neben den Anschaffungs- und Wartungskosten für die Navigationssysteme auch die etwaige Verlängerung der Operationszeit ein, wobei sich ein Mittelwert von etwa 15–20 Minuten herauskristallisiert [12, 37].

Kritiker computerassistierter Operationsverfahren weisen berechtigterweise auf die bisher fehlende Evidenz eines klinischen Vorteils der Technologie hin. Zukünftige Studien in diesem Bereich werden sich deshalb neben der Evaluation von Genauigkeiten auch vermehrt auf den Vergleich des postoperativen Ergebnisses konzentrieren. Das neue, nationale Endoprothesen-

register Deutschland (EPRD) könnte hier in der Hüftendoprothetik durch eine Co-Dokumentation computerasistierter Verfahren bei der retrospektiven Revisionsanalyse einen wichtigen Beitrag liefern. **OUP**

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Korrespondenzadresse

Dr. Markus Weber
Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg
Asklepios Klinikum Bad Abbach
Kaiser Karl V. Allee 3
93077 Bad Abbach
markus.weber@klinik.uni-regensburg.de

Literatur

1. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet* 2007; 370: 1508–1519.
2. Kennedy JG et al. Effect of acetabular component orientation on recurrent dislocation, pelvic osteolysis, polyethylene wear, and component migration. *J Arthroplasty* 1998; 13: 530–534.
3. Malik A, Maheshwari A, Dorr LD. Impingement with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 1832–1842.
4. Clark CR et al. Leg-length discrepancy after total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2006; 14: 38–45.
5. Dastane M et al. Hip offset in total hip arthroplasty: quantitative measurement with navigation. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 429–436.
6. Konyves A, Bannister GC. The importance of leg length discrepancy after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 155–157.
7. Worner M et al. Minimally invasive surgery in total hip arthroplasty: Surgical technique of the future. *Orthopade* 2011; 40: 1068–74.
8. Cheng T et al. Minimally invasive total hip arthroplasty: a systematic review. *Int Orthop* 2009; 33: 1473–1481.
9. Graw BP et al. Minimal incision surgery as a risk factor for early failure of total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468: 2372–2376.
10. Yang C et al. Minimally-invasive total hip arthroplasty will improve early postoperative outcomes: a prospective, randomized, controlled trial. *Ir J Med Sci* 2010; 179: 285–290.
11. Mouilhade F et al. Component positioning in primary total hip replacement: a prospective comparative study of two anterolateral approaches, minimally invasive versus gluteus medius hemimiotomy. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97: 14–21.
12. Reininga IH et al. Minimally invasive and computer-navigated total hip arthroplasty: a qualitative and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord* 2010; 11: 92.
13. Muller M et al. Randomized controlled trial of abductor muscle damage in relation to the surgical approach for primary total hip replacement: minimally invasive anterolateral versus modified direct lateral approach. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131: 179–189.
14. Mazooghian F et al. Minimally invasive total hip arthroplasty: a randomized controlled prospective trial. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009; 129: 1633–1639.
15. Sendtner E et al. Tackling the learning curve: comparison between the anterior, minimally invasive (Micro-hip(R)) and the lateral, transgluteal (Bauer) approach for primary total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131: 597–602.
16. Shon WY et al. Impingement in total hip arthroplasty: a study of retrieved acetabular components. *J Arthroplasty* 2005; 20: 427–435.
17. Lewinnek GE et al. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 217–220.
18. Sariali E et al. Three-dimensional hip anatomy in osteoarthritis. Analysis of the femoral offset. *J Arthroplasty* 2009; 24: 990–997.
19. Murphy SB, Ecker TM. Evaluation of a new leg length measurement algorithm in hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 463: 850–859.
20. Parratte S, Argenson JN. Validation and usefulness of a computer-assisted cup-positioning system in total hip arthroplasty. A prospective, randomized, controlled study. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 494–499.
21. Renkawitz T et al. Computer-assisted total hip arthroplasty: coding the next generation of navigation systems for orthopedic surgery. *Expert Rev Med Devices* 2009; 6: 507–514.
22. Sendtner E et al. Accuracy of acetabular cup placement in computer-assisted, minimally-invasive THR in a lateral decubitus position. *Int Orthop* 2011; 35: 809–815.
23. Ryan JA, Jamali AA, Bargar WL. Accuracy of computer navigation for acetabular component placement in THA. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468: 169–177.
24. Dorr LD et al. Precision and bias of imageless computer navigation and surgeon estimates for acetabular component position. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 465: 92–99.
25. Fukunishi S et al. Assessment of accuracy of acetabular cup orientation in CT-free navigated total hip arthroplasty. *Orthopedics* 2008; 31: 26.
26. Jenny JY et al. Navigated non-image-based positioning of the acetabulum during total hip replacement. *Int Orthop* 2009; 33: 83–87.
27. Kalteis T et al. Imageless navigation for insertion of the acetabular component in total hip arthroplasty: is it as accurate as CT-based navigation? *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88: 163–167.
28. Ybinger T et al. Accuracy of navigation-assisted acetabular component positioning studied by computed tomography measurements: methods and results. *J Arthroplasty* 2007; 22: 812–817.
29. Hohmann E, Bryant A, Tetsworth K. A comparison between imageless navigated and manual freehand technique acetabular cup placement in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2011; 26: 1078–10782.
30. Wan Z et al. Imaging and navigation measurement of acetabular component position in THA. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467: 32–42.
31. Renkawitz T et al. Principles and new concepts in computer-navigated total hip arthroplasty. *Orthopade* 2011; 40: 1095–1102.
32. Renkawitz T et al. Measuring leg length and offset with an imageless navigation system during total hip arthroplasty: is it really accurate? *Int J Med Robot* 2009; 5: 192–5197.
33. Manzotti A et al. Does computer-assisted surgery benefit leg length restoration in total hip replacement? Navigation versus conventional freehand. *Int Orthop* 2011; 35: 19–24.
34. Jung HJ et al. Fractures associated with computer-navigated total knee arthroplasty. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2280–2284.
35. Renkawitz T et al. Leg length and offset measures with a pinless femoral reference array during THA. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468: 1862–1868.
36. Renkawitz T et al. Experimental validation of a pinless femoral reference array for computer-assisted hip arthroplasty. *J Orthop Res* 2010; 28: 583–588.
37. Beringer DC, Patel JJ, Bozic KJ. An overview of economic issues in computer-assisted total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 463: 26–30.