

**Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
der Medizinischen Fakultät, Charité – Universitätsmedizin Berlin**

DISSERTATION

**Der Einfluss des Body-Mass-Indexes und des Geschlechts auf
die Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses bei minimalinvasiver
Hüftprothesenimplantation**

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

Vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Michael Hafner

aus Eichstätt

Datum der Promotion: 04.09.2015

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Abstract	6
1 Einleitung	7
1.1 Die Koxarthrose.....	9
1.2 Die gelenkersetzenden Operationen am Hüftgelenk.....	10
1.2.1 Die konventionellen Implantate und Techniken.....	10
1.2.2 Die minimalinvasive Hüftendoprothetik	12
1.2.3 Die postulierten Vorteile und die potentiellen Risiken minimalinvasiver Operationstechnik	14
1.3 Die radiologische Reproduzierbarkeit	20
1.4 Der Body-Mass-Index und das Geschlecht als Einflussfaktoren	21
1.5 Die Problemstellung	26
2 Methodik	27
2.1 Die Anlage der Studie	27
2.2 Das chirurgische Vorgehen	27
2.2.1 Der anterolaterale minimalinvasive Zugang.....	27
2.2.2 Die präoperative Planung	28
2.2.3 Der verwendete Prothesentyp und das Instrumentarium	28
2.2.4 Die Operationstechnik	29
2.2.4.1 Die Lagerung des Patienten	29
2.2.4.2 Die Durchführung der Operation	30
2.2.5 Die Nachbehandlung	31
2.3 Die Methoden der Datenerhebung.....	32
2.3.1 Die präoperativen klinischen Daten	32
2.3.2 Die postoperativen klinischen Daten	33
2.3.3 Die radiologischen Daten	33
2.4 Die Methoden der Datenauswertung	33
2.4.1 Die Erfassung des Harris-Hip-Scores	33
2.4.2 Die Erfassung des Body-Mass-Indexes	34
2.4.3 Die radiologische Auswertung	35
2.4.4 Die statistische Analyse der Daten	36

3	Ergebnisse	37
3.1	Die demographische Datenanalyse und Indikationsanalyse.....	37
3.2	Die Ergebnisse der klinischen Bewertung.....	39
3.3	Die Operationsdaten	40
3.4	Die Komplikationen der Operation	43
3.5	Die radiologischen Daten	43
3.5.1	Die Gesamtdaten.....	43
3.5.1.1	Die Inklination des Pfannenimplantats	43
3.5.1.2	Das Rotationszentrum des Hüftgelenks	43
3.5.1.3	Das femorale Offset	43
3.5.1.4	Die Ausrichtung des Schaftimplantats.....	44
3.5.1.5	Die radiologische Beinlänge	44
3.5.2	Die Abhängigkeit der Ergebnisse vom Body-Mass-Index	44
3.5.3	Der Einflussfaktor Geschlecht.....	48
4	Diskussion.....	49
4.1	Die Diskussion der Methode	49
4.1.1	Die Demographie.....	49
4.1.2	Der Body-Mass-Index der Patienten	50
4.1.3	Die OP-Indikationen.....	52
4.1.4	Die Erhebung der klinischen Daten.....	52
4.1.5	Die radiologische Methode.....	53
4.2	Die Diskussion der Ergebnisse	54
4.2.1	Die Diskussion der klinischen Ergebnisse.....	54
4.2.1.1	Der Harris-Hip-Score.....	54
4.2.1.2	Die OP-Dauer.....	56
4.2.1.3	Die Komplikationen der Operation.....	57
4.2.2	Die Diskussion der radiologische Ergebnisse	60
4.2.2.1	Die Inklination des Pfannenimplantats	60
4.2.2.2	Die Schaftausrichtung.....	62
4.2.2.3	Das Rotationszentrum des Gelenks	64
4.2.2.4	Das femorale Offset	66
4.2.2.5	Die Beinlänge.....	66
4.3	Die klinische Relevanz der vorliegenden Studie.....	67
4.4	Die Limitationen der vorliegenden Studie	68
4.5	Die Schlussfolgerung aus der Studie.....	69

Literaturverzeichnis.....	70
Abbildungsverzeichnis.....	82
Tabellenverzeichnis.....	83
Abkürzungsverzeichnis.....	84
Danksagung.....	86
Eidesstattliche Versicherung.....	87
Lebenslauf.....	88

Zusammenfassung

Hintergrund: Der künstliche Gelenkersatz ist eine sehr erfolgreiche Therapie für Patienten mit ausgeprägter Koxarthrose. Die klinischen und funktionellen Ergebnisse wurden in der Vergangenheit für die konventionellen Methoden gut belegt. Bisher existiert keine Studie, die den Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Índex (BMI) und dem Geschlecht und dem klinisch-radiologischen Outcome nach minimalinvasiver Implantation einer Hüfttotalendoprothese (HTEP) untersuchte. Ziel dieser Arbeit ist es, die Reproduzierbarkeit der radiologischen Ergebnisse bei minimalinvasiver Hüftendoprothetik in Abhängigkeit von BMI und vom Geschlecht zu überprüfen.

Methoden: 48 Patienten erhielten über einen minimalinvasiven anterolateralen Zugang eine HTEP (CLS-Schaft, Trilogy-Pfanne, Zimmer, Warsaw, USA). Die klinisch-funktionellen Untersuchungsergebnisse vor und nach der Operation wurden erhoben und analysiert. Die Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse wurde anhand von standardisierten Röntgenaufnahmen untersucht. Anschließend wurden diese Ergebnisse auf Abhängigkeiten vom BMI und Geschlecht hin ausgewertet.

Ergebnisse: Der BMI korrelierte positiv mit der OP-Zeit ($p = 0,04$), aber der BMI und das Geschlecht hatten keinen Einfluss auf die Implantatpositionierung. Der Harris-Hip-Score (HHS) stieg signifikant ($46,5 \pm 11,8$ präoperativ auf $92,1 \pm 9,7$ postoperativ; $p < 0,0001$).

Schlussfolgerung: Die Reproduzierbarkeit der Implantatpositionierung des hier beschriebenen minimalinvasiven anterolateralen Zugangs in Seitenlage ist unabhängig von BMI und Geschlecht. Der verwendete minimalinvasive anterolaterale Zugang kann als Standardmethode zur Implantation von Hüftprothesen ohne Einschränkung durch BMI und Geschlecht von erfahrenen Operateuren verwendet werden.

Abstract

Background: Total Hip Arthroplasty (THA) is a very successful therapy for patients with severe hip osteoarthritis. The clinical and functional results have been well documented in the past for the conventional methods. So far there is no study that investigated the relationship between body-mass-index (BMI) and sex and the clinical and radiological outcome after minimally invasive THA.

The aim of this work is to analyse the reproducibility of the radiological results with minimally invasive total hip arthroplasty in relation of BMI and sex.

Methods: 48 patients received THA (femoral stem: CLS; acetabular cup: Triology; both Zimmer, Warsaw, USA) through a minimally invasive anterolateral approach. The clinical and functional results before and after surgery were recorded and analysed. The reproducibility of the surgical results was measured by standardized radiography. Subsequently, these results were evaluated for dependencies of sex and BMI.

Results: BMI positively correlated with the duration of surgery ($p = 0.04$), but BMI and sex had no influence on the implant positioning. The Harris hip score (HHS) increased significantly (46.5 ± 11.8 preoperatively to 92.1 ± 9.7 postoperatively, $p < 0.0001$). All other recorded parameters showed no statistical significances. From this follows that the reproducibility of implant positioning of the minimally invasive anterolateral approach described here is independent of influence by BMI and sex.

Conclusion: The presented data show that the reproducibility of implant positioning through the minimally invasive anterolateral approach described here is independent of influence by BMI and sex. The minimally invasive anterolateral approach can be used as a standard method for implantation of hip prostheses without limitation by BMI and sex by experienced surgeons.

1 Einleitung

Die Implantation von Hüftendoprothesen gehört in Deutschland und der ganzen Welt zu den häufigsten und erfolgreichsten Operationsmethoden. In den Bereichen Prothesendesign, Art der verwendeten Materialien und Fixierung der Komponenten erlebte die Hüftendoprothetik einen stetigen Wandel und einen allgemein akzeptierten Fortschritt, der zum Erfolg der Methode beitrug. Die verwendeten diversen chirurgischen Techniken sind vielfältig, änderten sich aber nur wenig. Eine Überlegenheit einer speziellen Technik ergab sich bisher nicht. In den letzten 15 Jahren wird durch neue chirurgische Methoden, den sogenannten minimalinvasiven Techniken, versucht das Operationstrauma an der Muskulatur und den Weichteilen möglichst gering zu halten, und auf diesem Weg der Gewebeschonung die funktionellen Ergebnisse und Komplikationsraten weiter zu optimieren (1). Die Muskulatur und die gelenkführenden Weichteile sind für den Funktionserhalt des Gelenks von großer Wichtigkeit und sie können zum momentanen Zeitpunkt nicht anderweitig ersetzt oder regeneriert werden (1, 2). Auch soll durch die Schonung der Weichteile die Rehabilitation beschleunigt, das frühfunktionelle Ergebnis verbessert und außerdem der postoperative stationäre Aufenthalt verkürzt werden. Darüber hinaus sollen sich der Blutverlust durch die Operation und das postoperative Schmerzniveau im Vergleich zu Standardzugängen verringern (2-7). Ebenso sind die postoperativen Defizite der Muskelkoordination bei minimalinvasiven Verfahren geringer (6, 8). Des Weiteren sollen bei jüngeren Patienten die Voraussetzungen für Revisionsoperationen durch möglichst große Schonung bei der Primärimplantation durch die minimalinvasive Methode verbessert werden (9). Die Reproduzierbarkeit der neuen Techniken muss aber im Vergleich zu den konventionellen Methoden mindestens adäquat bleiben, um Komplikationen wie Instabilität, Hüftluxationen oder Lockerungen zu vermeiden (10). Insbesondere die Präzision der Implantation darf durch die minimalinvasiven, gewebeschonenden Verfahren nicht beeinflusst sein (9, 11). Nur hierdurch können die in der Literatur beschriebenen Langzeitergebnisse erreicht werden (10, 12). Daher müssen alle Risikofaktoren, die durch neue OP-Techniken entstehen, identifiziert und analysiert werden.

Bereits bei den konventionellen Methoden wurden der Body-Mass-Index (BMI) und das Geschlecht als mögliche Einflussfaktoren erkannt und untersucht (13-16). Es ergab sich aber keine eindeutige Datenlage. Einige Autoren sehen ein höheres Risiko bei erhöhtem oder sogar erniedrigtem BMI (17-22). Andere beschreiben bei Übergewichtigen keine Unterschiede in Outcome, Zufriedenheit, Komplikationen und Präzision (14, 23-26) oder zumindest akzeptable

Ergebnisse (21, 22). Allgemein gilt ein erhöhter BMI bei Standardverfahren nicht als Ausschlusskriterium (13, 27, 28). Mittelfristig werden auch positive Effekte auf den BMI von Übergewichtigen nach primärer HTEP-Implantation beschrieben (29).

Doch gerade bei den minimalinvasiven Techniken könnten der BMI und das Geschlecht eine Rolle für die Implantationspräzision spielen, da durch den minimalistischen Zugang im Vergleich zum nicht limitierten Schnitt bei konventionellen Techniken die Sicht des Operateurs grundsätzlich schon beeinträchtigt sein soll und dieser Effekt durch aufragende Gewebeschichten verstärkt werden könnte (30, 31). Kritiker der Methode hatten zu Zeiten der Neuetablierung starke Zweifel an der Durchführbarkeit der minimalinvasiven Operationen, ohne dass sich das Komplikationsrisiko erhöht (31-34). Auch das Gewebe selbst, das geschont werden soll, könnte durch erhöhte mechanische Belastungen durch die Retraktoren vermehrt geschädigt werden. Im Fokus der Studien steht hierbei vor allem die Muskulatur (13, 35-39). Die Kritiker der Hüftendoprothetik mit Standardzugang für Übergewichtige führen erhöhte Komplikationsraten vor allem bei Adipositas permagna an, sprechen sich aber nicht für eine Exkludierung der Patienten aus (21, 22). Auch für die minimalinvasive Hüftendoprothetik gibt es bisher keine generellen Vorgaben zur Patientenselektion und nur wenig Analysen zur Patientensubgruppe mit erhöhtem BMI. Diese Analysen betonen dann die frühfunktionellen Ergebnisse und stellen keine Langzeitstudien dar (17, 25, 37, 40).

Grundlegend problematisch war zunächst der Mangel einer genauen Definition der minimalinvasiven Hüftendoprothetik. Vor circa zehn Jahre definierten zwei Drittel der befragten Hüftchirurgen der American Hip Society „minimalinvasiv“ als reduzierte Schnittlänge (41). Mittlerweile wird „minimalinvasiv“ allein über die Muskel-, Sehnen- und Gewebeschonung definiert, nicht mehr über die Länge des Hautschnittes (1, 42). So wurden in den Anfangsjahren der minimalinvasiven Hüftchirurgie unter kurzen Hautschnitten auch Standardoperationen mit Sehnenabsetzungen und Muskeldurchtrennungen durchgeführt. Schwer vergleichbar werden die entsprechenden Studien dann zusätzlich dadurch, dass einer der vielen klassischen Zugänge einem der spezifischen minimalinvasiven Zugänge gegenübergestellt wird. Es gibt aber auch keinen minimalinvasiven Zugang, der sich als Standardzugang etabliert hat und als Referenz dienen könnte (43). Aus diesen Studienergebnissen werden dann allgemeine Schlüsse auf die minimalinvasive Hüftendoprothetik gezogen. Bei der Vielzahl der Zugangsarten für minimalinvasive wie klassische Zugänge (im Verhältnis zum Trochanter major anterior bis posterior) und den teilweise völlig unterschiedlichen Weichteiltraumata (8) sind auch vorhandene

Review- und Metaanalysen möglicherweise nicht suffizient, um eine Aussage über die minimalinvasive Hüftchirurgie im Generellen oder über einen speziellen minimalinvasiven Zugang zu treffen (5, 7, 44-48). Xu und Jung et al. betonen, dass es zugangsspezifische Komplikationen gibt und sich das funktionelle Outcome möglicherweise zugangsspezifisch unterscheidet (45). Hube et al. gehen noch weiter und beschreiben in einer Arbeit, die sich mit Komplikationen in der minimalinvasiven Hüftendoprothetik beschäftigt, dass sich durch unterschiedliche Lagerungstechniken bei demselben minimalinvasiven Zugang Unterschiede im Risikoprofil ergeben. Sie fanden eine erhöhte Anzahl von Trochanterabrissen bei dem auch in dieser Arbeit dargestellten anterolateralen minimalinvasiven Zugang bei Ausführung in Rückenlage gegenüber der Ausführung in Seitenlage (1).

Ein weiteres Problem für die Vergleichbarkeit ist der Mangel eines international standardisierten Dokumentationsschemas (7). Im angloamerikanischen Raum werden eher modifizierte hintere Zugänge akzeptiert, wohingegen in Europa transgluteale, anteriore und anterolaterale Zugänge favorisiert werden. Die Ergebnisse werden oft auch mit unterschiedlichen Scores beschrieben. Im initialen Ergebnis werden die meisten minimalinvasiven Zugänge gegenüber den Standardzugängen insgesamt mittlerweile bezüglich der Schmerzsymptomatik, des Blutverlustes und der Frührehabilitation als gleichwertig oder überlegen angesehen (6, 8, 45, 49-52). Die Komplikationsraten sind mit denen von Standardzugängen vergleichbar. Trotz der mittlerweile allgemein positiven Entwicklung und Bewertung der minimalinvasiven Techniken könnten der BMI und das Geschlecht eine noch nicht beschriebene Rolle in der Primärimplantation durch einen speziellen minimalinvasiven Zugang spielen und sich negativ auf die Implantationspräzision und die postoperative Frühphase (bis sechs Monate) auswirken.

So gilt es in dieser Arbeit den BMI und das Geschlecht als mögliche Negativfaktoren allein für die Reproduzierbarkeit des minimalinvasiven anterolateralen Zugangs zu untersuchen.

1.1 Die Koxarthrose

Die Arthrose ist eine nicht entzündliche, degenerative Erkrankung der Gelenke. Im Falle der Hüfte spricht man von der Koxarthrose. Gelenksarthrosen werden nach pathologischem Ursprung in primäre oder sekundäre Arthrosen unterteilt. Die primäre Koxarthrose hat eine Inzidenz von 20 bis 58 Prozent, die sekundäre Koxarthrose eine Häufigkeit von 42 bis 80 Prozent (53). Die sekundäre Koxarthrose ist auf der Grundlage von Vorerkrankungen entstanden.

Auch Adipositas wird als mögliche Primärerkrankung beschrieben (54). Gehäuft tritt die sekundäre Koxarthrose zwischen dem dreißigsten und vierzigsten Lebensjahr auf, die primäre Koxarthrose zwischen dem sechzigsten und siebzigsten Lebensjahr. Klinisch klagt der Patient über zunehmende, belastungsabhängige Schmerzen vor allem im Bereich der Leiste und der Hüftmuskulatur. Als typisch wird der sogenannte Anlaufschmerz nach längerem Sitzen oder Liegen beschrieben. Neben der Anamnese und dem klinischen Befund ist die radiologische Diagnostik wegweisend. Im Röntgenbild zeigt sich die Koxarthrose durch einen verschmälerten oder aufgehobenen Gelenkspalt, fortgeschrittene Sklerosierung des subchondralen Knochens und osteophytäre Anbauten im Bereich des Azetabulums oder des Schenkelhalses. Wenn die konservativen Therapiemöglichkeiten ausgeschöpft sind, folgt bei entsprechender Symptomatik des Patienten und anhand des radiologischen Befundes die Indikation zur Versorgung mit einer Hüfttotalendoprothese (HTEP).

1.2 Die gelenksersetzenden Operationen am Hüftgelenk

1.2.1 Die konventionellen Implantate und Techniken

Die Therapie der Wahl für schwere Gelenksarthrosen im Bereich der Hüfte (Koxarthrose) ist der Hüftgelenkersatz mittels Endoprothese. Ziel der Therapie ist es, dem durch Schmerzen und Bewegungseinschränkungen stark limitierten Patienten die Wiederaufnahme seiner Alltagsaktivitäten zu ermöglichen (55). Beim künstlichen Gelenkersatz werden die Hüftgelenkspfanne und der Hüftgelenkshopf durch Implantate ersetzt. Da in der Hüftendoprothetik auf eine fast 100-jährige Tradition zurückgeblickt wird, stehen mittlerweile viele verschiedene Methoden und Prothesenmodelle zur Verfügung. Man unterscheidet grundsätzlich folgende Prothesentypen:

- Standard-Hüfttotalendoprothesen
- Kurzschaft – oder Schenkelhalsprothesen
- Oberflächenersatzprothesen

Je nach patientenspezifischer Ausgangssituation und gewählter Versorgungsstrategie wird ein entsprechendes Implantat gewählt. Die im Knochen verankerten Metallkomponenten bestehen in der Regel aus Titanlegierungen. Die Implantate können zementiert, verschraubt oder zementfrei verankert werden. Für die Gleitpaarungen (Pfanneninlay und Hüftgelenkshopf) hingegen werden

unterschiedliche Materialkombinationen verwendet. Das Primärziel beim Hüftgelenksersatz ist möglichst die Wiederherstellung der physiologischen Anatomie. Hierfür sind folgende chirurgische Standardzugänge gebräuchlich:

- Smith-Petersen-Zugang (anterior)
- Watson-Jones-Zugang (anterolateral)
- McFarland-Osborne-Zugang (lateral)
- Hardinge-Zugang (lateral)
- Harris-Zugang (lateral)
- Bauer-Zugang (lateral, in Deutschland am meisten verwendeter Standardzugang)
- Gibson-Zugang (posterolateral)
- Marcy-Fletcher-Modifikation des Gibson-Zugang (posterolateral)

Die konventionelle HTEP ist eine etablierte Methode mit einer Komplikationsrate von unter zwei Prozent und einer Implantat-Überlebensrate von 95 Prozent nach zehn Jahren (12). Als bewährte Endoprothese gilt beispielsweise die CLS-Spotorno-Prothese der Firma Zimmer, die 1984 eingeführt wurde. Seither wurde diese weltweit über 500.000 Mal implantiert. Sie zeichnet sich mit klassischen Zugängen eingebracht durch hohe Standzeiten aus. Die Standzeiten werden mit 99 Prozent nach fünf Jahren, mit 97 Prozent nach zehn Jahren, mit 95 Prozent nach 15 Jahren und 94 Prozent nach 17 Jahren angegeben (56). Bezüglich der Materialien der Gleitpaarungen zeigte sich, dass die Kombination Metall-Metall mit einer erhöhten Revisionsrate einhergeht (57). Als eine der Ursachen werden Metallabriebpartikel betrachtet, die Osteolysen verursachen können. Die Anzahl der Revisionen steigt hierbei mit dem Prothesenkopfdurchmesser. Nach den Regeln der Tribologie (Reibungslehre) wäre genau das Gegenteil zu erwarten gewesen. Eine vergrößerte Oberfläche sollte zu verbesserten Gleiteigenschaften führen. Man vermutet, dass bei der Metall-Metall-Gleitpaarung mit vergrößerter Oberfläche die Lubrikation (Benetzung mit Flüssigkeit) vermindert ist und so zu vermehrtem Abrieb führt (57). Des Weiteren scheint eine Metall-Metall-Paarung bei schlechter Implantatlage empfindlicher zu reagieren und vermehrt zu verschleifen (58). Bei Keramik-Keramik-Gleitpaarungen tritt dieser Effekt nicht auf und größere Durchmesser verursachen weniger Abrieb und längere Haltbarkeit – deshalb sind sie eine Alternative für junge und aktive Patienten (59, 60).

Bisher hat sich in zahlreichen vergleichenden Studien noch keine konkrete Überlegenheit einer Standard-Operationszugangstechnik herausgestellt (55). Außerdem ist bislang kein signifikanter Unterschied evident, wenn es um die Patientenzufriedenheit, die postoperative Funktionalität, die Komplikationen und die Überlebenszeit der Endoprothese geht (55).

Eine deutliche Verbesserung gegenüber den Standard-OP-Techniken können die minimalinvasiven Verfahren bieten, da die Muskulatur und die Weichteile geschont werden und somit die Mobilisation und Rehabilitation beschleunigt werden könnte.

1.2.2 Die minimalinvasive Hüftendoprothetik

Grundsätzlich sind die Wiederherstellung der ursprünglichen Funktion durch die Rekonstruktion der Biomechanik, sowie eine schonende Präparation der Gewebe und Knochen primäre Ziele einer Hüftprothesenimplantation. Postoperative Komplikationen wie Luxationen, Hinken, Blutverlust, Wundheilungsstörungen, thrombembolische Komplikationen, Nervenschäden und Muskelatrophien sollen vermieden werden. Seit den frühen 2000er Jahren werden in der Hüftendoprothetik verschiedene minimalinvasive Verfahren angewandt und entwickelt. Das OP-Konzept erlangte anfangs v. a. durch die Zweischnitttechnik größere Bekanntheit, wobei zum einen von sehr guten frühfunktionellen Ergebnissen und zum anderen von erhöhten Komplikationsraten berichtet wurde (2, 61). Die Probleme wurden durch den hohen Schwierigkeitsgrad der Operationstechnik verursacht. Diese erlaubte keine reproduzierbaren Ergebnisse der Implantation, weshalb viele Operateure die Technik ablehnten. Eine weitere Problematik entstand durch den Mangel einer genauen Definition eines minimalinvasiven Vorgehens in der Endoprothetik. Bis vor wenigen Jahren war im allgemeinen Verständnis „minimalinvasiv“ vor allem über die Schnittlänge definiert (41). Im Bereich der Hüftendoprothetik sollte der Hautschnitt auf maximal zehn Zentimeter begrenzt werden. Oft wurden unter diesem kleinen oberflächlichen Schnitt die konventionellen Methoden angewandt. So entsteht für den Patienten nicht zwangsläufig ein Vorteil in der Funktionalität, es wurde aber durch den Begriff „minimalinvasiv“ eine besonders schonendes Verfahren suggeriert (43, 62-64). Diese Zugänge wurden auch als Mini-Incision-Zugänge bezeichnet. Unter einer Mini-Incision kleiner zehn Zentimetern können die meisten der gängigen Standardzugänge (anterior, anterolateral, lateral und posterior) durchgeführt werden. Die möglichen Nachteile dieser Methoden wie Sehnenabsetzungen, Muskelkerbungen und Muskeldurchtrennungen bleiben aber bestehen. Teilweise kommt es sogar zu einer Zunahme der Komplikationen durch die kurzen Schnitte und die damit schlechtere Sicht auf tiefer liegendes Gewebe (32, 64). So fanden auch

Ogonda et al. beim Vergleich der Schnittlängen und dem frühen postoperativen Ergebnis keinen Vorteil in einem kurzen Schnitt bei einem posterolateralen Zugangsweg (31).

In den letzten zehn Jahren änderte sich dieses Verständnis und minimalinvasiv wird nicht mehr über den Hautschnitt, sondern über die Muskelschonung definiert (1, 42). Durch den miniaturisierten Zugang steht dem Operateur aber nur ein kleines Sichtfenster zu tiefer liegenden Strukturen zur Verfügung. So bezweifelten Kritiker der Methode vor allem in der Anfangsphase, dass mit diesem kleinen Sichtfenster und in Seitenlagerung eine genaue Implantatpositionierung möglich sei (31-34, 65). Die Methode könne zu Komplikationen wie Luxationen bei verminderter Hüftkontaktkraft und Implantatlockerungen bei schlechter Schaftimplantatlage führen (61, 66-68). Mittlerweile werden mit den minimalinvasiven Techniken durch standardisierte Operationsverfahren unter Schonung der Weichteile Ergebnisse erzielt, die mit denen der Standardmethoden vergleichbar sind. Besonders bei den frühfunktionellen Resultaten zeigen sich Vorteile der minimalinvasiven Techniken, die aber nicht von allen Autoren bestätigt werden. Bezüglich der Komplikationsrate und der Implantatlage wurden in den meisten Studien keine Nachteile, wie zur Zeit der Etablierung der Technik vermutet (31-34, 65), bei minimalinvasiven Hüftendoprothesenimplantationen festgestellt (5, 7, 45-47, 49-52). Einige Autoren sehen aber dennoch ein erhöhtes Risiko für Nervenschäden und frühe Revisionen (48, 69).

Bei der Vielzahl der Zugangsarten für minimalinvasive wie klassische Zugänge und den teilweise völlig unterschiedlichen Weichteiltraumata (8) sind auch vorhandene Metaanalysen und Reviewstudien, die mittlerweile die einzelnen minimalinvasiven Zugänge untergruppieren, nicht suffizient, um eine Aussage über die minimalinvasive Hüftchirurgie im Allgemeinen zu treffen (5, 7, 44-48). Ein Problem der Metaanalysen ist, dass sie teilweise verschiedenste Zugänge integrieren, dass deren Schlussfolgerungen aber nicht zugangsspezifisch sind. Außerdem gibt es keine international einheitliche Bewertung der Hüftgelenksfunktion, was die Vergleichbarkeit der Studien einschränkt.

Röttinger beschrieb 2006 den in dieser Arbeit verwendeten minimalinvasiven anterolateralen Zugang in Seitenlage mit ersten Frühergebnissen (70, 71). Auch durch diesen Zugang sollen Weichteilgewebe geschont (38, 39, 72, 73) und die Rekonvaleszenzzeit verkürzt werden (4). Für diesen Zugang liegen Daten vor (11, 44, 50, 51, 74). Hansen et al. beschreiben in einer zugangsspezifischen Reviewstudie den anterolateralen minimalinvasivem Zugang im Vergleich zu Standardzugängen mit reduzierten Komplikationsraten und besseren funktionellen

Ergebnissen (44). Musil et al. berichten in einer Erhebung nach sieben Jahren, dass der anterolaterale minimalinvasive Zugang dem anterolateralen Standardzugang nicht überlegen sei, aber in der Frühphase durchaus Vorteile mit sich bringen kann (50).

Die Analysen der aktuellen Literatur sind zum einen im Ergebnis oft nicht zugangsspezifisch und analysieren zum anderen nicht, ob für die Patientensubgruppe mit erhöhtem BMI ein erhöhtes Risiko für Komplikationen besteht. Auch Differenzierungen nach Geschlecht werden nicht vorgenommen. Als zugangsspezifisches Risiko werden im Falle des anterolateralen minimalinvasiven Zugangs in Rückenlage Frakturen des Trochanter major genannt (1). In einer Studie an Leichen traten vermehrt Schäden am N. glutealis superior auf (75) In der Lernphase sollten adipöse, sehr muskelstarke Patienten exkludiert werden. Auch Patienten mit voroperierten Hüftgelenken, Fehlstellungen des proximalen Femurs, schweren Dysplasien und Ankylosen werden als problematisch angesehen. Durch eine initial defensive Indikationsstellung und die Option die Schnittlänge zu erweitern, könnten Komplikationen aber auch in der Lernphase vermieden werden (1).

1.2.3 Die postulierten Vorteile und die potentiellen Risiken minimalinvasiver Operationstechnik

Der Anspruch an die neuen minimalinvasiven Verfahren ist, dass die Ergebnisse bezüglich der Implantationspräzision und der Komplikationsraten besser oder mindestens gleichwertig gegenüber den alten Methoden sind. Der Patient soll kein erhöhtes Risiko bei der Implantatplatzierung und möglichen Komplikationen eingehen müssen (76). Zu den minimalinvasiven Techniken gibt es eine Vielzahl von Studien, wobei diese verschiedene chirurgische Zugangswege beschreiben und so nicht vergleichbar sind. Nach wie vor sind noch nicht alle Parameter zu konventionellen Methoden in vergleichenden Studien erfasst worden. Bezüglich der Standzeiten gibt es noch sehr wenige Daten. Musil et al. berichten in einer Erhebung nach sieben Jahren, dass der anterolaterale minimalinvasive Zugang dem anterolateralen Standardzugang nicht überlegen sei, aber in der Frühphase durchaus Vorteile mit sich bringen kann (50). Die Ergebnisse für einzelne Zugänge sind noch weiter zu differenzieren. In Tabelle 1 sind die postulierten Vorteile und potentiellen Risiken minimalinvasiver Hüftendoprothetik nach der Definition von Hube et al. gegenübergestellt (1). Kürzere Hautschnitte werden hier nicht angeführt.

Tab. 1: Die postulierten Vorteile und potentielle Risiken minimalinvasiver Techniken (1)

Vorteile	Risiken
Geringeres Muskeltrauma	Schlechtere Exposition
Geringerer Blutverlust	Stress auf nicht indizierte Weichteile
Verminderte Schmerzsymptomatik	Erhöhte Nervenschädigung
Kürzerer Krankenhausaufenthalt	Komponentenfehlstellungen
Höhere Patientenzufriedenheit	Hautschädigungen

Für die dynamische und statische Funktion des Hüftgelenks ist die Muskulatur von entscheidender Bedeutung. Bei minimalinvasiven Zugängen sollen keine Muskeln oder Sehnen durchtrennt werden, wohingegen insbesondere die Abduktoren bei anderen Standardzugängen traumatisiert werden (77). Ein geringeres Muskeltrauma durch den chirurgischen Zugangsweg ist vor allem beim anterolateralen minimalinvasiven Zugang gegeben. Der Zugang zum Gelenk erfolgt hier intermuskulär zwischen dem M. gluteus medius und dem M. tensor fasciae latae. Es werden keine Muskeln oder Sehnen durchtrennt oder abgelöst (siehe Beschreibung unter 2.2). Da die Schnitte nach Möglichkeit klein gehalten werden, könnte aber dennoch ein zusätzlicher Muskelschaden im Vergleich zum Standardzugang durch höhere Druckkräfte der Retraktoren auf das zurückgehaltene Gewebe, also auch auf die Muskulatur, sowie auf Nervenäste auftreten. Studien an Leichen zeigen, dass die Durchführung eines posterioren minimalinvasiven Zugangs und des minimalinvasiven anterioren Zugangs nach Smith-Peterson nicht ohne Muskelschäden durchführbar sind. Es traten auch Sehnendurchtrennungen bei der Femurmobilisation auf (35, 36). Der anterolaterale minimalinvasive Zugang wird mit Schäden am N. glutealis superior beschrieben (75). Müller et al. aber konnten in einer MRT-Studie zeigen, dass das Muskeltrauma beim minimalinvasiven anterolateralen Zugang im Vergleich zum modifizierten direkt lateralen Zugang deutlich reduziert war. Besonders Patienten mit erhöhtem BMI und höheren Alters könnten profitieren, da bei diesen postoperativ vermehrt Muskelatrophien auftreten (39, 78). Speziell die Abduktoren werden beim anterolateralen minimalinvasiven Zugang im Vergleich zum modifizierten direkten lateralen Zugang geschont (72). Nicht nur durch das MRT, auch durch laborchemische Parameter kann ein Muskelschaden bestimmt werden. Hier zeigte sich der

anterolaterale minimalinvasive Zugang im Vergleich zum transglutealen minimalinvasiven im Vorteil (43). Auch Musil bestätigt die Muskelschonung des anterolateralen Zugangs anhand von Laborparametern (79). In einer Metaanalyse fanden Wörner et al., dass die Mehrzahl der Studien über minimalinvasive Hüftchirurgie von signifikant erniedrigten Kreatinkonzentrationen berichten (52), was für geringere Muskelschäden spricht. Der durch die schonende Methode weitgehende Erhalt der Muskulatur und damit der Sensomotorik (propriozeptive Elemente, u. a. Muskelspindeln und Golgisehnenorgane) wirkt sich ebenfalls positiv auf die Regenerationsphase aus (6, 8). Er ist eine Grundvoraussetzung für die Wiedererlangung voller Muskelfunktionalität und Koordination, was nach Traumatisierung der Strukturen bei konventionellen Techniken nicht zu erwarten ist (30, 80). Dies wirkt sich besonders auf die frühe Mobilisationsphase des Patienten positiv aus (4, 5, 7), was aber nicht von allen Autoren bestätigt werden konnte (31). Das Risiko für tiefe Venenthrombosen wird durch die verbesserte Mobilisation reduziert (81).

Als gut erfassbar zeigt sich die mögliche geringere Traumatisierung durch den Blutverlust. Der Blutverlust kann anhand der intraoperativ abgesaugten Volumina, über postoperative Drainagemengen oder über die Hämoglobinkonzentrationen präoperativ zu postoperativ bestimmt werden. Intraoperativ bestätigen Wörner et al. verringerte Werte (52). Dies wurde auch schon in frühen kritischen Studien bestätigt. Möglicherweise ist dieser auf die verringerte Wundfläche, die verringerte Gewebeschädigung, sowie auf die verkürzten OP-Zeiten zurückzuführen. (7, 31, 45, 46, 49, 69). Moskal et al. zweifeln an der klinischen Bedeutung bei geringen Differenzen (73ml) (7). Andere Autoren sehen keine signifikanten Unterschiede beim intraoperativen Blutverlust (32, 42) oder in den ersten Stunden postoperativ bis zum ersten Tag (31, 32, 42, 49). Xu et al. fanden in ihrer Metaanalyse einen reduzierten Blutverlust zugangsspezifisch nur für die Untergruppe mit posteriorem Zugang. Beim Vergleich von zwei anterolateralen Zugängen (minimalinvasiver Zugang versus Standard-Zugang) fanden Mouilhade et al. keine Unterschiede bei der Zahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrate. Der perioperative Blutverlust lag in der minimalinvasiven Gruppe leicht höher (11). Röttinger beschreibt die Verwendung des Zugangs dieser Studie ohne intraoperative Retransfusionssysteme und ohne Redondrainagen. Die Eigenblutretentionsrate liegt unter zehn Prozent (77). Dass Redondrainagen keinen klinischen Vorteil bringen, wird von von Roth et al. bestätigt (82). Hieraus ergibt sich keine eindeutige Datenlage, die die minimalinvasive Technik im deutlichen Vorteil sieht.

Eine verminderte Schmerzsymptomatik wird von vielen Autoren für die Frühphase beschrieben (7, 11, 72). Moskal et al. bestätigten dies in einer großen Metaanalyse (7), wohingegen Xu et al. in ihrer Metaanalyse keinen Vorteil der minimalinvasiven Techniken sehen (45). Ein kürzerer Krankenhausaufenthalt in der Primärklinik wird auch nicht einheitlich angegeben. Eine bessere Funktionalität nach drei Monaten wird bestätigt (3, 7, 45). Gegen eine schnellere Erholungsphase im Vergleich zur Standardtechnik sprechen sich Li und Zhao et al. aus (47, 83). Vincent et al. sehen hier eine Abhängigkeit vom BMI. Sie geben die Verweildauer für Patienten mit BMI ≥ 25 kg/m² um circa einen Tag verlängert an. Dies allerdings ohne Angabe des OP-Verfahrens (84).

Es wird allgemein angenommen, dass die Patientenzufriedenheit mit einem kurzen Schnitt und einer kleinen Narbe erhöht sei. Szendroi et al. stellen sogar bei schlechteren Implantatpositionen eine sehr hohe Patientenzufriedenheit und erniedrigte Schmerzwerte bei minimalinvasiv operierten Patienten fest (42). Es gilt nicht als sicher, dass die Patientenzufriedenheit allein durch die chirurgische Technik begründbar ist. Früh beginnende Rehabilitationsmaßnahmen, die eine gute Mobilisierung bei Entlassung zur Folge haben, optimierte Analgesie postoperativ, sowie Präkonditionierung scheinen eine größere Rolle zu spielen (85). Auch Vavken et al. weisen auf den möglichen Effekt einer „aggressiveren“ Rehabilitation bei den mit minimalinvasiver Technik operierten Patienten hin (46).

Generell wird eine reduzierte Übersicht durch den verkleinerten OP-Situs als gegeben betrachtet. Hube et al. betonen die Notwendigkeit einer genauen Planung, um die Nachteile der eingeschränkten Sicht zu beherrschen (1). Bei zu geringer Übersicht könne der Hautschnitt den Gegebenheiten angepasst werden. Bei eingeschränkter Femurexposition kann durch ein Kapselrelease die Exposition verbessert werden. Ebenso wird die Notwendigkeit des speziellen Instrumentariums betont (1, 52). Laffosse et al. sehen zugangsspezifische Unterschiede für minimalinvasive Techniken. Beim anterolateralen Zugang zeigt sich das Azetabulum besser exponierbar als beim posterioren minimalinvasiven Zugang (86). Schwierigkeiten bei der Exposition, vor allem bei vermehrter Hüftmuskulatur, eingeschränkter Beweglichkeit präoperativ und einem Femur mit kurzem varischem Schenkelhals werden von Frye et al. beim anterioren Zugang beschrieben. Hierdurch bedingt sehen sie ein erhöhtes Risiko für Schäden am M. tensor fasciae latae. Dieses Risiko könnte aber durch die Verwendung von kurzen Schäften vermieden werden (37). Hube et al. gehen noch weiter ins Detail. Sie beschreiben eine vermehrte Anzahl von Trochanterabrissen bei in Rückenlage im Gegensatz zu den in Seitenlage durchgeführten

Operationen mit dem anterolateralen Zugang. Die Exposition des proximalen Femurs durch Hyperextension ist nämlich in Rückenlage nicht im gleichen Maße möglich. Es entsteht in Rückenlage ein vermehrter Stress auf die pelvitrochantäre Muskulatur. Es könnten also nicht nur durch die unterschiedlichen minimalinvasiven Zugänge verschiedene zugangsspezifische Risiken entstehen, sondern darüber hinaus könnten durch die OP-Varianten eines speziellen Zugangs andere Risikoprofile verursacht werden (1). Die Exposition ist zugangsspezifisch und lagerungsabhängig. Hierzu fehlen genaue Analysen. Auch müssten vorhandene Komplikationsberichte auf diese Faktoren hin untersucht werden.

Wie oben beschrieben kann Stress auf nicht indizierte Weichteile auf unterschiedliche Art und Weise entstehen. Allgemein wird angenommen, dass Stress auf das umliegende Gewebe vor allem durch übermäßigen Retraktorenzug, besonders bei einem nicht optimal gesetzten Schnitt entsteht (1, 34, 52). Durch diesen Druck können Muskeln oder auch Nerven geschädigt werden. Einige Autoren beschreiben im Vergleich zu Standardzugängen deutlich erhöhte neuronale Schadensquoten (7, 34, 61). Bei der minimalinvasiven Technik sehen Smith et al. in ihrer Metaanalyse vor allem den N. cutaneus femoris lateralis in Gefahr (48). Dies lässt sich durch einen möglichst weit lateral und distal gewählten Hautschnitt beim anterioren Zugang über dem M. tensor fasciae latae möglicherweise vermeiden (1). Beim anterolateralen minimalinvasiven Zugang hingegen ist speziell der N. gluteus superior, der den OP-Situs proximal kreuzt, in Gefahr (1, 75, 87). Dieser muss digital verschoben werden, um einen Schaden zu vermeiden, der die fettige Atrophie des M. tensor fasciae latae zur Folge hätte (1). Andere Autoren sehen die Gefährdung der Nerven in Abhängigkeit zu der Erfahrung des Chirurgen. Auch werden die neurologischen Defizite in 84 Prozent der Fälle als reversibel beschrieben (52). Xu et al. sehen in ihrer Metaanalyse keine erhöhte Gefahr für Nervenschäden durch minimalinvasive Hüftchirurgie. Auch Hube sieht die Nervenaffektierungen durch eine sichere OP-Technik als vermeidbar an (1).

Für eine erfolgreiche Operation ist nicht nur die Schonung der Gewebe, sondern auch die korrekte Implantatpositionierung notwendig. Komponentenfehlstellungen verursachen erhöhte Komplikationsraten wie Luxationen, Impingement und Lockerungen. Kritiker wie Woolson und Bal et al. beschrieben in den Anfangszeiten hohe Komplikationsraten im Vergleich zu den Standardzugängen (32, 61). Mit Komponentenfehlstellungen sind die Langzeitergebnisse der Standardzugänge nicht zu verifizieren. Diese frühen Ergebnisse wurden in den vergangenen zehn Jahren zahlreich widerlegt. (45, 49, 52). Die kritische Arbeit von Moskal et al. berichtet von

vermehrten Komplikationen einschließlich Frakturen und Nervenschäden, kommt aber im Gesamturteil auf das Ergebnis, dass minimalinvasive Hüftchirurgie und die Standardverfahren äquivalent sind (7, 45). Keine signifikanten Unterschiede sieht Wörner besonders bei der Implantatpositionierung (52). Nur Mouilhade et al. sehen beim Vergleich vom anterolateralen Standardzugang und einem minimalinvasiven anterolateralen Zugang, eine größere Variationsbreite der Pfanneninklination in der „safe zone“ und erhöhte Werte bei der kombinierten Anteversion der Pfanne bei minimalinvasiver Technik (11). Durch die Empfehlungen von Hube et al., die Indikation zur Anwendung eines minimalinvasiven Zugangs anfangs defensiv zu stellen, detaillierte präoperative Planung durchzuführen und ausreichende Hautschnitte vorzunehmen, lassen sich möglicherweise Komplikationen in der Lernphase durch geeignete Patientenselektion vermeiden (1)

Woolson et al. beschreiben schon früh vermehrte Wundkomplikationen bei der minimalinvasiven Technik (32). Möglicherweise wurden diese Schäden durch übermäßigen Retraktorenzug bei falsch gesetztem Schnitt verursacht (52). Auch Jerosch beschreibt die Möglichkeit vermehrter Hautschädigung durch den limitierten Zugang und eine mögliche Schädigung durch Raspeln und Fräsen (30). Mow et al. bestätigen dies in einer kleinen Studie, in der zwei plastische Chirurgen die Narben nach Standard-HTEP besser als die nach minimalinvasiver HTEP bewerteten. Auch traten in der minimalinvasiven Gruppe mehr Wundheilungsstörungen auf. Die minimalinvasiv operierten Patienten waren jedoch mit den kürzeren Narben subjektiv zufriedener (88). Roue et al. sehen die Wundkomplikationen in Abhängigkeit vom BMI bei minimalinvasiver Methode durch erhöhten Retraktorenzug verursacht (17).

Die beschriebenen postulierten Vorteile und Risiken der minimalinvasiven Technik könnten sich in der Subgruppe der Patienten mit erhöhtem BMI noch weiter verschieben, da ein erhöhter BMI generell mit erschwerten OP-Bedingungen verbunden wird. Dies könnte sich besonders bei den minimalinvasiven Methoden aufgrund der reduzierten Übersicht, die durch aufragende Gewebsschichten verstärkt wird, auf die Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses auswirken.

1.3 Die radiologische Reproduzierbarkeit

Um eine neue Methode zu beurteilen, muss die Reproduzierbarkeit überprüft werden. Sie ist ein wissenschaftlicher Grundanspruch.

Reproduzierbarkeit allgemein bedeutet etwas zu wiederholen bzw. noch einmal in gleicher Weise durchführen zu können. Im naturwissenschaftlichen Sinne ist sie ein Maß für die Wiederholbarkeit von empirisch-wissenschaftlichen Methoden und Ergebnissen unter gleichen Bedingungen. Man spricht auch von Replizierbarkeit.

Zur Verifizierung der Reproduzierbarkeit steht in diesem Falle die Röntgenkontrolle zur Verfügung. Prä- und postoperative Bilder können per Computerprogramm ausgemessen und verglichen werden. Mit dieser Analyse der Daten aller Studienteilnehmer soll der Erfolg und die Reproduzierbarkeit bewertet werden. Dann folgt die stratifizierte Betrachtung nach BMI und Geschlecht.

In diesem Falle sollen die geometrischen Verhältnisse der Hüfte durch die Prothese rekonstruiert werden. Hierbei wäre besonders ein Offsetverlust von Nachteil, da dann die muskuläre Vorspannung des Gelenks abnehmen würde. Damit würde die Luxationsgefahr aber ansteigen. Dieser Nachteil könnte durch die Vorteile des minimalinvasiven Zugangs nicht kompensiert werden.

Durch einen hohen BMI kann das durch die minimalinvasive Technik reduzierte Operationsgebiet weiter eingeschränkt werden. In mehreren Studien konnte eine erhöhte Muskelmasse bei Männern nachgewiesen werden (89, 90). Auch diese Tatsache kann die Implantation einer HTEP erschweren und zur Fehlimplantation führen.

1.4 Der Body-Mass-Index und das Geschlecht als Einflussfaktoren

Die Körpermasse und Größe der Patienten werden in dieser Arbeit durch den BMI als Charakteristikum zusammen erfasst. Dieser ist eine Maßzahl zu Bewertung des Körpergewichts in Relation zur Körpergröße im Quadrat. Er wird in der Medizin vielfach verwendet, um die Patienten in untergewichtig, normalgewichtig oder übergewichtig einzuteilen.

Der BMI wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{BodyMassIndex} = \frac{\text{Körpergewicht } \text{kg}}{\text{Größe}^2 \text{ m}^2}$$

Bewerten lässt sich das Ergebnis mit Tabelle 2:

Tab. 2: Der BMI nach WHO 2000 (BMI, Body-Mass-Index; WHO, World Health Organization) (91)

Kategorie		BMI in kg/m ²	Risiko für Begleiterkrankungen
Untergewicht		< 18,5	niedrig
Normalgewicht		18,5 – 24,9	durchschnittlich
Übergewicht		≥ 25	
	Präadipositas	25 - 29,9	gering erhöht
	Adipositas Grad I	30 – 34,9	erhöht
	Adipositas Grad II	35 – 39,9	hoch
	Adipositas Grad III	≥ 40	sehr hoch

Der durchschnittliche BMI der Bevölkerung in Europa wird voraussichtlich weiter ansteigen (92). Das bringt nicht nur für die allgemeine gesundheitliche Situation der Patienten Probleme mit sich, sondern auch bei der Implantation von Endoprothesen werden sich die Schwierigkeiten durch das veränderte Patientengut mehrern.

Für die Hüftendoprothetik im Generellen gibt es zahlreiche Studien, die den BMI und auch das Geschlecht als möglichen Einflussfaktor untersuchen. Die Studien berichten von teilweise erhöhten Komplikationsraten, ungenaueren Implantatpositionierungen, Luxationen, erniedrigtem Harris-Hip-Score (HHS), schlechteren funktionellen Ergebnissen, mehr Komplikationen bei Revisionen, längeren Hautschnitten, längeren OP-Zeiten usw.. Sie kommen aber alle nicht zu dem Schluss, dass Patienten mit einem erhöhten BMI oder Adipositas permagna vom Patientenkollektiv der Hüftendoprothetik ausgeschlossen werden sollten (13, 15, 21, 22, 26, 27, 54). Bezüglich der Komplikationsraten ist die Datenlage uneinheitlich. Einige Autoren beschreiben die chirurgischen Bedingungen als erschwert. Hieraus folgten aber keine erhöhten Komplikationsraten (13). Issa et al. berichten bei 23 Patienten mit einem BMI $\geq 50\text{kg/m}^2$ von einem erniedrigten HHS, einer nicht signifikant erhöhten Implantatlockerungsrate und akzeptablem Outcome innerhalb von 36 Monaten (21). Rajgopal et al. hingegen beschreiben eine erhöhte Komplikationsrate und eine längere Verweildauer postoperativ (22). Durch die längere Verweildauer, die verlängerte Rehabilitation und die längere OP-Zeit ist die Ressourcenausnutzung bei adipösen Patienten möglicherweise erhöht (22, 24, 84). Dies wird aber nicht von allen Autoren bestätigt (93). Manche gehen sogar von einem adäquaten wenn nicht sogar höheren Benefit für Patienten mit erhöhtem BMI aus. Adipöse Patienten erreichen oft nicht gleich hohe HHS-Werte wie die Vergleichsgruppen, aber ähnliche Steigerungsraten im HHS (13, 28, 94). Busato et al. geben Defizite im Gangbild der Patienten mit erhöhtem BMI an (95). Die Schmerzsituation ist aber BMI-unabhängig (95). Judge et al. betonen, dass der BMI kein Prädiktor für das vom Patienten berichtete Outcome wäre (26). Eine Gewichtsreduktion nach primärer HTEP-Implantation durch die vermutete höhere Mobilität der Patienten, wird aber nur für stark adipöse Patienten berichtet (29).

Bezüglich der Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse werden teilweise Einschränkungen gemacht. Todkar et al. berichten, dass die Pfannenpositionen vom BMI bei einem anterolateralen Standardzugang nicht beeinflusst werden (23). Dagegen sehen McBride et al. beim Abduktionswinkel der Pfanne eine größere Varianz bei steigendem BMI (18). Ebenso gibt McArthur fehlerhafte Pfannenpositionen beim posterolateralen Zugang und adipösen Patienten

an (96). Betreffs der Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse bei erhöhtem BMI ergibt sich so keine eindeutige Datenlage. Santaguida et al. analysierten allgemein die Risiken von Patienten die sich großen endoprothetischen Operationen wie Hüftendoprothetik und Knieendoprothetik unterzogen. Der BMI beeinflusst hier die Ergebnisse der Knieprothesen, nicht aber die der Hüftprothesen (97). Sie beschreiben außerdem ein erhöhtes Risiko für Revisionsoperationen bei jüngeren oder männlichen Patienten. Bei älteren oder männlichen Patienten ist zudem das Mortalitätsrisiko größer - höheres Alter wird mit schlechterer Funktion assoziiert. Teilweise wird das Kriterium „hohes Alter“ von manchen Studien noch weiter auf „hohes Alter bei Frauen“ eingeschränkt. Alter und Geschlecht haben laut der Analyse aber keinen Einfluss auf die Schmerzsituation der Patienten (97).

Im Rahmen der Erforschung der minimalinvasiven HTEP blieb diesbezüglich bisher weitgehend unklar, ob der BMI und das Geschlecht Einfluss auf die Genauigkeit der Implantatpositionierung und die funktionellen Ergebnisse haben.

Der adipöse Weichteilmantel des Patienten stellt für den Operateur ein zusätzliches Problem dar: Ausgeprägte Gewebeschichten in Kombination mit „dem kleinem Fenster“ (kurzer Schnitt) haben zur Folge, dass der Operateur eine noch reduziertere Übersicht hat. Dies kann unter anderem durch fehlerhafte Implantatpositionen und Schäden an den Weichteilen zu Komplikationen führen (17, 37, 98). Oinuma et al. veröffentlichten, dass ein BMI von $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ eine Kontraindikation für die minimalinvasive Methode sei (99). So würde circa ein Anteil von 20 Prozent der Bevölkerung im Alter von 55 bis 75 Jahren vom Zugang zur minimalinvasiven OP-Technik ausgeschlossen werden, da dieser einen BMI $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ aufweist (100). Keinem Unterschied bei der Implantationspräzision bei erhöhtem BMI stellten Hungerford et al. fest (40).

Frye et al. sehen im Speziellen den M. tensor fasciae latae durch den anterioren minimalinvasiven Zugang bei Männern mit erhöhtem BMI in Gefahr (37). Bei Roue et al. ist der BMI ein Prädiktor für Wundkomplikationen, nicht aber ein Kriterium für die Durchführbarkeit der Operationen. Hier scheint ihrer Meinung nach die Muskelmasse eine größere Rolle zu spielen (17) Auch Hungerford et al. sehen in neueren Studien keine Abhängigkeit der Ergebnisse vom BMI. Allein die Operationszeit stieg signifikant und der HHS nach zwei Jahren war in der Adipositasgruppe erniedrigt (40). Ebenso wenig ist für Dienstknecht et al. die minimalinvasive transgluteale Technik problematisch bei erhöhtem BMI ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$). Die zeitgerechte Mobilisation war möglich. Die Verweildauer, die funktionellen Ergebnisse,

Laborparameter und Komplikationsraten waren vergleichbar mit denen von Patienten, die einen BMI von $< 30 \text{ kg/m}^2$ aufwiesen (25). Des Weiteren korreliert die Schnittlänge bei minimalinvasiver Technik mit dem BMI, der Größe und dem Geschlecht des Patienten. Frauen haben längere Schnitte (101).

Denn nicht nur das Volumen, die Größe und die Masse, sondern auch die Beschaffenheit des Gewebes spielt eine Rolle. So lässt sich Subkutangewebe leichter von Retraktoren zur Seite halten als Muskelschichten (30). Diese Gewebearten sind bei den Geschlechtern unterschiedlich verteilt, weil sie hormonell beeinflusst werden. Männer zeichnen sich durch mehr Muskelvolumen im Verhältnis zur Körpermasse aus (90). Unterschiede gibt es zusätzlich bei der weiblichen und männlichen ossären Beckenanatomie (102-105). Außerdem wurde das weibliche Geschlecht bereits als Einflussfaktor auf die Ergebnisse bei HTEP identifiziert (16, 97, 101, 106-110). Kennedy et al. beschreiben, dass Frauen in den Funktionstests in der ersten Woche postoperativ schlechter abschneiden als Männer, aber sie weisen ähnliche Steigerungsraten auf. Die Funktionswerte präoperativ werden als Prädiktoren für das funktionelle Ergebnis angesehen (106). Cushnaghan et al., Lavernia et al. und Ethgen et al. geben für Frauen in Langzeitstudien und systematischen Reviews schlechtere Funktionswerte postoperativ an (107-109). Hingegen beschreiben Santaguida et al. die Revisionsrate bei jüngeren Männern als erhöht, sowie auch die Sterblichkeitsrate bei älteren Männern (97). Lübbecke et al. sehen keine Probleme, nur ein tendenziell schlechteres Abschneiden der Frauen in puncto Zufriedenheit und Komplikationsrate (16). McGrory et al. berichten von längeren Inzisionen bei Frauen mit erhöhten BMI bei minimalinvasiver posteriorer Technik (101).

Ein weiterer wichtiger ossärer Parameter für die Rekonstruktion und für die Gelenkkontaktkraft ist das femorale Offset. Anatomische Studien beschreiben das Offset als geschlechtsspezifisch. Frauen haben ein geringeres Offset als Männer (111-115). Das Offset bei Männern beschreiben Preininger et al. im Gegensatz zu Frauen zusätzlich als körpergrößenabhängig. Jedoch könnten die unterschiedlichen funktionellen Ergebnisse nach HTEP-Implantation für Männer und Frauen durch die gleiche Verteilung der Muskelvolumina relativ zur Körpergröße und die Unterschiede im Offset nicht erklärt werden. Betrachtet man aber das absolute Muskelvolumen der pelvitrochantären Muskulatur ist dies bei Männern signifikant erhöht. Diese „Muskelreserve“ hilft ihnen dann die intraoperativ entstehenden Muskelschäden besser zu kompensieren als Frauen (90). Auch Nakahara et al. beschreiben Geschlechtsunterschiede für die

Gelenksorientierung (Anteversion und Inklination des Azetabulums, Schenkelhalsanteversion) (110).

Weitere geschlechtsspezifische Unterschiede wurden von Traina zusammengefasst und sind in Abbildung 1 dargestellt (105):

Männer

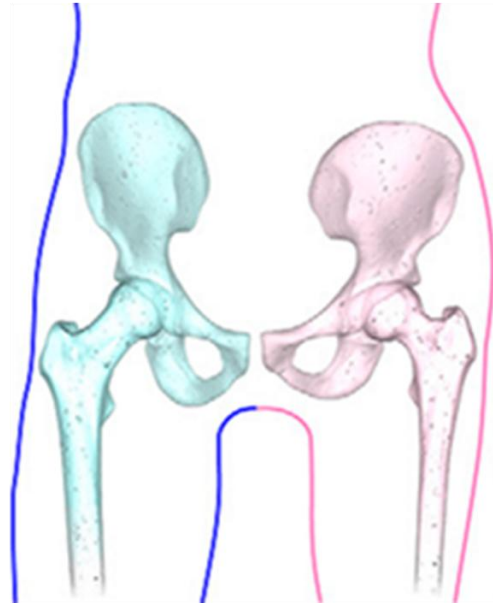
langer Schenkelhals

großer Schaft

hoher CCD-
Winkel

großes Offset

geringere
Anteversion



Frauen

kurzer Schenkelhals

kleiner Schaft

niedriger CCD-
Winkel

kleines Offset

größere Anteversion

Abbildung 1: Die anatomischen Unterschiede des Hüftgelenks zwischen Männern und Frauen modifiziert nach Traina et al. (105)

Der Einfluss von BMI und Geschlecht auf die minimalinvasive Hüftendoprothetik ist bisher nicht im Detail geklärt. Die aktuellen Studien tendieren dazu einen speziellen Zugang allgemein zu favorisieren und lassen Detailproblematiken wie erhöhten BMI außer Acht. So gilt es in dieser Arbeit den Einfluss dieser Parameter auf den anterolateralen minimalinvasiven Zugang zu erforschen.

1.5 Die Problemstellung

Ziel der Arbeit ist es, die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der anatomischen Implantatpositionierung bei HTEP-Implantation durch einen minimalinvasiven anterolateralen Zugang anhand des nachuntersuchten Patientenkollektivs in einer prospektiven konsekutiven Studie nachzuweisen und auf Abhängigkeiten vom Geschlecht und vom BMI hin zu untersuchen. Darüber hinaus werden die demographischen Daten bezüglich der Implantatlage analysiert.

Folgende Fragestellungen wurden formuliert:

- Hat der BMI einen Einfluss auf die radiologische Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses?
- Hat das Geschlecht Einfluss auf die radiologische Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses?
- Ergibt sich ein funktioneller Vorteil aus der minimalinvasiven Methode in der frühen Rehabilitationsphase (bis sechs Monate)?

Aus der Fragestellung wurde folgende Hypothese abgeleitet:

Die Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses bei der Implantation einer HTEP mittels eines minimalinvasiven anterolateralen Zugangs wird durch BMI und Geschlecht nicht beeinflusst.

2 Methodik

2.1 Die Anlage der Studie

Nach Genehmigung der Studie durch die lokale Ethikkommission wurde in einer prospektiven konsekutiven Studie von Dezember 2009 bis März 2010 eine Serie von 50 Patienten untersucht, die mit einer Hüftprothese versorgt wurden. Verwendet wurde hierzu der oben beschriebene minimalinvasive anterolaterale Zugang, welcher von dem Operateur R. H. als Standardzugang für Hüftprothesenimplantationen verwendet wird. Die Patienten wurden präoperativ und sechs Monate postoperativ klinisch und radiologisch untersucht.

Zwei Patienten entschieden sich ohne Angabe von Gründen im Verlauf gegen die Fortsetzung der Teilnahme und mussten aus dem Kollektiv ausgeschlossen werden, so dass letztendlich 48 Patienten, davon 21 Männer und 27 Frauen für die Auswertung zur Verfügung standen. Die Patienten waren zwischen 28 und 86 Jahre alt (Durchschnitt $65,4 \pm 11,3$ Jahre). Es wurden keine Ausschlusskriterien hinsichtlich Alter, medizinischer Vorgeschichte, Gewicht oder anderer Faktoren angelegt. Allen Patienten wurden eine Trilogy-Pfanne und ein CLS-Schaft der Firma Zimmer, Warsaw, USA implantiert. Alle Operationen wurden von einem Operateur (R. H.) durchgeführt. Der Operateur war an der Erhebung und Analyse der Daten nicht beteiligt.

2.2 Das chirurgische Vorgehen

2.2.1 Der anterolaterale minimalinvasive Zugang

Bei dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Zugang zum Hüftgelenk handelt es sich um einen minimalinvasiven anterolateralen Zugang in Seitenlage, der ein Muskelintervall zwischen dem M. tensor fasciae latae, dem M. gluteus medius und dem M. gluteus minimus als Zugangsweg verwendet. Er wird seit 2003 in der Klinik für Orthopädische Chirurgie München (OCM, OCM-Zugang) als Zugang zur Implantation von Hüftgelenksendoprothesen verwendet, sowie als Standardzugang für alle Hüftgelenksoperationen einschließlich der Revisionsoperationen.

2.2.2 Die präoperative Planung

Zur Operationsplanung werden eine standardisierte, tief eingestellte Beckenübersichtsaufnahme mit Referenzpunkt, sowie eine Röntgenaufnahme des erkrankten Hüftgelenks in Lauenstein-Technik angefertigt und ausgewertet. Mit Hilfe der digitalisierten Röntgenaufnahmen und eines radiologischen Computerprogramms oder durch Schablonen wird die präoperative Planung bezüglich der kalkulierten Pfannen- und Schaftgröße und des zu verwendenden CCD-Winkels durchgeführt (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel).

2.2.3 Der verwendete Prothesentyp und das Instrumentarium

Innerhalb der Studie wird ausschließlich der zementfreie CLS-Schaft der Firma Zimmer, sowie die ebenfalls zementfreie Trilogy-Pfanne der Firma Zimmer verwendet. Prinzipiell sind über den minimalinvasiven anterolateralen Zugang aber alle auf dem Markt erhältlichen Prothesentypen einschließlich der Kurzschaftprothesen und Oberflächenersatzprothesen implantierbar.

Zur Vermeidung von Gewebedruck werden Haken mit speziellem, gerundetem Design verwendet. Die Fräsen und Einschlaginstrumente sind ebenfalls zugangsoptimiert verändert (Abb. 2).

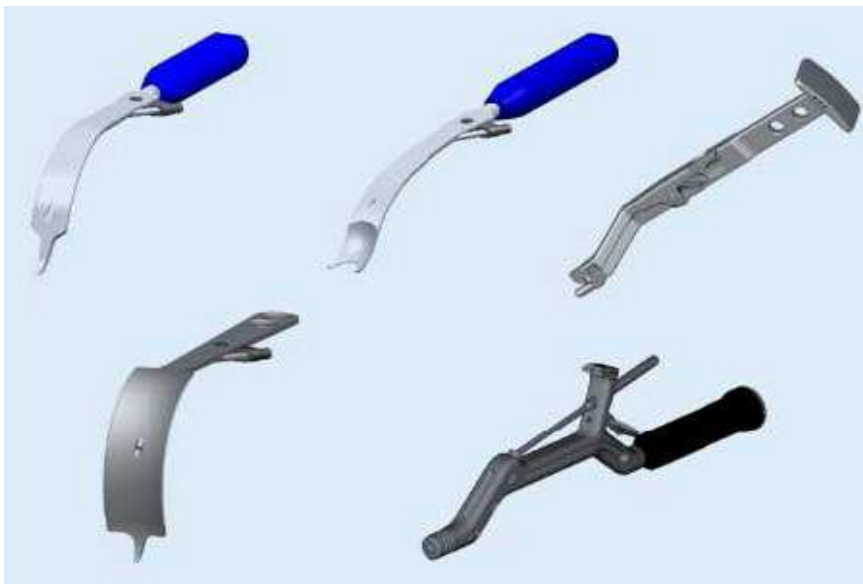


Abbildung 2: Die zugangsoptimierten Instrumente für größtmögliche Weichteilschonung (116)

2.2.4 Die Operationstechnik

2.2.4.1 Die Lagerung des Patienten

Die Operation wird in Seitenlagerung des Patienten durchgeführt. Die Fixierung des Patienten erfolgt mit Hilfe einer Vakuummatratze, sowie Seithalterung über dem Os pubis und dem Os sacrum, mit denen der Patient samt Vakuummatratze am Operationstisch befestigt wird.

Das Bein wird während der Operation in leichter Abduktionsstellung gelagert, was durch einen Assistenten oder einen Beinhalter geschehen kann. Um bei Präparationen am Femur eine gute Beweglichkeit des Beines in Hyperextension, Adduktion und Außenrotation zu gewährleisten, sollte der Operationstisch zur Hälfte abklappbar sein. Da sich der Unterschenkel durch die abgeklappte Tischaussparung relativ nah am Boden befindet, wird er zum Schutz vor Kontamination in einem sterilen Beutel gelagert, der direkt am Assistenten angebracht wird. Der Operateur steht bei der Operation vor dem Patienten (Abb. 3).

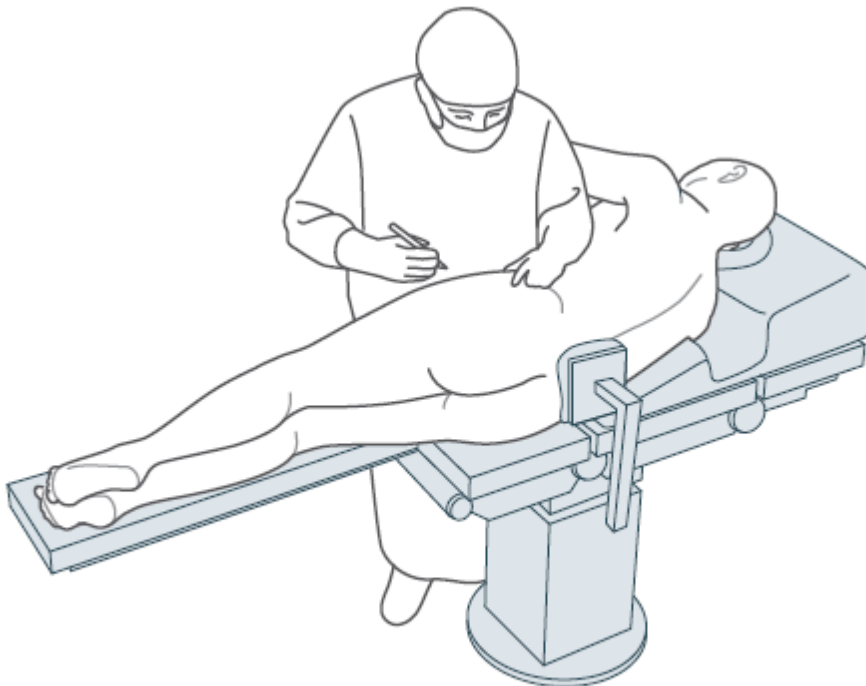


Abbildung 3: Die Lagerung des Patienten bei der Operation

2.2.4.2 Die Durchführung der Operation

Der Hautschnitt erfolgt bei leicht abduziertem Bein von der anterioren Trochanterspitze nach kranial etwa in Richtung der Spina iliaca anterior superior über dem Intervall zwischen M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius (Abb. 4). Die Länge des Hautschnittes variiert je nach Konstitution des Patienten in der Regel zwischen sechs und zehn Zentimetern. Die Faszie wird in Richtung des Hautschnittes durchtrennt. Jetzt kann man von distal das oben genannte Intervall stumpf darstellen und mit zwei Haken spreizen.

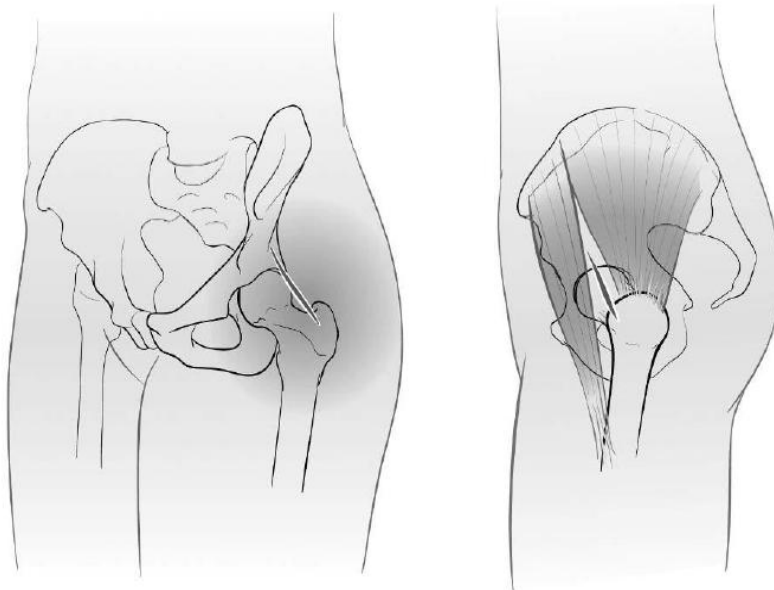


Abbildung 4: Der Hautschnitt in Projektion auf das Septum intermusculare zwischen M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius (116)

Die anteriore Hüftgelenkkapsel wird H-förmig indiziert. Nachfolgend wird mit Hilfe einer Doppelosteotomie am Schenkelhals der Hüftkopf entfernt. Dies geschieht zur besseren Orientierung über die Beinachse in maximaler Außenrotation und 90° gebeugtem Kniegelenk. Nach Entfernung des Hüftkopfes wird das Bein in leichter Abduktionsstellung wieder in die Beinstütze zurückgelegt und mit der Präparation des Azetabulums begonnen. Dazu werden zwei bis drei abgerundete Haken eingesetzt. Es ergibt sich eine Einsicht auf das gesamte Azetabulum. Eventuelle rekonstruktive Maßnahmen am Pfannendach oder -boden können so durchgeführt werden.

Nach Einbringen der Pfanne und des Inlays über gewinkelte Einschläger und gegebenenfalls über Entfernung von pfannenüberstehenden Osteophyten wird das Bein erneut in eine Außenrotations-, Hyperextensions- und Adduktionsposition gebracht (Abb. 5).

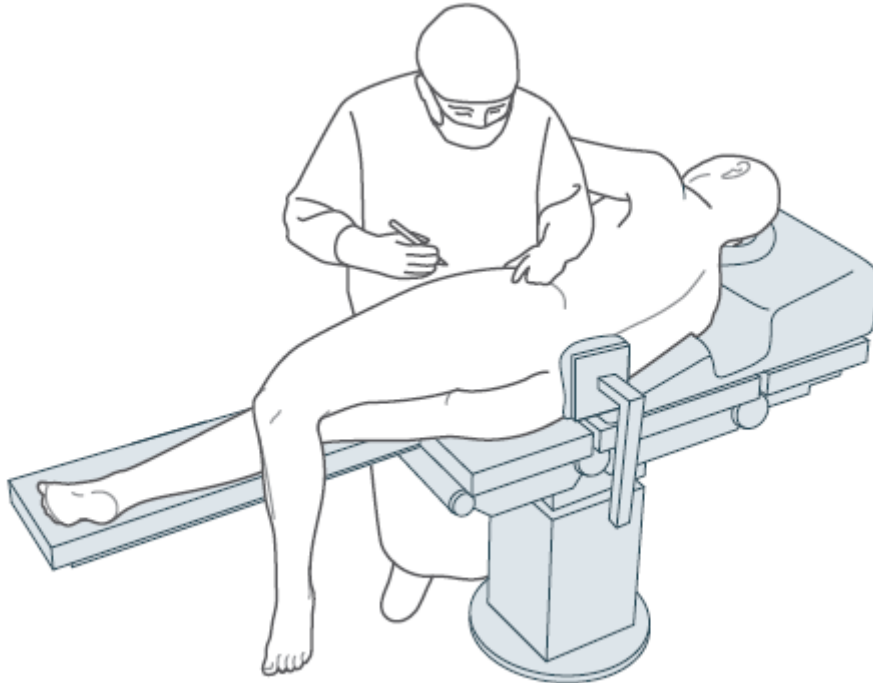


Abbildung 5: Die Lagerung des Patienten zur Femurpräparation

Durch die Platzierung von zwei Haken am Calcar femoris und hinter der Trochanter Spitze ergibt sich ein guter Einblick in den Femurschaft in Arbeitsrichtung des Operators. Gegebenenfalls ist ein Kapselrelease am superioren und dorsalen Schenkelhals erforderlich, um eine spannungsfreie Präparation des Femurschaftes mit Hilfe eines doppelt gewinkelten Raspelhandgriffs durchzuführen. Nach Einsetzen des Probeschafes sind eine Probereposition und anschließend eine zementierte oder zementfreie Schaftimplantation ohne Probleme möglich. Eine Röntgenkontrolle intraoperativ ist in der Regel aufgrund der sehr guten Übersicht nicht notwendig. Die Gelenkkapsel wird mit einer adaptierenden Naht verschlossen. Es besteht die Möglichkeit zur Einlage einer Redondrainage. Auf diese kann aber verzichtet werden (82). Anschließend erfolgte der Verschluss der Faszie, eine Subkutannaht und eine Hautnaht.

2.2.5 Die Nachbehandlung

Die standardisierte Nachbehandlung beginnt bei stabilen Kreislaufverhältnissen sechs Stunden nach der Operation mit einer ersten Mobilisation durch den Krankengymnasten. Am ersten

postoperativen Tag erfolgt die Mobilisation an Gehstützen, wobei sich die erlaubte Belastung an den Beschwerden orientiert. Vollbelastung ist grundsätzlich von Anfang an erlaubt, die Gehstützen können bei Schmerzfreiheit weggelassen werden. Es bestehen keine Lagerungsvorgaben im Bett. Die Thromboseprophylaxe erfolgte standardisiert mit Enaxoparin.

2.3 Die Methoden der Datenerhebung

2.3.1 Die präoperativen klinischen Daten

Mit Hilfe eines Dokumentationsbogens wurden die klinischen Daten präoperativ erfasst:

- Stammdaten der Patienten: Name, Geburtsdatum, Größe, Gewicht
- Präoperative Bewertung: Voroperationen, Charnley-Klassifikation, ASA-Klassifikation, Dauer der Beschwerden, Dauer des Gehens mit Gehhilfen
- Harris-Hip-Score (HHS): Schmerz, Deformitäten, Gang, Aktivitäten, Bewegungsausmaß

Beschreibung des Harris-Hip-Score in 2.4.1.

Die Charnley-Klassifikation unterteilt Patienten mit unilateraler Koxarthrose (Gruppe A), Patienten mit bilateraler Koxarthrose (Gruppe B) und Patienten mit generalisierter Erkrankung oder Erkrankung mit Gehstörung (Gruppe C).

Die ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists) teilt die Patienten bezüglich ihres körperlichen Zustandes ein. Für die Implantation einer HTEP sind Patienten mit ASA1, ASA2 und unter Umständen ASA3 geeignet:

- ASA1: normaler gesunder Patient
- ASA2: Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
- ASA3: Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung

2.3.2 Die postoperativen klinischen Daten

Die postoperative Datenerhebung entspricht grundsätzlich der präoperativen Datenerhebung:

- Auswertung der OP-Berichte
- Modifizierte Form des präoperativen Bogens
- HHS: Schmerz, Deformitäten, Gang, Aktivitäten, Bewegungsausmaß

2.3.3 Die radiologischen Daten

Die radiologische Untersuchung erfolgte standardisiert prä- und postoperativ mit einer tief eingestellten Beckenübersichts-Röntgenaufnahme. Die Oberkante der Kassette liegt hierbei auf Höhe der Spina iliaca anterior superior, die Beine sind circa zehn Grad innenrotiert und durchgestreckt. Der Vergrößerungsfaktor wurde präoperativ mit einer standardisiert platzierten Referenzkugel ermittelt. Postoperativ diente der Prothesenkopfdurchmesser als Referenz. Mit dem ermittelten Faktor wurden alle im Bild gemessenen Größen vor der weiteren Bearbeitung auf reelle Werte umgerechnet. Erfasst wurden die Beinlänge, Medialisierung, Rotationszentrumshöhe, Offset, Inklinationswinkel der Hüftgelenkspfanne sowie Varus-Valgus-Ausrichtung des Schaftes.

2.4 Die Methoden der Datenauswertung

2.4.1 Die Erfassung des Harris-Hip-Scores

Harris unterteilt sein Bewertungsschema in die Kategorien Schmerz, Funktion, Deformitäten und Bewegungsausmaß. Die Kategorie Funktion ist nochmal in tägliche Aktivitäten und Gehfähigkeit unterteilt.

Insgesamt sind maximal 100 Punkte zu erreichen. 44 Punkte davon entfallen auf die Kategorie Schmerz, 47 auf die Kategorie Funktion. Laut Harris sind diese Parameter die beiden Hauptindikationen für eine operative Versorgung. Des Weiteren vergibt er vier Punkte für den Ausschluss von Deformitäten und fünf Punkte für ein intaktes Bewegungsausmaß.

Ein Ergebnis von 91 bis 100 Punkten bewertete er als exzellent, 81 bis 90 Punkte als gut, 71 bis 80 Punkte als mittelmäßig und unter 70 Punkte als schlecht (117).

2.4.2 Die Erfassung des Body-Mass-Indexes

Der BMI wurde aus den Stammdaten errechnet. Um den Einfluss von Geschlecht und BMI auf die radiologischen Ergebnisse zu erfassen, wurde das Daten-Set in zwei Gruppen geteilt und verglichen: Patienten mit einem BMI $< 25 \text{ kg/m}^2$ und $\geq 25 \text{ kg/m}^2$. Bei einem BMI von $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ wird von Übergewicht, $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ von Adipositas gesprochen.

2.4.3 Die radiologische Auswertung

Die Vermessung der Röntgenaufnahmen erfolgte nach folgender in Abb. 6 dargestellten Methode.

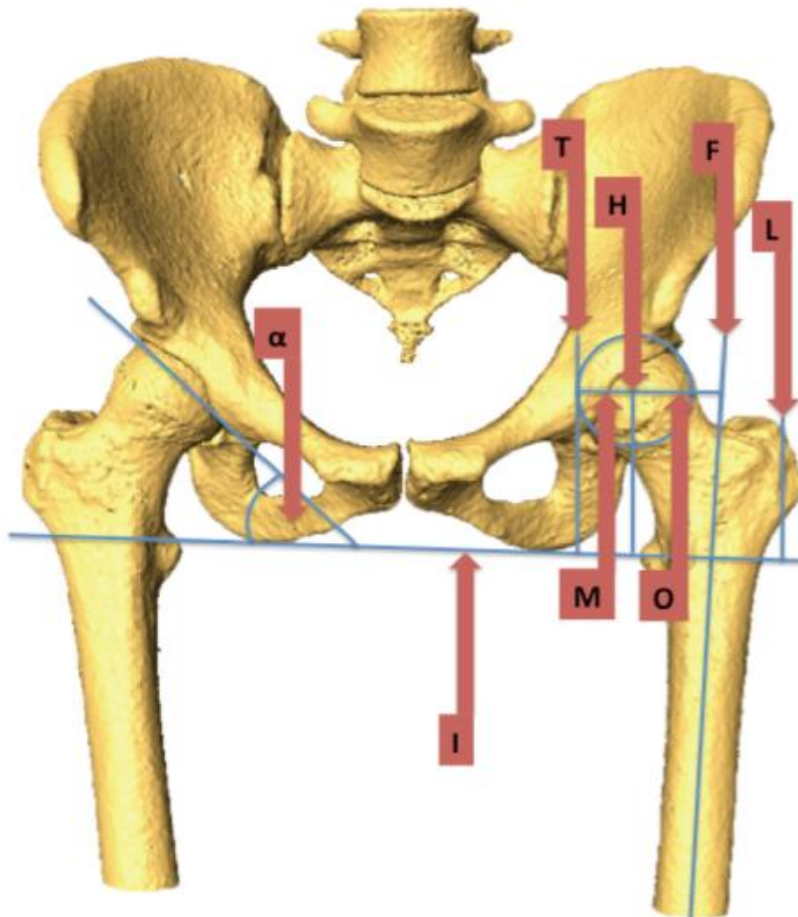


Abbildung 6: Das geometrische Schema für Röntgenbilder zur Analyse von Höhe (H), Medialisierung des Rotationszentrums (M), Inklinationswinkel der Pfanne (α), Offset (O) und der radiologischen Beinlänge (L). Die Basislinien werden durch die Femurachse (F), die Verbindungslinie zwischen den Tubera ischiadica (I) und die vertikale Linie durch den lateralen Rand der Köhlerschen Tränenfigur (T) bestimmt (118).

Zunächst wurde das Rotationszentrum des Hüftkopfes bestimmt. Hierzu erfasst man dessen Rundung. Der Mittelpunkt der Kreisbahn gibt das Drehzentrum an. Bei geringer Deformierung wird der Kreismittelpunkt dem Rotationszentrum gleichgesetzt. Bei stärkerer Deformierung wird die ursprüngliche Rundung nachempfunden. Um das Rotationszentrum mit der Lage der Hüfte in Beziehung zu setzen, werden drei Basislinien gezogen: die Verbindungslinie zwischen den Tubera ischiadica (I), die vertikale Linie durch den lateralen Rand der Köhlerschen Tränenfigur (T) und die Femurachse (F).

Verbindung zwischen den Tubera ischiadica (I): Sie stellt die horizontale Verbindung der tiefsten Punkte der Tubera ischiadica dar. Dies ist die horizontale Basis.

Köhlersche Tränenfigur (Teardropline, Linie T): Diese wird senkrecht auf die Linie I als Lot vom lateralen Rand der Köhlerschen Tränenfigur gefällt.

Femurachse (F): Die Femurachse wird durch die Mitte des Schaftes unterhalb des Trochanter minor und einem weiteren Mittelpunkt des Schaftes möglichst weit distal auf der Beckenübersichtsaufnahme gezogen.

Offset (O): Es gibt den Abstand des Rotationszentrums von der Femurachse an. Dieser wird auf einer Parallelen zu der Basislinie I durch das Rotationszentrum abgemessen.

Radiologische Beinlänge (L): Sie beschreibt den Abstand der Spitze des Trochanter major zu der Linie I.

Höhe des Rotationszentrums (H): Sie stellt den Abstand des Rotationszentrums von I dar.

Inklinationswinkel (α): Er beschreibt den Winkel zwischen Pfannenrand und I.

Die Varus-Valgus-Abweichung des Schaftes von der Femurachse F: Es wird der Winkel zwischen Femurachse (F) und Prothesenachse gemessen.

2.4.4 Die statistische Analyse der Daten

Die gemessenen Werte wurden im Bezug auf die Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Z-Test untersucht. Zur Testung der Homogenität der Varianzen wurde der Levene-Test verwendet. Für die unabhängigen Stichproben wurde der T-Test verwendet, bei ungewöhnlich verteilten Parametern der U-Test nach Mann und Whitney. Eine Pearson-Korrelationsanalyse wurde durchgeführt, um Abhängigkeiten vom BMI oder Geschlecht zu analysieren. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit „p“ bezeichnet und eine statistische Signifikanz bei $p < 0,05$ angenommen. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS (Version 19, IBM, Armonk, USA).

3 Ergebnisse

3.1 Die demographische Datenanalyse und Indikationsanalyse

In die Auswertung gingen 48 Patienten ein, davon 21 Männer und 27 Frauen.

Diese wurden präoperativ bezüglich der Körpergewichts- und Körpergrößenrelation, der Charnley- und ASA-Klassifikation, der Voroperationen am betroffenen und anderen Gelenken, der Dauer der Beschwerden und der Dauer des Gehens an Gehhilfen befragt, um die Schwere der vorliegenden Gelenkerkrankung und die Operationsrisiken zu beurteilen und vergleichbar zu machen.

Der durchschnittliche BMI der Probanden war $25,7 \text{ kg/m}^2 \pm 4,6 \text{ kg/m}^2$. Die Männer gingen mit durchschnittlich $26,2 \text{ kg/m}^2$ und Frauen mit $25,4 \text{ kg/m}^2$ in die Bewertung ein (Tab. 3).

Tab. 3: Die Darstellung der Verteilung von BMI, Größe und Gewicht der Patientengruppe

	Ø Männer	Ø Frauen	Ø gesamt	Ø Spannweite	Ø SD gesamt
BMI in kg/m^2	26,2	25,4	25,7	17,6 – 36,0	$\pm 4,6$
Größe in cm	174,7	162,5	167,2	150 - 185	$\pm 8,1$
Gewicht in kg	79,7	66,7	71,1	47,0 – 98,0	$\pm 12,5$

Die Indikationsverteilung zeigt Tabelle 4:

Tab. 4: Die Indikationsverteilung für die Hüftprothesenimplantation der Probandengruppe

Indikation	Anzahl	Prozent
Primäre idiopathische Koxarthrose	31	63,8
Dysplasiekoxarthrose	13	22,7
sekundäre Koxarthrose bei rheumatoider Arthritis	2	4,3
Femurkopfnekrose	1	2,1
Posttraumatische Arthrose	1	2,1

Die Mehrheit der Patienten fiel in die Charnley-Klassifikation B (d. h. Arthrosen auch in anderen Gelenken). Charnley B erreichten 67 Prozent und Charnley A 33 Prozent der Patienten.

In der ASA-Klassifikation hatte 89,8 Prozent der Patienten Werte von eins und zwei (keine oder leichte Allgemeinerkrankungen ohne Leistungseinschränkung, Tab. 5).

Tab. 5: Die prozentuale Verteilung der Patienten in der ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists, ASA)

ASA-Klassifikation	1	2	3
Patientenanteil in Prozent	46,2	43,6	10,3

3.2 Die Ergebnisse der klinischen Bewertung

Präoperativ gaben die meisten Patienten starke, aktivitätseinschränkende Schmerzen an. Es bestanden keine ausgeprägten Deformitäten. Weiter klagten sie über hinkende Gangbilder. Gehhilfen mussten nicht oder nur für lange Wegstrecken benutzt werden. Die Gehleistung lag durchschnittlich bei einem Kilometer. Das Funktionsniveau beim Treppensteigen, Sitzen, Schuhe und Strümpfe Anziehen war durchschnittlich auf 50 Prozent reduziert.

Die Gruppe der Frauen zeichnete sich präoperativ durch einen signifikant niedrigeren HHS aus (Frauen $46,5 \pm 11,8$; Männer $52,9 \pm 10,9$; $p = 0,01$).

Bei Frauen erhöhte sich der HHS von $46,5 \pm 11,8$ präoperativ auf $92,1 \pm 9,7$ postoperativ ($p < 0,0001$). Bei Männern war der HHS ebenfalls von $52,9 \pm 10,9$ auf $91,5 \pm 10,9$ deutlich erhöht ($p < 0,0001$) (Abb. 7).

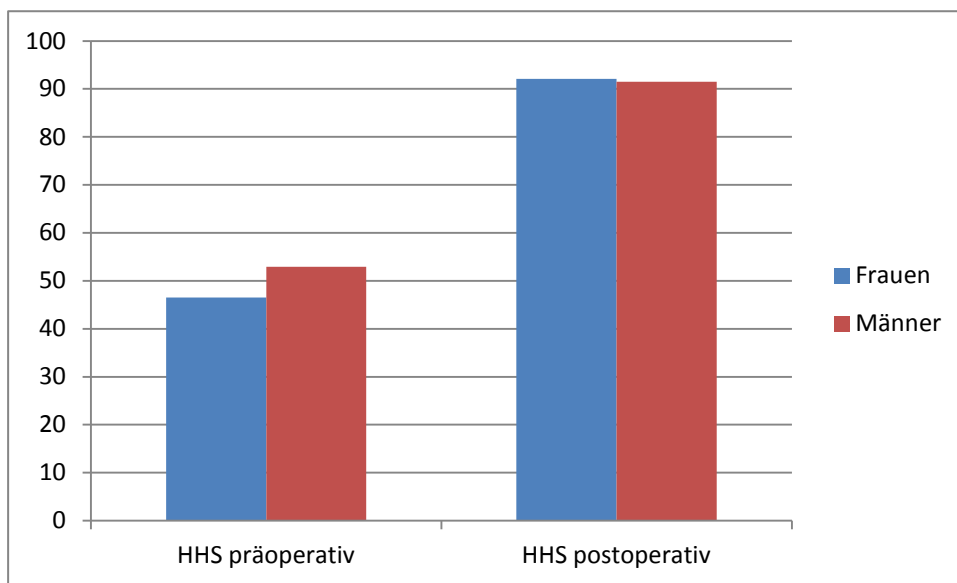


Abbildung 7: Der durchschnittliche Harris-Hip-Score prä- und postoperativ für Frauen und Männer (Harris-Hip-Score, HHS)

Postoperativ liegen Frauen und Männer im Bereich von 91 bis 100 Punkten. Bei den Frauen konnte der durchschnittliche Ausgangswert nahezu verdoppelt werden. Der Mittelwert der Steigerung lag bei 42,6 Punkten. Der BMI hatte keinen Einfluss auf das postoperative funktionelle Ergebnis (HHS präoperativ gegen postoperativ $p = 0,19$).

3.3 Die Operationsdaten

Die Operationszeit war bei Frauen tendenziell kürzer (Frauen $53,1 \pm 10,5$ min; Männer $60,6 \pm 14,1$ min; $p = 0,06$).

Bezüglich der Länge der Narbe gab es keine signifikanten Unterschiede (Frauen $7,9 \pm 1,9$ cm, Männer $8,0 \pm 1,2$ cm; $p = 0,455$).

Die durchschnittliche Implantatgröße war bei den Männern signifikant erhöht. Die Gelenkpfannen bei Männern maßen durchschnittlich $57,11 \pm 2,30$ Millimeter, bei Frauen $52,7 \pm 2,08$ Millimeter ($p = 0,0001$). Die Tabelle 6 und Abbildung 8 stellen das Verteilungsmuster der verwendeten Pfannengrößen dar.

Tab. 6: Das Verteilungsmuster der verwendeten Prothesengrößen (Pfannen)

Implantatgröße	50/32	52/32	54/32	56/32	58/32	60/32/36
Anteile in Prozent Männer		12,5		31,3	37,5	18,8
Anteile in Prozent Frauen	21,7	39,1	26,1	13,0		

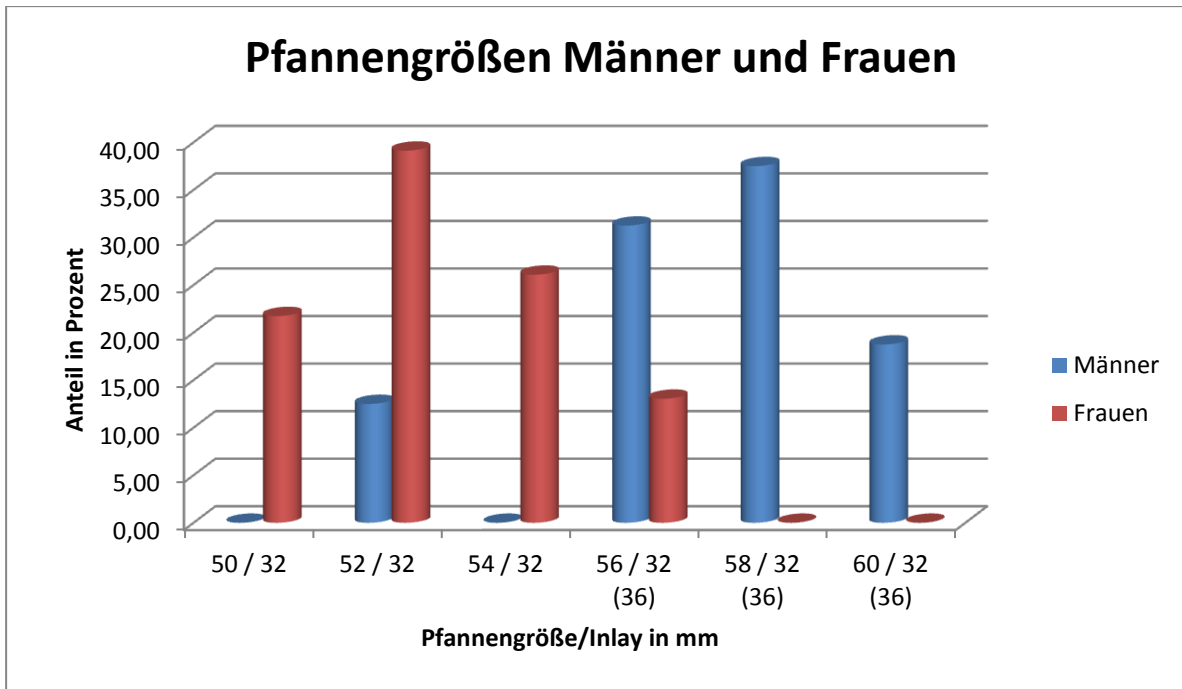


Abbildung 8: Das Verteilungsmuster der verwendeten Pfannengrößen (Trilogy, Zimmer, Warsaw, USA)

Die verwendeten Schaftgrößen sind aus Tabelle 7 und Abbildung 9 zu entnehmen.

Tab. 7: Das Verteilungsmuster der verwendeten Schaftgrößen

Schaftgröße in mm	Anteil der Schäfte der Männer in Prozent	Anteil der Schäfte der Frauen in Prozent
6		4,4
8	6,3	8,7
9		21,7
10	43,8	39,1
11,25	12,5	8,7
12,5	12,5	13,0
13,75	25	4,4

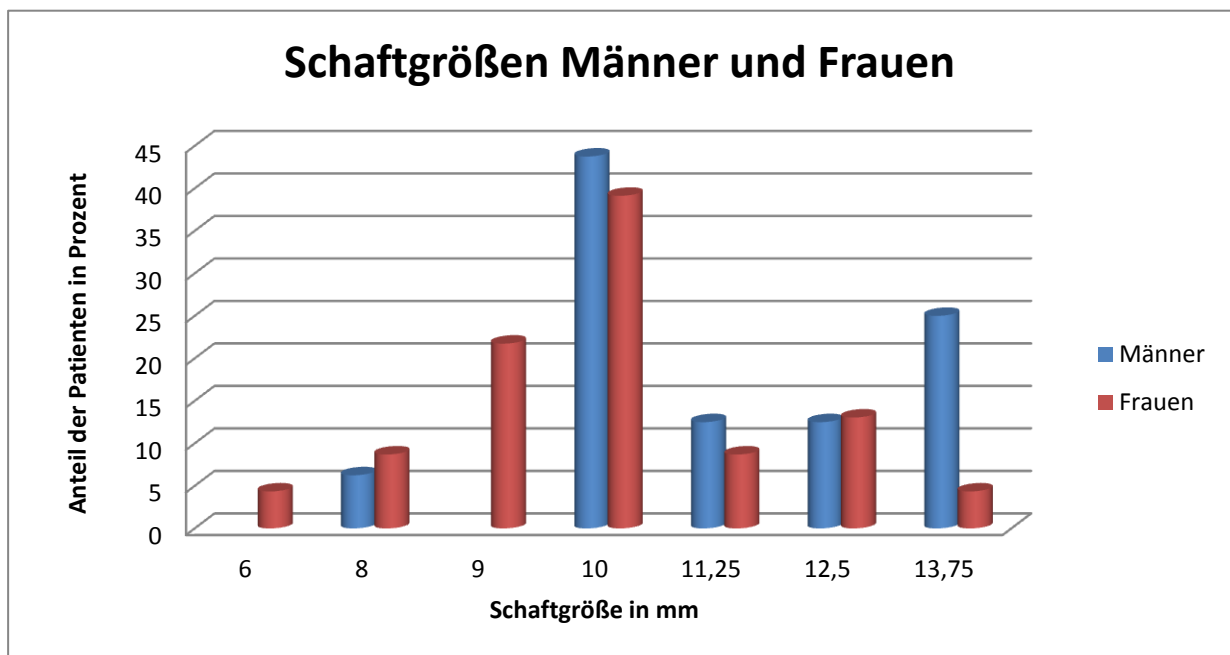


Abbildung 9: Das Verteilungsmuster der Schaftgrößen

3.4 Die Komplikationen der Operation

Während der ersten sechs Monate wurden keine Migrationen oder Lockerungen der Implantate beobachtet. Intraoperative Komplikationen traten nicht auf.

3.5 Die radiologischen Daten

3.5.1 Die Gesamtdaten

Gegenstand der Auswertung waren die Inklination der Pfanne, die Veränderung des Offsets, die Veränderung des Drehzentrums, die Varus-Valgus-Abweichungen, sowie die Beinlängenänderung.

3.5.1.1 Die Inklination des Pfannenimplantats

Neunzig Prozent der Pfannen wurden mit einer Inklination zwischen 35° und 45° implantiert. Die durchschnittliche Neigung war $43,6 \pm 4,8^\circ$. Die Untergrenze lag bei 35° . In nur vier Fällen wurden die 50° (dreimal 52° und einmal 56°) überschritten.

3.5.1.2 Das Rotationszentrum des Hüftgelenks

Die Medialisierung wurde anhand der Änderung des Abstandes des Drehzentrums vom medialen Pfannenrand erfasst. In 92 Prozent der Fälle wurde eine Rekonstruktion des Drehzentrums von ± 10 Millimetern im Vergleich zu den präoperativen Aufnahmen erreicht (Mittelwert $-4,1 \pm 5,3$ mm). Zieht man eine horizontale Linie durch die Unterkante der Linie der Tubera ischiadica und misst den Abstand zum Drehzentrum, erhält man die Höhe des Drehzentrums. Die Differenzen der Höhen (prä- zu postoperativ) nahmen um $0,4 \pm 4,3$ Millimeter zu.

3.5.1.3 Das femorale Offset

Eine Offsetänderung zeichnet sich durch eine Änderung des Abstandes der Femurachse vom medialen Pfannenrand aus. Die durchschnittliche Offsetänderung war 1,6 Millimeter (in 87 Prozent der Fälle, $1,6 \pm 6,3$ mm).

3.5.1.4 Die Ausrichtung des Schaftimplantats

Die Schaftausrichtung wurde in der anterior-posterioren Aufnahme vermessen. Siebenundachtzig Prozent der Schäfte waren im neutralen Bereich von 0° bis 3° implantiert. Die durchschnittliche Varus-Valgus-Abweichung war $1,4 \pm 1,5^\circ$.

3.5.1.5 Die radiologische Beinlänge

Die radiologische Beinlänge nahm im Schnitt um $4,1 \pm 5,3$ Millimeter zu.

3.5.2 Die Abhängigkeit der Ergebnisse vom Body-Mass-Index

Zur Lösung der Problemstellung wurden die mit dem Fragebogen erfassten Daten ausgewertet und der BMI nach der bekannten Formel berechnet.

Um die Abhängigkeit der Ergebnisse vom BMI differenzierter zu überprüfen, wurde die Patientengruppe in Personen mit $\text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ und $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ aufgeteilt. Die Tabelle 8 zeigt die allgemeine Verteilung von BMI, Größe und Gewicht in der Patientengruppe.

Tab. 8: Die Verteilung von BMI, Größe und Gewicht in der untersuchten Gruppe

	Ø Männer	Ø Frauen	Ø gesamt	Spannweite	Standardabweichung vom Mittelwert
BMI in kg/m²	26,3	25,4	25,7	17,6-36,0	±4,6
Größe in cm	174,7	162,5	167,2	150-185	±8,1
Gewicht in kg	79,7	66,7	71,7	47,0-98,0	±12,5

Der BMI hatte keinen Einfluss auf die in Tabelle 9 und Abbildung 10 dargestellten Parameter:

Tab. 9: Die Daten der anatomischen Gelenksrekonstruktion nach BMI aufgeteilt, Differenzen prä- und postoperativ aus den Röntgenbildern (118)

	BMI in kg/m ²		<i>p-Wert</i>
	<25	≥25	
Höhe in mm	0,5±2,7	0,2±5,2	0,611
Medialisierung in mm	5,0±5,2	4,1±5,3	0,745
Beinlänge in mm	1,6±7,7	1,8±7,9	0,865
Offset in mm	1,8±6,3	1,2±6,7	0,783
Varus-Valgus in Grad	1,6±1,6	1,0±1,2	0,547
Inklination in Grad	42,7±5,5	44,0±4,4	0,363

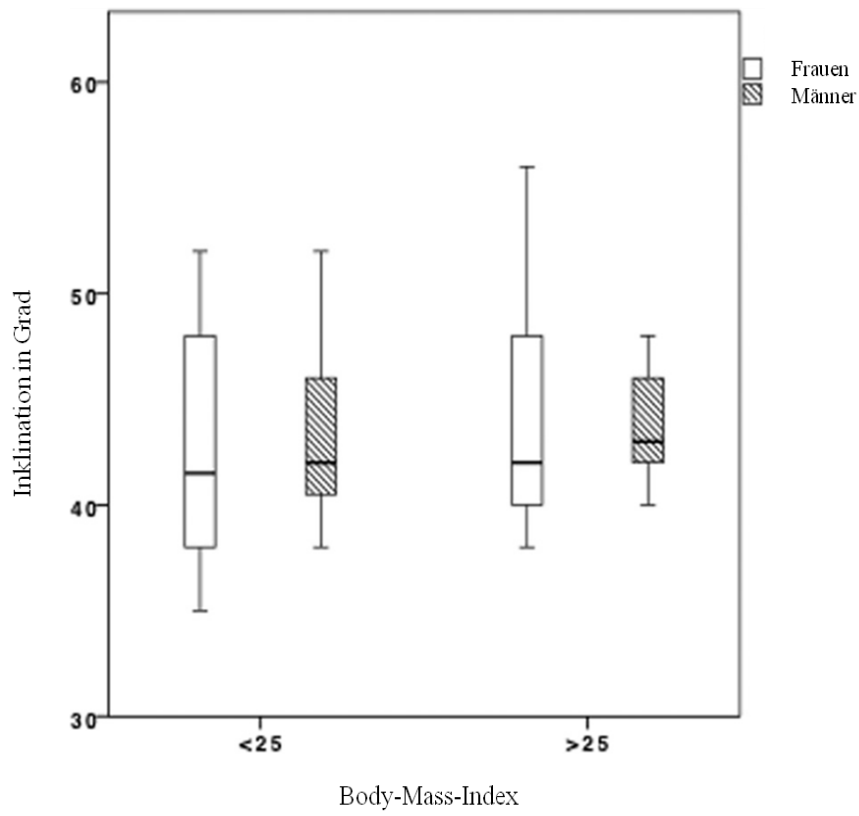


Abbildung 10: Der Boxplot zeigt die Inklination der Pfanne in Abhängigkeit vom BMI (118).

Die Operationszeit hingegen korrelierte signifikant mit dem BMI ($p = 0,04$, Abb. 11).

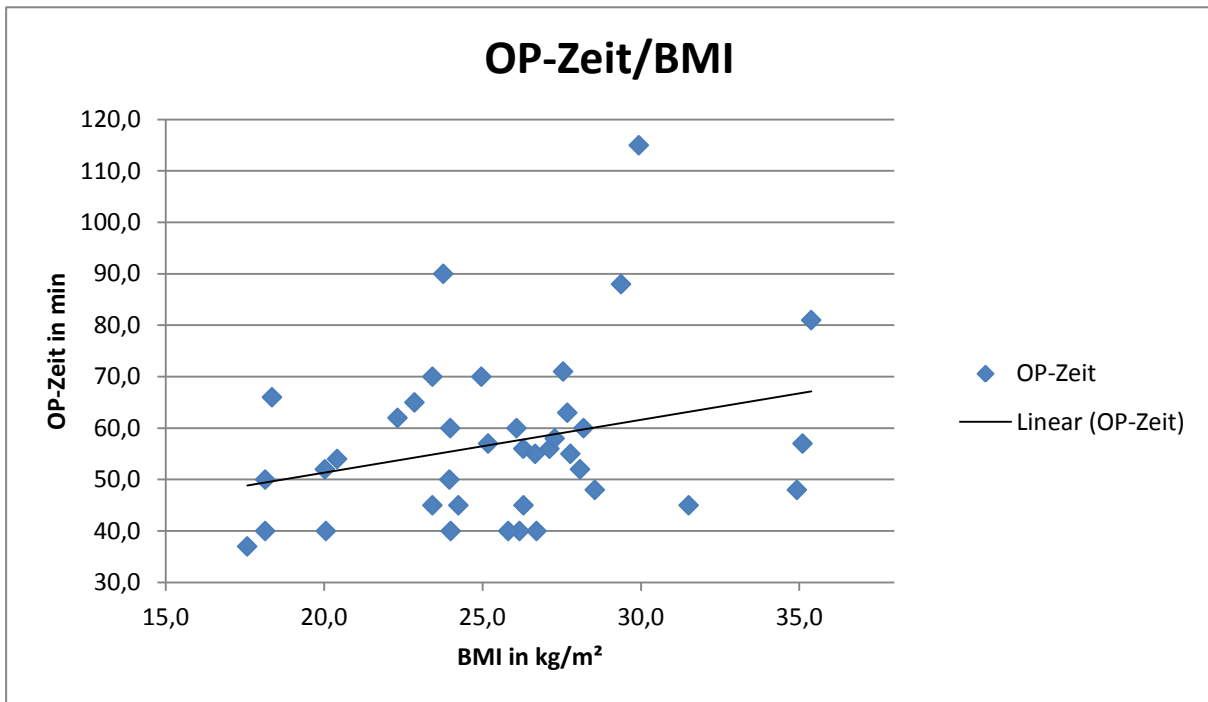


Abbildung 11: Der Graph zeigt die Abhängigkeit der Operationszeit vom Body-Mass-Index.

Keine Korrelationen mit dem BMI ergaben die Analysen von Varus-Valgus-Position ($p = 0,287$, $R^2 = 0,025$), Offset ($p = 0,675$, $R^2 = 0,004$), Inklination ($p = 0,952$, $R^2 = 0,0001$), Beinlänge ($p = 0,509$, $R^2 = 0,010$), Medialisierung ($p = 0,817$, $R^2 = 0,001$) und Höhe des Rotationszentrums ($p = 0,111$, $R^2 = 0,056$).

3.5.3 Der Einflussfaktor Geschlecht

Das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss auf die anatomische Gelenksrekonstruktion (Tab. 10):

Tab. 10: Die Daten der anatomischen Gelenksrekonstruktion nach Geschlecht, Differenzen prä- und postoperativ aus den Röntgenbildern (118)

	Geschlecht		<i>p-Wert</i>
	Frauen	Männer	
Höhe in mm	0,4±3,9	0,6±5,1	<i>0,994</i>
Medialisierung in mm	4,1±4,9	3,8±6,3	<i>0,477</i>
Beinlänge in mm	2,7±4,1	5,9±6,6	<i>0,147</i>
Offset in mm	3,4±6,9	-0,4±4,5	<i>0,129</i>
Varus-Valgus in Grad	1,2±1,3	1,4±1,7	<i>0,13</i>
Inklination in Grad	43,6±5,7	43,5±3,7	<i>0,952</i>

4 Diskussion

Die Daten zeigen, dass der dargestellte Zugang als Standardzugang für die Implantation von Hüftendoprothesen verwendet werden kann. Unabhängig vom BMI und vom Geschlecht können mit dem dargestellten minimalinvasiven anterolateralen Zugang in Seitenlage das anatomische Rotationszentrum sehr genau reproduziert und die Komponenten exakt positioniert werden.

Da es nach circa 15 Jahren Erfahrung mit minimalinvasiver Hüftendoprothetik zahlreiche Einzelstudien, Reviews und Metaanalysen gibt, die eine Entwicklung hin zur Akzeptanz oder Überlegenheit der Methode darstellen, stellt sich die Frage welche Studien als Standardvergleichsstudien herangezogen werden sollten. Da das Operationsvolumen im minimalinvasiven Bereich zugenommen hat und viele Operateure teilweise nur noch minimalinvasive Zugänge auch für Revisionsoperationen verwenden, nehmen OP-Volumen und Erfahrung bei den klassischen Zugängen dementsprechend ab. So beinhalten wahrscheinlich die frühen Studien zur minimalinvasiven Technik, seien es kritische oder seien es positive Berichte, die belastbarsten Daten zur Standardhüftendoprothetik, da diese Operateure vorher ausschließlich mit einer Standardmethode gearbeitet haben. Deshalb werden jene in dieser Arbeit zum Abgleich der Reproduzierbarkeit mit herangezogen.

4.1 Die Diskussion der Methode

4.1.1 Die Demographie

In der prospektiven Studie wurden, nachdem zwei Patienten die weitere Teilnahme verweigerten, 48 Patienten erfasst. Die Geschlechterverteilung war homogen. Auch bezüglich der OP-Seitenlokalisation zeigte sich ein ausgewogenes Verteilungsmuster.

Die Altersverteilung lag sehr nahe am Landesdurchschnitt für HTEP-Erstimplantationen (2011: 67,6 Jahre) (119). Es wurden keine Ausschlusskriterien angesetzt. Dieses Durchschnittsalter eignet sich sehr gut, um die Fragestellung der Studie zu bearbeiten, denn im Altersbereich von 55 bis 75 Jahren steigt der durchschnittliche BMI bei circa 20 Prozent der Gruppe auf Werte $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ (100). Moskal et al. geben in ihrer Metaanalyse mit einer Gesamtfallzahl von 1500 Patienten ein Durchschnittsalter von 63 Jahren an (7). Smith et al. liegen im Altersdurchschnitt etwas niedriger (48).

4.1.2 Der Body-Mass-Index der Patienten

Der mittlere BMI kann gut mit anderen bereits veröffentlichten Studien verglichen werden (7, 42, 45, 46, 72, 120). Die männlichen Patienten gingen mit durchschnittlich um circa einen Punkt erhöhtem BMI in die Bewertung ein. Damit lag die Patientengruppe ungefähr auf dem Niveau der minimalinvasiv operierten Patienten von Moskal et al.. In dieser Metaanalyse war der BMI der mit Standardverfahren operierten Patienten um zwei Punkte erhöht, was eventuell für eine defensivere Indikationsstellung bei den minimalinvasiven Verfahren spricht (7). Auch die Metaanalyse von Vavken et al. beschreibt Werte in diesem Bereich (46). Der vorliegende Durchschnittswert liegt zudem sehr nah am Übergang vom Normalgewicht zum Übergewicht (Grenzwert BMI 25 kg/m²), an dem die vorliegende Patientengruppe aufgeteilt wurde.

Manche Autoren sehen in einem BMI ≥ 30 kg/m² eine Kontraindikation für minimalinvasive Techniken bei der Hüftendoprothetik (99) oder erwarten BMI-abhängige Probleme mit der Implantatpositionierung oder Weichteilschäden (17, 37, 98). Andere erkennen hier keine Einschränkung (25, 40, 63, 121). Für Goldstein war in den Anfangszeiten der minimalinvasiven Hüftchirurgie schon ein signifikanter Unterschied in der Durchführbarkeit der Operation bei Patienten mit einem BMI von 27 bis 31 kg/m² im Gegensatz zu normalgewichtigen Patienten gegeben (122). Eine größere Körperfülle wird eventuell einen größeren Schnitt als zehn Zentimeter erfordern, meint Jerosch (30). Problematischer für die Durchführung der OP erscheint ihm hingegen vermehrte Muskelmasse. Diese physischen Unterschiede werden bei der Berechnung des BMI jedoch nicht berücksichtigt. Mittlerweile gilt die Schnittlänge aber nicht mehr als Kriterium für eine minimalinvasive Technik, sondern die Schonung von Muskeln und Sehnen, was die Durchführung erleichtert (1).

Grundsätzlich erfasst der BMI als Index nur die Körpergröße und das Gewicht. Über die konkrete lokale Verteilung von Muskelmasse und Bindegewebe am Körper sagt er nichts aus. Auch Roue et al. vermuten, dass der BMI nicht als Parameter für die Durchführbarkeit der Operation herangezogen werden kann, da Einschränkungen eventuell durch die vermehrte Muskulatur des Patienten entstehen. Sie berichten von häufigeren Wundheilungsstörungen durch übermäßigen Retraktorenzug bei erhöhtem BMI (17). Da es also eher um Tendenzen und um den jeweiligen Einzelfall geht, ist die Aussage, dass ein BMI ≥ 30 kg/m² eine generelle Kontraindikation für minimalinvasive Hüftendoprothetik sei, so pauschal nicht zu halten. Denn aufgrund des BMI ist es nicht möglich, die Gewebebeschaffenheit im Bereich der Hüfte zu erfassen. Sonografisch könnten die Gewebeschichten Muskel und Bindegewebe lokal für den

Einzelfall aber gut erfasst werden und eventuell ein lokaler „BMI“ etabliert werden. Neuere Experimente zeigen, dass Ultraschall auch zur Pfannenvermessung verwendet werden kann und auch bei einem hohen BMI zuverlässig ist (123, 124). Die Vermutung von Roue et al., dass die Muskelmasse eine Rolle spielen könnte, wurde von Preininger et al. mittlerweile untermauert (90). Problematisch für den Operateur ist die erhöhte Muskelmasse bei Männern, nicht das tendenziell vermehrte Bindegewebe bei Frauen. Preininger et al. geben das Muskelvolumen der Glutealmuskulatur bei Männern im Vergleich zu Frauen als vermehrt an (90). Dies führt dazu, dass männliche Patienten mit größerer Muskelreserve zu mehr Kompensation von Muskelschäden fähig sind als Frauen. Im Umkehrschluss muss deshalb bei Frauen auf ein besonders muskelschonendes Verfahren Wert gelegt werden.

Im Gegensatz dazu konnten Matziolis et al. bei einer Studie, in der sie die Muskeltraumatisierung laborchemisch erfassten, keine Korrelation von Geschlecht, BMI, Alter, Größe oder Gewicht mit dem Laborparameter feststellen. Unterschiedliche funktionelle Ergebnisse bei unterschiedlichen Zugängen führten sie auf Innervationsschäden der Muskulatur zurück. Der anterolaterale Zugang zeichnete sich durch ein generell reduziertes Muskeltrauma im Vergleich zum transglutealen Zugang aus (43), führte teilweise aber auch ganz ohne Muskeltrauma zu Funktionsdefiziten des M. tensor fasciae latae (87). Das grundsätzlich reduzierte Muskeltrauma bestätigen auch Müller et al. und sie schlussfolgern, dass der anterolaterale Zugang aufgrund seiner Gewebeschonung besonders für ältere Patienten mit erhöhtem BMI geeignet sei. Diese sind von vermehrter postoperativer Fettatrophie und Muskelatrophie aufgrund verminderter regenerativer Kapazitäten betroffen (98). Außerdem konnten sie in einer MRT-Studie keinen zusätzlichen Schaden bei Verwendung des anterolateralen Zugangs feststellen. In der Vergleichsgruppe mit lateralem Zugang hingegen zeigte sich aufgrund des glutealen Muskelschadens eine kompensatorische Hypertrophie des M. tensor fasciae latae (39).

Da vermehrtes Muskelgewebe, das eventuell einen größeren Schaden bei der OP nehmen würde, auch eine größere Kompensationsreserve bietet (90), kann das klinische Outcome allein anhand des BMIs nur schwer vorhergesagt werden. Auf die anatomische Rekonstruktion und das funktionelle Outcome hatte der BMI in dieser Studie keinen Einfluss. Studien zu eingeschränkten funktionellen Ergebnissen bei erhöhtem BMI nach minimalinvasiver Hüftprothesenimplantation konnten nicht recherchiert werden. Die angeführten Meta- und

Reviewstudien machen keine Aussagen zu einer Kontraindikation, die sich aus einem erhöhten BMI ergeben könnte (5, 7, 44-46, 52).

4.1.3 Die OP-Indikationen

Die Operationsindikationen der vorliegenden Studie entsprechen denen größerer Studien: an erster Stelle wird die idiopathische Koxarthrose als häufigste Behandlungsdiagnose genannt. Gries et al. ermittelten in einer frühen Studie mit 39.000 Patienten eine Quote von 59,4 Prozent für die primäre Koxarthrose als OP-Indikation für den Hüftgelenkseratz (125). Xu et al. geben in ihrer Metaanalyse an erster Stelle die primäre Koxarthrose an (45). In der vorliegenden Studie wurde die OP-Indikation an erster Stelle aufgrund einer idiopathischen Koxarthrose gestellt. Darauf folgte als Indikation die Dysplasiekoxarthrose.

4.1.4 Die Erhebung der klinischen Daten

Die klinischen Daten wurden mit einem Bewertungsbogen erhoben, der unter anderem den HHS enthält. Er wurde ursprünglich 1969 für die Untersuchung von Patienten mit Azetabulumverletzungen oder Hüftgelenksluxationen nach Autounfällen entwickelt (117). Der Score bezog als Neuerung erstmals die Funktion in die Bewertung von OP-Ergebnissen mit ein. Deshalb wird er bis heute sehr häufig zur Nachuntersuchung von Hüftgelenksendoprothesen verwendet. Allerdings wurde der HHS nie den üblichen Testverfahren für Untersuchungsscores unterzogen (126): Die einzelnen Kategorien des Scores sind nicht vollständig definiert und Antwortkategorien lassen oft keine eindeutige Zuordnung zu. Deshalb besteht eine hohe Variabilität (127).

Im ersten Teil des Scores werden durch die Frage nach Schmerz bereits 44 von 100 Punkten vergeben. Die Frage nach dem Schmerzempfinden ist aber immer subjektiv. Die individuelle analgetische Medikation geht dagegen nicht mit in das Ergebnis ein. Die einzelnen Bewertungsstufen sind in Zehnerschritte unterteilt. Der gesamte Unterpunkt „Tägliche Aktivitäten“ beträgt aber nur maximal 14 Punkte.

Hohe Gewichtung liegt auf dem Punkt „Gehfähigkeit“: 33 Punkte. Hier sind die einzelnen Abstufungen für den Patienten oft nicht leicht zu ermitteln. Gerade in der Frühphase fällt eine Differenzierung zwischen Gehstrecken von über 500 Metern oder 1000 Metern schwer.

Beim Punkt „Deformitäten“ erreichen alle Patienten bereits präoperativ die volle Punktzahl, da die hier angegebenen Deformitäten für Unfallfolgen bestimmt sind. Bei idiopathischen Koxarthrosen werden diese nicht erreicht. So ergibt dieses Kriterium keine weitere Differenzierung. Fünf Bewertungspunkte für den Unterpunkt „Bewegungsumfang“ fallen im Gesamtscore kaum ins Gewicht, besonders wenn die Patienten wie in der zugrundeliegenden Studie in dieser Kategorie gut abschneiden.

Trotz seiner teilweise eingeschränkten Aussagekraft ist der HHS bei der Evaluierung der Koxarthrose ein sehr häufig verwendetes Instrument und gilt als hoch valide und reliabel (55, 117, 128, 129). Grundsätzlich wird aber von einigen Autoren ein international standardisiertes Protokoll für die Evaluierung der Hüftendoprothetik gefordert, um die Heterogenität der Literatur einzuschränken und die Vergleichbarkeit zu verbessern (7, 45). Xu et al. integrierten in ihrer Arbeit den Harris Hip Score (HHS), Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) und den Oxford Hip Score.

4.1.5 Die radiologische Methode

Neben der klinischen Datenerfassung spielte die radiologische Vermessung die wichtigste Rolle, um die Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse zu prüfen. Eine reproduzierbare Abbildungstechnik wird als Voraussetzung für die Messung an Röntgenbildern gefordert (130). Eine der vielen möglichen Fehlerquellen bei der Durchführung von Röntgenaufnahmen sind unter anderem Lagerungsfehler. Bei der Vermessung von Röntgenbildern mussten der Film-Fokus-Abstand und der Objekt-Fokus-Abstand zur Ermittlung der Vergrößerung auf dem Röntgenbild berücksichtigt werden (131). Da diese Abstände von Patient zu Patient variierten, wurden die am Bild gemessenen Strecken nicht direkt verglichen, sondern erst mit einem Korrekturfaktor verrechnet. Dieser wurde präoperativ mit Hilfe einer standardisiert platzierten Metallkugel mit bekanntem Radius ermittelt. Postoperativ gingen der Prothesenkopfdurchmesser und die abgebildete Größe des Kopfes mit in die Rechnung ein. Anhand von diesem Korrekturfaktor wurden die reellen Werte errechnet.

Die Vermessung der radiologisch zu bestimmenden Parameter erfolgte mit Hilfe von standardisierten, tiefen Beckenübersichtsaufnahmen bei circa zehn Grad Innenrotation des gestreckten Beines in Rückenlage. So wird die Antetorsion des Schenkelhalses auf dem Bild ausgeglichen und Trochanter minor und major können gut dargestellt werden. Auch das Offset kann so sicher bestimmt werden. Hierbei zielten die Messungen auf die Differenzen der prä- und

postoperativen Werte ab, was eine möglichst reproduzierbare Beckenübersichtsaufnahme erforderte.

Die Messungen basierten auf der Verbindungslinie durch die Tubera ischiadica als horizontale Bezugslinie, um die Höhe des Rotationszentrums zu bestimmen. Als vertikale Bezugslinie diente der laterale Rand der Köhlerschen Tränenfigur. Die Köhlersche Tränenfigur wird durch die Fossa acetabuli in der Tiefe des Pfannengrundes medial und lateral durch die Kontur der ischiocruralen Beckenwandkortikalis gebildet und ist sehr verlässlich identifizierbar (132). Durch ihre unmittelbare Nachbarschaft zum Rotationszentrum ist sie als Referenz besonders stabil gegen Verkipfungseffekte.

4.2 Die Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Die Diskussion der klinischen Ergebnisse

4.2.1.1 Der Harris-Hip-Score

In der vorliegenden Arbeit verbesserte sich der HHS hoch signifikant für beide Geschlechter. Frauen hatten präoperativ einen signifikant schlechteren HHS. Außerdem stieg der HHS nach sechs Monaten postoperativ bei Frauen und Männern hochsignifikant. Auf das postoperative funktionelle Ergebnis hatte der BMI keinen Einfluss.

Laffosse verglich bei seiner Studie den minimalinvasiven anterolateralen Zugang und einen anterolateralen Standardzugang. Bei ähnlichen Ausgangswerten im HHS erreichte er mit dem Standardzugang circa zehn Prozent niedrigere Werte. In seiner Vergleichsgruppe verwendete er den dieser Arbeit zugrundeliegenden Zugang. Er erreichte damit gute Ergebnisse trotz einer Reihe von Komplikationen, die er seiner persönlichen Lernkurve zusprach (33). Nach drei Monaten lag der HHS der minimalinvasiven Gruppe höher als beim posteriorem Zugang. Auch nach sechs Monaten waren die Werte in der minimalinvasiven Gruppe immer noch deutlich höher. Der Einfluss des BMI wurde nicht untersucht. Dies stützte die Vermutung, dass der minimalinvasive Zugang vor allem in der frühen postoperativen Phase Vorteile bei den klinischen Ergebnissen brächte. Diese Vermutung wurde mittlerweile auch durch einige Meta- und Reviewanalysen bestätigt. Jung et al. sehen einen deutlichen Vorteil bei der minimalinvasiven anterolateralen Technik in den ersten drei Monaten. Nach 12 Monaten war der

Unterschied zur konventionellen Methode nicht mehr feststellbar (5). Ebenso sahen Moskal et al. die minimalinvasive Hüftchirurgie bezüglich HHS im Vorteil (7). Xu et al. fanden keine signifikante Erhöhung bei minimalinvasiver Technik gegenüber den Standardverfahren (45). Auch Ogonda et al. fanden in der frühen postoperativen Phase (bis sechs Wochen) keine Vorteile für einen minimalinvasiven posterioren Zugang (31). Beide Gruppen zeigten sechs Wochen nach der Operation relativ zum Ausgangswert gesehen vergleichbare Steigerungsraten in Bezug auf Mobilität und Funktion. Es konnte kein Unterschied bei der Verwendung von Gehhilfen gezeigt werden. Die getesteten Scores (HHS, Oxford Hip Score, WOMAC-Score, SF-12-Score) wiesen keine Signifikanzen zwischen den Gruppen auf.

Zugangsspezifische Untersuchungen zeigen folgendes: Matziolis et al. ermittelten in ihrer Patientengruppe mit minimalinvasivem anterolateralem Zugang eine Steigerung des HHS. Es ergab sich aber kein signifikanter Unterschied zur Vergleichsgruppe mit einem minimalinvasiven transglutealem Zugang (43). Nach sieben Jahren sehen Musil et al. keinen Vorteil bei der minimalinvasiven anterolateralen Technik gegenüber den konventionellen Methoden (50).

Die funktionellen Ergebnisse ermittelt mit dem HHS in der vorliegenden Studie sind besser im Vergleich zu den anderen Studien. Sowohl Männer als auch Frauen erreichten unabhängig vom BMI sehr gute funktionelle Ergebnisse. Der BMI hatte keinen Einfluss auf das funktionelle Outcome. Cushnaghan et al. bestätigen die Unabhängigkeit des funktionellen Outcomes vom BMI in einer Langzeitstudie mit 282 Patienten für Patienten mit Standardoperationen (107). Dieses Ergebnis wurde allerdings nicht mit dem HHS evaluiert, sondern mit dem SF-36-Score. Die Patienten mit einem BMI $\leq 24,5$ kg/m² dienten als Referenzgruppe. Vergleichsgruppen waren Patienten mit einem BMI von 24,6 bis 28 kg/m² und > 28 kg/m². Es gab keine Hinweise darauf, dass übergewichtige Patienten weniger von einer Hüftprothesenimplantation profitieren als normalgewichtige. Ethgen et al. schränken dies noch auf Patienten mit BMI < 40 kg/m² ein. Unter diesem BMI hätte das Übergewicht keinen Einfluss auf den Profit, den der Patient aus einer Prothesenversorgung der Hüfte ziehen könnte (109). Lübbecke et al. sehen nach fünf Jahren leicht erniedrigte Funktionswerte und ein leicht erhöhtes Komplikationsrisiko bei übergewichtigen Frauen (15, 16). Auch Santaguida et al. fanden in ihrer Reviewstudie mit 38 Einzelstudien keine Korrelation der Funktion mit dem BMI, sowie keinen anderen Einfluss des BMI auf die Hüftendoprothetik im Generellen (97).

Zu Ogonda et al., die keinen funktionellen Vorteil für die minimalinvasive Methode ermittelten, bleibt anzumerken, dass diese kein spezielles Instrumentarium für den minimalinvasiven Zugang

verwendeten. Deshalb gab es eventuell eine stärkere Traumatisierung. Röttinger empfiehlt für den minimalinvasiven Zugang speziell gerundete Haken, da die üblichen Hohmann-Haken aufgrund zu scharfer Kanten nur bedingt geeignet sind (77). Wörner et al. bemerken in Ihrer Reviewstudie, dass einige Autoren die Durchführbarkeit einer minimalinvasiven Operation ohne spezielle Instrumentarien darstellen. Sie zweifeln daran, dass hierbei minimalinvasive Operationen nach heutigem Verständnis ohne Muskel- und Sehnenabsetzungen durchgeführt wurden (52).

Auch Hungerford et al. konnten keine Signifikanzen bei Patienten mit erhöhtem BMI in Kombination mit minimalinvasiver Technik feststellen. In der Adipositasgruppe ihrer Studie war zwar der HHS nach zwei Jahren am niedrigsten, doch hatten diese Patienten trotzdem noch gute bis sehr gute OP-Ergebnisse im Vergleich zu den Normalgewichtigen (40). Dienstknecht et al. führen in ihrer Studie zur Auswirkung des BMI auf das postoperative Outcome nur Studien mit Standardendoprothetik an, ziehen aber auch den Schluss, dass übergewichtige Patienten von der minimalinvasiven Methode genauso wie Normalgewichtige profitieren (25).

Die ausgezeichneten funktionellen Ergebnisse in dieser Studie sprechen für eine vergleichsweise schonende OP-Technik und eine funktionell stimmige Implantation der Komponenten unabhängig von BMI und Geschlecht.

4.2.1.2 Die OP-Dauer

Die OP-Zeit korrelierte signifikant mit dem BMI, ohne dass die Implantatpositionierung negativ beeinflusst wurde. Dies liegt darin begründet, dass der OP-Situs bei Patienten mit erhöhtem BMI nicht ebenso schnell präpariert werden kann, wie der eines Normalgewichtigen. Der BMI hatte weder Einfluss auf die Genauigkeit der Implantation, noch auf die postoperative Funktionalität.

Die durchschnittliche OP-Zeit war kürzer als in den älteren Vergleichsstudien (32, 33, 120). Auch liegt sie deutlich unter dem Landesdurchschnitt für HTEP-Erstimplantationen von 74,5 Minuten (119). Nach Abschluss der Lernkurve werden bei einigen Operateuren mittlerweile ähnliche Ergebnisse erreicht. Allgemein haben sich die Operationszeiten der minimalinvasiven Verfahren an die der Standardzugänge angepasst (5). Dienstknecht et al. erreichten vergleichbare OP-Zeiten in der minimalinvasiven Gruppe, wobei auch diese mit dem BMI korrelieren (25). Dass die OP-Zeit direkt mit dem BMI bei minimalinvasiver Technik korreliert, wird ebenso von Hungerford und Hallert et al. bestätigt (40, 133). Auch Ogonda et al. verzeichnen eine

verlängerte OP-Zeit für Patienten mit einem BMI > 35 kg/m² im Vergleich zur Subgruppe mit einem BMI < 30 kg/m² (31).

Der verwendete minimalinvasive anterolaterale Zugang spart im Vergleich zu anderen Zugängen Zeit, da abgelöste Muskulatur nicht mehr refixiert werden muss. Beim Rückzug aus dem OP-Gebiet legen sich nach Verschluss der Kapsel und dem Entfernen der Haken die Muskeln, insbesondere M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius, wieder aneinander ohne mit Nahtmaterial fixiert zu werden. Dann kann ohne weiteren Aufwand mit der Fasziennaht begonnen werden.

Des Weiteren gibt es eine Tendenz zu kürzeren OP-Zeiten bei Frauen. Dies könnte an der insgesamt geringeren Implantatgröße liegen. Für kleinere Exemplare muss der Operateur das Instrumentarium zum Fräsen der Pfanne und Raspeln bzw. Impaktieren des Schaftes nicht so häufig wechseln, um die entsprechende Vorform für das Implantat zu schaffen.

4.2.1.3 Die Komplikationen der Operation

Die Komplikationsrate (ein Durchgangssyndrom und eine tiefe Venenthrombose) der vorliegenden Studie war mit der bei anderen Standard-Zugangswegen vergleichbar und steht vermutlich nicht mit der spezifischen chirurgischen Technik in Zusammenhang. Komplikationen wie Frakturen am Trochanter major, Schaftfrakturen, Luxationen, Infektionen, Nervenschäden oder frühzeitige Dislokationen, die die Reproduzierbarkeit in Frage stellen würden, traten nicht auf. In der Literatur werden aber solche eingriffsspezifischen Komplikationen und solche, die zu einer Reintervention führen, beschrieben. So dokumentierten Woolson et al. beim posterioren Zugang 14 Prozent Komplikationsrate, darunter eine partielle Läsion des N. peroneus und eine posteriore Luxation. In der Mini-Incision-Gruppe traten sogar bei 18 Prozent Komplikationen auf: zwei Femurfrakturen, eine komplette Läsion des N. ischiadicus und eine Staphylokokkeninfektion (32). Vavken et al. merken hierzu an, dass es sich um die ersten Erfahrungen von mehreren Chirurgen mit der damals neuen Technik handelt. Diese Studie wird aber nach wie vor von vielen Arbeiten zitiert und als Basis verwendet (46). Laffosse et al. berichten in der Kontrollgruppe mit posteriorem Zugang von einer insgesamt deutlich niedrigeren Komplikationsrate (33). In der Studie erfassten Laffosse et al. die Lernkurve des oben beschriebenen OCM-Zugangs. Sie berichteten von 26 Prozent Komplikationen bei den ersten 42 mit diesem Zugang durchgeführten Operationen, darunter vier Frakturen des

Trochanter major, drei kortikale Perforationen bei der Schaftpräparation, eine Fraktur am Kalkar und zwei dislozierte Pfannen aufgrund von Weichteilinterponaten. Trotz dieser Komplikationen erreichten sie in der Gruppe mit anterolateralem Zugang einen höheren HHS als bei der mit posteriorem Zugang operierten Gruppe. Howell et al. beschreiben bei über sechs Prozent der Operationen mit minimalinvasivem anterolateralem Zugang Komplikationen, davon zwei intraoperative Frakturen und ein ausgeprägtes Hämatom. In der Standardgruppe verzeichneten sie insgesamt fünf Prozent Komplikationen: ein ausgeprägtes Hämatom, ein postoperativer Ileus und eine Wundinfektion. Der postoperative Ileus und die Wundinfektion sind aber nicht als zugangsspezifisch zu sehen (120).

Nach mittlerweile mehrjähriger Erfahrung und abgeschlossenen Lernkurven der Operateure bei den minimalinvasiven Techniken haben sich die Komplikationsraten denen bei Standardzugängen angeglichen. Es gibt keine signifikanten Unterschiede mehr (5, 45, 46, 52). Die Thematik der Studien hat sich auch dahingehend verändert, dass eine mögliche Überlegenheit der minimalinvasiven Technik nachgewiesen werden soll. Grundsätzlich gibt es bei der Beurteilung von Komplikationsraten das Problem der variablen Bewertung in einzelnen Studien (74). Momentan gilt es die Risikoprofile der einzelnen minimalinvasiven Zugänge zu erarbeiten und zu vergleichen.

Zusammenfassend ist die im Vergleich sehr niedrige Komplikationsrate der vorliegenden Studie unter anderem auf die Erfahrung des Operateurs zurückzuführen (R. H.). Auch Röttinger beschreibt in seiner Veröffentlichung eine verlängerte Lernkurve und die typischen Komplikationen während der Entwicklungsphase der anterolateralen Technik: Abrissfraktur des dorsalen Anteils des Trochanter major, sowie periprothetische Frakturen und Luxationen aufgrund einer verstärkten Pfannenantetorsion (77). Um hohe Komplikationsraten in der Lernphase zu vermeiden, weist auch Röttinger darauf hin, dass ein größerer Schnitt für das funktionelle Ergebnis der Operation keine Rolle spiele. Die OP-Technik könne dadurch aber wesentlich vereinfacht und die Lernkurve eventuell optimiert werden. In eine Reviewstudie sehen Hansen et al. den Röttinger-Zugang als vorteilhaft für die frühe Rehabilitation ohne erhöhtes Komplikationsrisiko an. Auch bewerten sie den anterolateralen minimalinvasiven Zugang gegenüber dem posterolateralen als vorteilhaft (44). Hube et al. untersuchten in einer retrospektiven Analyse die Revisionsursachen nach minimalinvasiver Hüftprothesenimplantation. Sie fanden als Revisionsursache bei 152 aseptischen HTEP-Wechseln nach minimalinvasiver Primärimplantation die Hüftluxation infolge von

Pfannenfehlstellungen als zugangsunabhängige Ursache des Versagens. Als zugangsspezifische Komplikation nennen sie beim anterolateralen Zugang in Rückenlage die Fraktur des Trochanter major. Als Konsequenz aus dieser Studie empfehlen sie eine Patientenselektion in der Lernphase. Der Schnitt muss zudem im Einzelfall den anatomischen Gegebenheiten angepasst werden. Adipöse und sehr muskelstarke Patienten sollten in der Anfangsphase exkludiert werden. Ebenso problematisch sehen sie voroperierte Hüften, Fehlstellungen des proximalen Femurs, schwere Dysplasien und Ankylosen. Der minimalinvasive posteriore und anterolaterale Zugang könnte zudem gut erweitert werden. Diese Schnitterweiterung wird als essentiell für die Beherrschung eventuell auftretender Operationsprobleme betrachtet. Dies ist mit dem minimalinvasiven Verständnis der Autoren vereinbar. Eine Geschlechtsabhängigkeit wurde nicht festgestellt. Eine BMI-Abhängigkeit wurde nicht untersucht (1). Eine weitere Studie, die die Revisionsursachen nach minimalinvasiver Hüftprothesenimplantation untersucht, ist nicht bekannt.

Ein Einfluss des BMIs auf die Komplikationsrate bei minimalinvasiver Technik, in diesem Falle mit anteriorem Zugang intra- und postoperativ wird in der Literatur nicht angegeben (25). Eine neue Studie von Frye et al. sieht eine Abhängigkeit des muskulären Schadens am M. tensor fasciae latae bei erhöhtem BMI und bei männlichen Patienten mit erhöhtem BMI. Dieser lässt sich möglicherweise durch die Verwendung einer Kurzschaftprothese vermeiden. Ein Muskelschaden wird aber nicht als Major-Komplikation betrachtet (37).

In der zugrundeliegenden Studie können keine Zusammenhänge zwischen Komplikationsrate, BMI und Geschlecht hergestellt werden: Einerseits liegt das an der grundsätzlich sehr niedrigen Komplikationszahl (ein Durchgangssyndrom, eine tiefe Venenthrombose), andererseits hatten selbst die genannten Komplikationen keinen Einfluss auf das funktionelle Outcome. Um genaue Aussagen über zugangsspezifische Komplikationen machen zu können, sind sehr große Fallzahlen für einen speziellen Zugang nötig, um eine ausreichende repräsentative Anzahl von Komplikationen abzubilden. Diese müssen auch über einen längeren Zeitraum beobachtet werden, um Langzeiteffekte mit einzubeziehen. Der hier verwendete Zugang kann nach Beenden der Lernkurve als komplikationsarm, hier orthopädisch komplikationslos, bezeichnet werden und bietet so ein sicheres Implantationsverfahren unabhängig vom BMI und Geschlecht der Patienten. Gerade durch die frühe Mobilisation und frühe Vollbelastung, die durch die OP-Methode immanenten Schonung der Muskulatur, Sehnen und Bänder möglich ist, lassen sich allgemeine postoperative Probleme wie unphysiologische Gangbilder, tiefe Venenthrombosen und Muskelatrophie vermindern (6, 8, 134).

4.2.2 Die Diskussion der radiologische Ergebnisse

Die anatomischen Gegebenheiten der Hüften konnten in den Operationen der zugrundeliegenden Studie sehr genau rekonstruiert werden. Die exakte Implantatposition ist der entscheidende Faktor, um die Biomechanik des Gelenkes wiederherzustellen, damit eine frühzeitige Lockerung zu verhindern und die durch Standardmethoden vorgegebenen Langzeitergebnisse zu erreichen (9-11, 135). Darüber hinaus würde eine ungenaue Implantation die Luxationsgefahr erhöhen (1, 31).

Im folgenden Abschnitt werden die radiologischen Ergebnisse auf die generelle Reproduzierbarkeit hin überprüft. Dies ist Voraussetzung für die weitere Evaluation anhand von Geschlecht und BMI. Hierfür folgt die differenzierte Betrachtung jeweils für den einzelnen radiologischen Parameter in den Gruppen BMI < 25 kg/m² und ≥ 25 kg/m², sowie die Differenzierung nach Geschlecht.

4.2.2.1 Die Inklination des Pfannenimplantats

In der vorliegenden Studie wurde eine sehr gute Positionierung der Pfanne bezüglich des Inklinationswinkels erreicht, vergleichbar den Ergebnissen bei Standardzugängen. Nur einmal wurden die von Kennedy geforderte Obergrenze von 55° überschritten (136).

Auch Ogonda et al. beobachteten bei der Verwendung eines Mini-Incision-Zugangs im Vergleich zu einem Standardzugang keine Einschränkungen oder Nachteile. Allerdings verwendeten sie posteriore Zugänge. Die vorliegenden Ergebnisse waren mit den Standardzugangsergebnissen von Ogonda et al. vergleichbar. (31). Woolson et al. beschreiben bei Operationen über einen posterioren Zugang eine hohe Variabilität der Pfannenwinkel über den Toleranzbereich hinaus. Der Toleranzbereich wurde in diesem Fall von 30° bis 60° gesetzt. Aber auch die Standardgruppe war nicht immer im Toleranzbereich, wenn auch weniger gehäuft als die minimalinvasive Gruppe (Verhältnis 13/15) (32). Die vorliegenden Ergebnisse liegen alle im Bereich von 30° bis 60°. Bernasek et al. beschreiben ebenfalls Ergebnisse in diesem Bereich bei Verwendung des minimalinvasiv anterolateralen Zugangs. Allerdings wurden in dieser Studie Patienten mit tendenziell niedrigerem BMI ausgewählt (65). Bei Berry et al. fallen die Ergebnisse ähnlich aus. Sie setzen für den Toleranzbereich der Inklination 25° bis 45° an und verzeichnen noch relativ hohe Quoten unpräziser Implantation (34). Mouilhade et al. kritisieren die unterschiedlichen

Positionsvorgaben in der Literatur, konnten aber in ihrer Studie unabhängig davon keine Auffälligkeiten bei der radiologischen Kontrolle der Implantate feststellen (11).

Mittlerweile sehen Xu et al. keine Risiken für Fehlpositionierungen bei der minimalinvasiven Technik (45). Auch Yang et al. sahen keine Fehlpositionierungen der Pfanne in einer Vergleichsanalyse von mehreren minimalinvasiven Zugängen. Die Daten des anterolateralen Zugangs waren für die Vergleichsanalyse nicht suffizient. Sie sehen den posterolateralen Zugang mit vermehrtem Offset behaftet (137). Mouilhade et al. stellen noch eine leicht höhere Inklinationsvariabilität bei der Verwendung eines minimalinvasiven anterolateralen Zugangs fest. Dieser war aber operateursabhängig (11). Mandereau et al. fanden eine reliable Pfannenposition, aber eine hohe Variabilität in der femoralen Anteversion in einer Nachuntersuchung durch Computertomographie (74).

Ab einem Winkel von 55° werden von Kennedy et al. eine erhöhte Migrationsrate und eine erhöhte Luxationsgefahr beschrieben (136). Probleme kann auch ein muskuläres Impingement mit der Pfanne bereiten. So beschreiben Müller et al. schmerzhaftes Muskelkontaktsyndrome auch mit dem M. obturatorius externus analog zu den bekannten Problemen mit der Iliopsoassehne am vorderen Pfannenrand (73).

In der vorliegenden Studie wurde eine sehr gute Positionierung der Pfanne bezüglich des Inklinationswinkels erreicht, vergleichbar den Ergebnissen bei Standardzugängen. Sowohl das Geschlecht als auch der BMI hatten in der stratifizierten Betrachtung präoperativ zu postoperativ keinen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse bezüglich der Inklination.

Da der durchschnittliche Inklinationswinkel auch ein geschlechtsspezifisches anatomisches Merkmal ist, und sich auch die Anteversion des Schenkelhalses geschlechtsspezifisch unterscheidet (105, 110), wäre dies eine weitere mögliche Ursache für Implantationsfehler. Nakahara et al. geben die Inklinationswinkel für Frauen mit $39,1 \pm 4,1^\circ$ und für Männer mit $36,4 \pm 3,2^\circ$ an. Der Durchschnitt liegt bei $38,2 \pm 4,1^\circ$. Atkinson et al. aber geben für Männer durchschnittliche Werte von 55° (Range 40° bis 86°) und für Frauen 57° (Range 44° bis 80°) an. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied war bei Atkinson et al. für Anteversion, CCD-Winkel und Inklination nicht feststellbar. Die Aussagen sind zu divergent, um daraus Schlüsse für eine geschlechtsspezifische Inklinationsstellung zu ziehen.

Des Weiteren stellten Kennedy et al. in ihrer Studie zur azetabulären Orientierung fest, dass eine Implantation der Pfanne, die sich immer an den anatomischen Gegebenheiten orientiert, insbesondere bei steilem Azetabulum, zu einer erhöhten Luxationsrate führt. Diese war in deren Vergleichsgruppe mit durchschnittlicher Inklination von $49,7^\circ$ deutlich niedriger als in der Gruppe mit steilem Inklinationswinkel, weshalb eine Pfannenorientierung unter 55° gefordert wurde. Die Folge von zu steilen implantierten Pfannen war zusätzlich eine erhöhte Rate von Osteolysen aufgrund des erhöhten Polyethylenabriebs in der Gruppe mit durchschnittlichem Inklinationswinkel von 61,9 Prozent (136). Hallert et al. beschreiben leicht erhöhte Inklinationswinkel bei erhöhtem BMI (133). In der vorliegenden Studie konnte eine solche Tendenz jedoch nicht bestätigt werden.

Der verwandte Zugang erlaubt eine sehr gute Sicht auf die Gelenkspfanne (Schnitt von der anterioren Trochanter Spitze nach kranial in Richtung Spina iliaca anterior). Durch aufragende Gewebsschichten wird die Sicht kaum beeinflusst, da die Retraktoren bei abgesenktem Bein ohne Mühe senkrecht auf die Pfannenebene platziert werden können. So waren die erreichten Inklinationswinkel nicht BMI- oder geschlechtsabhängig. Wegen des erhöhten Polyethylenabriebs und der größeren Luxationsgefahr ist gerade bei hohem Inklinationswinkel eine anatomische Rekonstruktion nicht erstrebenswert.

4.2.2.2 Die Schaftausrichtung

Die Schaftausrichtung war in der vorliegenden Studie ebenfalls sehr präzise. Der neutrale Bereich wird von 0° bis 3° angenommen. Damit waren die Ergebnisse im vergleichbaren Bereich mit den Ergebnissen für die Standardgruppe von Ogonda et al.. Zwischen den Vergleichsgruppen fanden Ogonda et al. keine Signifikanz (31). Rachbauer et al. geben in ihrer Studie über einen vorderen Zugang einen leicht varischen Durchschnittswert an. Dieser ergibt sich aber aus einem Intervall von höherer Variabilität (138). Laffosse et al. hatten in einer Vergleichsstudie zwischen minimalinvasivem anterolateralem und einem posteriorem Standard-Zugang erhöhte Variabilität der Schaftausrichtung im Vergleich zum Standardzugang. Die vorliegenden Ergebnisse variieren weniger als die der Standardvergleichsgruppe (33). Woolson et al. beschreiben eine dreifach erhöhte Rate von Varuspositionierung bei der Mini-Incision-Gruppe im Vergleich zur Standard-Incision-Gruppe (32).

Eine hohe Variabilität der femoralen Anteversion in einer Nachuntersuchung mit Computertomographie fanden Mandereau et al. (74).

Die exakte Schaftposition ist für die Biomechanik des Gelenks wichtig (10, 135). Eine prothesenbedingte Valgisierung verringert den wirksamen horizontalen Hebelarm (sogenanntes Offset) der Femurschaftprothese und kann so zu einer vermehrten Beanspruchung der Abduktoren und zu ungleichmäßiger Druckbelastung der Pfanne führen. In der Folge wird die Glutealmuskulatur überlastet. Des Weiteren kann ein veränderter Antetorsionswinkel einen Anstieg des Torsionsmomentes bewirken, was sich z. B. beim Treppensteigen besonders auswirkt (135). Außerdem kann dann durch Fehlbelastung erhöhter Polyethylenabrieb zu einer vorzeitigen Lockerung der Pfanne und des Schaftes führen (139). Dieser Effekt konnte durch die Verwendung von Highly-Cross-Linked-Polyethylen reduziert werden (140).

Im Gegensatz dazu bestehen bei einer Varusposition zwar günstigere Hebelverhältnisse für die Muskulatur, doch kann es durch die verstärkte Biegebeanspruchung zu einer erhöhten Zugbeanspruchung des Tractus iliotibialis kommen (135).

Eine weitere Verbesserung der Ergebnisse kann möglicherweise durch die Verwendung eines anderen Prothesentyps erreicht werden. Der verwendete CLS-Schaft der Firma Zimmer ist eine Prothese, die sich durch hohe Standzeiten bewährt hat. Da es sich aber um eine Geradschaftprothese handelt, muss sie möglichst weit lateral im proximalen Femur eingebracht werden. Wird dies nicht korrekt ausgeführt, kann es zu einer Varisierung des Schaftes kommen. Von Roth et al. prüften die Reproduzierbarkeit des femoralen Offsets unter Verwendung einer Kurzschaftprothese im Vergleich zum CLS-Schaft. Die Ergebnisse zeigten keine Unterschiede in der Rekonstruktion und in den funktionellen Resultaten. Im Sinne der Femurschonung kann dies eine Alternative für junge Patienten sein, die mit einer Wechseloperation rechnen müssen. Der Nachweis der Standzeiten steht noch aus (9).

Der Femurschaft ist ebenfalls je nach Geschlecht unterschiedlich groß mit unterschiedlichen Schaftdurchmessern. Traina et al. verwendeten in ihrer Studie zur Verwendung von modularen Prothesensystemen bei Frauen vermehrt kleine Schaftgrößen (105). Atkinson et al. geben in ihrer anatomischen Studie für die femorale Torsion bei Männern durchschnittlich $45,04^\circ$ und bei Frauen $49,97^\circ$ an. Für den Oberschenkelhalswinkel erfassen sie für Männer $137,43^\circ$ und für Frauen $136,35^\circ$. Für beide Parameter wurde kein geschlechtsspezifischer Unterschied ermittelt (112). Der entscheidende Faktor für die korrekte Einbringung der Schaftprothese ist aber vor

allem die Lagerung in der 90°-Position (ausgelagertes Bein zeigt mit der Tibia senkrecht zum Boden), die damit gute Sicht und der freier Zugang zur eröffneten Markhöhle. Die entsprechenden Retraktoren dürfen beim Einschlagen keinen Kontakt zum Schaft und zum Einschläger haben und müssen dem Operateur eine direkte Sicht auf die Markhöhle des Oberschenkels ermöglichen. So spielt die Größe des Femurs beim anterolateralen minimalinvasiven Zugang keine Rolle für die exakte Positionierung des Implantats. Gegebenenfalls muss der Zugang vergrößert werden, um eine ausreichende Sicht zu gewährleisten. Dies empfehlen auch Röttinger und Hube et al., da die Schnittlänge nicht mehr als wesentlicher Teil der Definition eines minimalinvasiven Zugangs gilt. Primär wichtig sei die sichere und zügige Durchführung der Operation unter guter Sicht (1, 77).

Trotz der guten Ergebnisse bei der Schaftimplantation können neben den Folgen varischer und valgischer Implantationen gerade in der Lernphase auch gehäuft schwere Komplikationen auftreten. Laffosse et al. verzeichneten in der Patienten-Gruppe mit minimalinvasivem anterolateralem Zugang vier Frakturen des Trochanter major, drei kortikale Perforationen, eine Kalkarfraktur und zwei sekundäre Verkippungen bei 42 durchgeführten Operationen. Mittlerweile gelten die minimalinvasiven Verfahren durch Metaanalysen geprüft als sicher und werden nicht mit Implantierungsfehlern verbunden (5, 45, 46, 52).

Die radiologische Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zeigt auch hier keine Abhängigkeiten vom BMI oder vom Geschlecht.

4.2.2.3 Das Rotationszentrum des Gelenks

Auch bezüglich der Rekonstruktion des Rotationszentrums wurden bei den Eingriffen der zugrundeliegenden Studie sehr gute Ergebnisse erreicht.

Jede Lageänderung des Rotationszentrums hat entscheidenden Einfluss auf die Biomechanik des Gelenks (141). Die Muskelspannung kann dadurch erhöht bzw. gemindert werden, woraus Schmerzen und Gehstörungen resultieren können. Durch eine nicht korrekte Rekonstruktion der Höhe des Rotationszentrums wird die Beinlänge beeinflusst, was für den Patienten subjektiv meist sehr störend ist. Dagegen hat eine Veränderung in anteriorer oder posteriorer Ebene nur wenig Einfluss auf den Kontaktdruck der Gelenkpartner, sowie die Muskelkräfte im Hüftbereich (135).

Änderungen in mediolateraler und kraniokaudaler Richtung haben deutlichen Einfluss auf die Kräfteverhältnisse. Abweichungen von fünf Millimetern oder mehr nach lateral oder kaudal scheinen zu einer höheren Migrationsrate der Pfanne zu führen. Abweichungen nach medial oder kranial zeigen dies nicht (142). Auch Russotti und Harris betonen, dass Verschiebungen allein in kranialer Richtung keine problematischen Effekte mit sich bringen (143). Döhring et al. fanden ebenso wenig einen Anstieg der auf das Hüftgelenk wirkenden Kräfte durch Dislokation des Rotationszentrums in rein kranialer Richtung. Kraniolaterale Verschiebungen führen allerdings zu einer Erhöhung der Kräfte und einer gesteigerten Misserfolgsrate bei Implantation einer HTEP (144). Rösler und Perka beschrieben verschlechterte Gangbilder bei Patienten mit kranialisiertem Rotationszentrum. Eine Medialisierung blieb bezüglich des Gangbildes ohne negativen Effekt (145).

Zusammenfassend scheinen Veränderungen in der kraniokaudalen Richtung größeren Einfluss auf die Muskulatur und deren Kraftkapazität zu haben als in medialer, kaudaler und anteriorer Richtung (146).

In der vorliegenden Studie veränderte sich die Höhe des Rotationszentrums minimal. Es lässt sich festhalten, dass Operationen mit dem in der Studie verwandten minimalinvasiven anterolateralen Zugang bezüglich der Rekonstruktion des Rotationszentrums vergleichbare Ergebnisse liefern wie Operationen mit Standardzugang. Die Daten der Stratifikation für Geschlecht und BMI bezüglich der Höhe und Medialisierung des Rotationszentrums zeigen keine Signifikanzen.

Es wurden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Medialisierung gefunden. Die leicht erhöhten Durchschnittswerte für Frauen wurden möglicherweise durch den geschlechtsspezifischen CCD-Winkel und die unterschiedlichen Knochendichten (Männer > Frauen) verursacht. Eine niedrigere Knochendichte würde in diesem Zusammenhang einen schnelleren und tieferen Abrieb durch die Fräsen bedeuten, und somit den erhöhten Durchschnittswert der Medialisierung durch das Fräsen bei Frauen im Vergleich zum Fräsen bei den Männern erklären. Außerdem ist der durchschnittliche Femurkopfdurchmesser bei Männern höher (112).

Der BMI hatte ebenfalls keinen Einfluss auf die Medialisierung. Ein erhöhter BMI könnte den Operateur aufgrund aufragender Gewebsschichten dazu zwingen die Instrumente steiler zu halten. Dies hätte eventuell Auswirkungen auf die Präzision der Pfannenfräsung und damit auf

die Medialisierung. Diese Vermutung konnte hier nicht untermauert werden. Denn der verwendete Zugang erlaubt eine sehr gute Sicht auf die Gelenkspfanne (Schnitt von der anterioren Trochanter Spitze nach kranial in Richtung Spina iliaca anterior), weshalb auch die Fräsen exakt geführt werden können. Dies wird durch aufragende Gewebsschichten kaum beeinflusst, da die Retraktoren bei abgesenktem Bein ohne Mühe senkrecht auf die Pfannenebene platziert werden können.

4.2.2.4 Das femorale Offset

Die Veränderungen des Offsets bei den Eingriffen der zugrundeliegenden Studie befinden sich in einem unproblematischen Bereich. Preininger et al. beschreiben ein durchschnittliches anatomisches Offset im vergleichbaren Bereich (89). Im Verhältnis dazu liegen die Abweichungen dieser Studie bei durchschnittlich 3,8 Prozent. Auch Yang et al. sahen keine Fehlpositionierungen in einer Vergleichsanalyse von mehreren minimalinvasiven Zugängen beim anterolateralen Zugang. Doch die Daten waren für die Vergleichsanalyse nicht suffizient. Sie sehen den posterolateralen Zugang mit vermehrtem Offset behaftet (137).

Das femorale Offset ist der Abstand zwischen Hüftgelenkszentrum und Femurachse. Ein verändertes femorales Offset beeinflusst die Hebelarme der Abduktorenmuskulatur und das Verhältnis zwischen dem Adduktions- und dem Abduktionsmoment im Hüftgelenk. Das kann zu postoperativen Komplikationen, wie z. B. vermehrtem Gelenksabrieb, und so zur Lockerung der Prothese oder Hüftluxationen führen. Des Weiteren werden auch die Gelenkskontaktkräfte durch das femorale Offset maßgeblich mitbeeinflusst. Das femorale Offset beschreiben Preininger et al. ebenfalls als geschlechtsspezifisch (147). In der vorliegenden Studie wurden aber keine geschlechtsspezifischen Änderungen des femoralen Offsets präoperativ zu postoperativ erfasst. Allgemein ist das Offset mit dem anterolateralen minimalinvasiven Zugang in Seitenlage auch mit verschiedenen Schaftsystemen gut rekonstruierbar (9).

Dies ist ein weiterer Beleg für die gute Reproduzierbarkeit der OP-Ergebnisse unabhängig von BMI und Geschlecht.

4.2.2.5 Die Beinlänge

Die Beinlängendifferenzen wurden radiologisch und klinisch untersucht. Diese Resultate sind vergleichbar mit denen anderer Studien (11, 32, 148). Woolson et al. erzielten in der

Standardzugangsguppe leichte Verkürzungen. Die Resultate der Mini-Incision-Gruppe lagen bei einer ähnlicher Beinverlängerung (32). Aldinger et al. erreichten mit ihren Patienten, welche mit lateralen oder anterolateralen Zugängen versorgt wurden, in einem hohen Prozentsatz der Fälle eine Beinlängendifferenz unter 0,5 Zentimetern (148). Rachbauer et al. geben eine postoperative Beinlängendifferenz von weniger als einem Zentimeter in 97 Prozent der Fälle an, wobei für diese Studie nicht radiologisch, sondern klinisch gemessen wurde (138). Bernasek et al. geben für ihre anterolateral operierte Patientengruppe eine Quote von 19 Prozent für einen Beinlängenunterschied unter zehn Millimetern an (65).

Eine Änderung der Beinlänge muss auch nicht zwangsläufig negativ sein. Bei den Dysplasiekoxarthrosen wird das Rotationszentrum nicht immer genau rekonstruiert, sondern je nach Einzelfall auch versetzt, um die Primärstabilität zu verbessern. Ebenso können auch absichtlich Beinlängendifferenzen generiert werden, um bestehende Unterschiede auszugleichen

In dieser Studie traten keine geschlechtsspezifischen Beinlängenunterschiede auf. Der BMI hatte keinen Einfluss auf die Beinlänge. Auch die Vergleichsstudien erfassen keine Änderungen der Beinlängen, die vom BMI abhängig sind (7, 32, 45, 52, 137, 138).

4.3 Die klinische Relevanz der vorliegenden Studie

Die Frage nach der Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses der minimalinvasiven HTEP-Implantation in Abhängigkeit von BMI und Geschlecht zielt primär auf das Risiko bei Patienten mit erhöhtem BMI ab. Da die minimalinvasive Hüftendoprothetik eine für Muskulatur und Sehnen schonende Methode ist, sollten Patienten mit einem erhöhten BMI nicht generell von dieser OP-Technik ausgeschlossen werden (vgl. 1.4). Dies betreffe in der Altersgruppe von 55 bis 75 Jahren circa 20 Prozent der Bevölkerung mit einem BMI ≥ 30 kg/m² (100). Nach den vorliegenden Ergebnissen lässt sich eine Kontraindikation für Patienten mit BMI ≥ 25 kg/m² oder ≥ 30 kg/m² für den minimalinvasiven anterolateralen Zugang in Seitenlage nicht bestätigen. Bei korrekter Durchführung der dargestellten OP-Technik mit einer angepassten Schnittlänge sind keine negativen Effekte für die Patienten zu erwarten, sondern nur die positiven Effekte, die die minimalinvasive Hüftendoprothetik mit sich bringt. Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit der anatomischen Gelenksgeometrie.

4.4 Die Limitationen der vorliegenden Studie

Eine Limitation der Studie stellt die Fallzahl der Patienten mit einem BMI ≥ 30 kg/m² dar. In diesem besonders kritischen Bereich lagen sechs von 48 Patienten. Postoperativ hatten fünf von diesen einen HHS von 90 bis 100 Punkten. Eine Patientin konnte ihren HHS von 12 Punkten auf 82 Punkte um 70 Punkte steigern. Dies entspricht einem sehr guten Ergebnis in diesem Segment. Für alle Patienten mit einem BMI ≥ 25 kg/m² zusammen lassen sich keine negativen Auswirkungen feststellen. Des Weiteren können Komplikationen auch erst nach längeren Standzeiten als den hier zugrundeliegenden sechs Monaten auftreten.

Bisherige Studien zu verschiedenen Zugangsmethoden untersuchten den BMI meist im Hinblick auf die funktionellen postoperativen Ergebnisse, aber nicht auf die radiologische Reproduzierbarkeit in Abhängigkeit vom BMI. Eine Aufteilung des Patientenguts in BMI < 25 kg/m² und BMI ≥ 25 kg/m² wurde bisher nicht in dieser Weise durchgeführt, ist aber sehr sinnvoll, da sich der Durchschnitt der Bevölkerung im Alter über 18 Jahren etwa an dieser Grenze abzeichnet (Statistisches Bundesamt Mikrozensus 2009, Gesamtdurchschnitt 25,7 kg/m²) (100). Außerdem untersuchten die anatomischen Studien nicht die Abhängigkeiten der Gelenksgeometrie vom BMI. Hier wäre ein Zusammenhang mit einem lebenslang erhöhten BMI denkbar. Gerade Pfannenwinkel, Offset und Schenkelhalswinkel in der Zusammenschau könnten sich BMI-abhängig entwickeln, z. B. in Form von Änderungen der Gelenkwinkel im Verlauf des Lebens in Kombination mit der entsprechenden muskulären Anpassungsreaktion und den entsprechenden Dekompensationsmustern. So könnten die Implantationsvorgaben individuell noch besser gestaltet werden.

4.5 Die Schlussfolgerung aus der Studie

Es gibt keinen Einfluss von BMI und Geschlecht auf die Durchführbarkeit der Operation und auf die Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses. Die Schlussfolgerung der Studie ist vor allem für den anterolateralen Zugang in Seitenlage und nicht für die minimalinvasive Hüftendoprothetik im Allgemeinen zu sehen. Die einzelnen Zugänge müssen hier im Detail untersucht und durch Langzeitstudien mit größeren Fallzahlen untermauert werden. Außerdem sollten die Ergebnisse vor dem Hintergrund der großen Erfahrung des Operateurs betrachtet werden: Berry betonte bereits in seinen „Skeptical perspectives on minimal invasiv total hip arthroplasty“, dass der Chirurg und seine individuellen Fähigkeiten die Hauptrisikoursachen für Revisionsoperationen sind (34).

Literaturverzeichnis

1. Hube R, Dienst M, von Roth P. Complications after minimally invasive total hip arthroplasty. *Orthopade* 2014; 43:47-53.
2. Berger RA, Jacobs JJ, Meneghini RM, Della VC, Paprosky W, Rosenberg AG. Rapid rehabilitation and recovery with minimally invasive total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 429:239-247.
3. Dorr LD, Maheshwari AV, Long WT, Wan Z, Sirianni LE. Early pain relief and function after posterior minimally invasive and conventional total hip arthroplasty. A prospective, randomized, blinded study. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89:1153-1160.
4. Wohlrab D, Hagel A, Hein W. Advantages of minimal invasive total hip replacement in the early phase of rehabilitation. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2004; 142:685-690.
5. Jung J, Anagnostakos K, Kohn D. Clinical results of minimally invasive total hip arthroplasty. *Orthopade* 2012; 41:399-406.
6. Leuchte S, Riedl K, Wohlrab D. Immediate post-operative advantages of minimally invasive hip replacement - results of symmetry and load from the measurement of ground reaction force. *Z Orthop Unfall* 2009; 147:69-78.
7. Moskal JT, Capps SG. Is limited incision better than standard total hip arthroplasty? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2013; 471:1283-1294.
8. Weber T, Al-Munajjed AA, Verkerke GJ, Dendorfer S, Renkawitz T. Influence of minimally invasive total hip replacement on hip reaction forces and their orientations. *J Orthop Res* 2014; 32:1680-1687.
9. von Roth P, Perka C, Mayr HO, et al. Reproducibility of femoral offset following short stem and straight stem total hip arthroplasty. *Orthopedics* 2014; 37:678-684.
10. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:128-133.
11. Mouilhade F, Matsoukis J, Oger P, Mandereau C, Brzakala V, Dujardin F. 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. Havelin LI, Engesaeter LB, Espehaug B, Furnes O, Lie SA, Vollset SE. The Norwegian Arthroplasty Register: 11 years and 73,000 arthroplasties. *Acta Orthop Scand* 2000; 71:337-353.

13. Michalka PK, Khan RJ, Scaddan MC, Haebich S, Chirodian N, Wimhurst JA. The influence of obesity on early outcomes in primary hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012; 27:391-396.
14. Mclaughlin JR, Lee KR. The outcome of total hip replacement in obese and non-obese patients at 10- to 18-years. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88:1286-1292.
15. Lübbecke A, Moons KG, Garavaglia G, Hoffmeyer P. Outcomes of obese and nonobese patients undergoing revision total hip arthroplasty. *Arthritis Rheum* 2008; 59:738-745.
16. Lübbecke A, Stern R, Garavaglia G, Zurcher L, Hoffmeyer P. Differences in outcomes of obese women and men undergoing primary total hip arthroplasty. *Arthritis Rheum* 2007; 57:327-334.
17. Roue J, de TE, Carlier AM, Mazel C. Influence of body mass index on outcome of total hip arthroplasty via a minimally invasive anterior approach. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2007; 93:165-170.
18. McBride A, Flynn J, Miller G, Barnes M, Mackie S. Body mass index and acetabular component position in total hip arthroplasty. *ANZ J Surg* 2013; 83:171-174.
19. Dowsey MM, Liew D, Stoney JD, Choong PF. The impact of obesity on weight change and outcomes at 12 months in patients undergoing total hip arthroplasty. *Med J Aust* 2010; 193:17-21.
20. Zhang ZJ, Zhao XY, Kang Y, et al. The influence of body mass index on life quality and clinical improvement after total hip arthroplasty. *J Orthop Sci* 2012; 17:219-225.
21. Issa K, Wohl H, Naziri Q, McDermott JD, Cherian JJ, Mont MA. Early results of total hip arthroplasty in the super-obese patients. *J Long Term Eff Med Implants* 2013; 23:309-313.
22. Rajgopal R, Martin R, Howard JL, Somerville L, MacDonald SJ, Bourne R. Outcomes and complications of total hip replacement in super-obese patients. *Bone Joint J* 2013; 95-B:758-763.
23. Todkar M. Obesity does not necessarily affect the accuracy of acetabular cup implantation in total hip replacement. *Acta Orthop Belg* 2008; 74:206-209.
24. Perka C, Labs K, Muschik M, Buttgerit F. The influence of obesity on perioperative morbidity and mortality in revision total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000; 120:267-271.
25. Dienstknecht T, Luring C, Tingart M, Grifka J, Sendtner E. A minimally invasive approach for total hip arthroplasty does not diminish early post-operative outcome in obese patients: a prospective, randomised trial. *Int Orthop* 2013; 37:1013-1018.

26. Judge A, Batra RN, Thomas GE, et al. Body mass index is not a clinically meaningful predictor of patient reported outcomes of primary hip replacement surgery: prospective cohort study. *Osteoarthritis Cartilage* 2014; 22:431-439.
27. Kessler S, Kafer W. Overweight and obesity: two predictors for worse early outcome in total hip replacement? *Obesity (Silver Spring)* 2007; 15:2840-2845.
28. McCalden RW, Charron KD, MacDonald SJ, Bourne RB, Naudie DD. Does morbid obesity affect the outcome of total hip replacement?: an analysis of 3290 THRs. *J Bone Joint Surg Br* 2011; 93:321-325.
29. Paans N, Stevens M, Wagenmakers R, et al. Changes in body weight after total hip arthroplasty: short-term and long-term effects. *Phys Ther* 2012; 92:680-687.
30. Jerosch J. Minimalinvasive Hüftendoprothetik, *Deutsches Ärzteblatt* 2006; 49:3333-3339.
31. Ogonda L, Wilson R, Archbold P, et al. A minimal-incision technique in total hip arthroplasty does not improve early postoperative outcomes. A prospective, randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87:701-710.
32. Woolson ST, Mow CS, Syquia JF, Lannin JV, Schurman DJ. Comparison of primary total hip replacements performed with a standard incision or a mini-incision. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A:1353-1358.
33. Laffosse JM, Chiron P, Accadbled F, Molinier F, Tricoire JL, Puget J. Learning curve for a modified Watson-Jones minimally invasive approach in primary total hip replacement: analysis of complications and early results versus the standard-incision posterior approach. *Acta Orthop Belg* 2006; 72:693-701.
34. Berry DJ, Berger RA, Callaghan JJ, et al. Minimally invasive total hip arthroplasty. Development, early results, and a critical analysis. Presented at the Annual Meeting of the American Orthopaedic Association, Charleston, South Carolina, USA, June 14, 2003. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A:2235-2246.
35. Meneghini RM, Pagnano MW, Trousdale RT, Hozack WJ. Muscle damage during MIS total hip arthroplasty: Smith-Petersen versus posterior approach. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 453:293-298.
36. Parratte S, Pagnano MW. Muscle damage during minimally invasive total hip arthroplasty: cadaver-based evidence that it is significant. *Instr Course Lect* 2008; 57:231-234.
37. Frye BM, Berend KR, Lombardi AV, Jr., Morris MJ, Adams JB. Do Sex and BMI Predict or Does Stem Design Prevent Muscle Damage in Anterior Supine Minimally Invasive THA? *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473:632-638.
38. Müller M, Tohtz S, Winkler T, Dewey M, Springer I, Perka C. MRI findings of gluteus minimus muscle damage in primary total hip arthroplasty and the influence on clinical outcome. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010; 130:927-935.

39. Müller M, Tohtz S, Dewey M, Springer I, Perka C. Evidence of reduced muscle trauma through a minimally invasive anterolateral approach by means of MRI. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468:3192-3200.
40. Hungerford MW, Schuh R, O'Reilly MP, Jones LC. Outcome of minimally invasive hip replacement in obese, overweight, and nonobese patients. *J Surg Orthop Adv* 2014; 23:68-74.
41. Parvizi J, Sharkey PF, Pour AE, Rapuri V, Hozack WJ, Rothman RH. Hip arthroplasty with minimally invasive surgery: a survey comparing the opinion of highly qualified experts vs patients. *J Arthroplasty* 2006; 21:38-46.
42. Szendroi M, Sztrinkai G, Vass R, Kiss J. The impact of minimally invasive total hip arthroplasty on the standard procedure. *Int Orthop* 2006; 30:167-171.
43. Matziolis D, Wassilew G, Strube P, Matziolis G, Perka C. Differences in muscle trauma quantifiable in the laboratory between the minimally invasive anterolateral and transgluteal approach. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131:651-655.
44. Hansen BJ, Hallows RK, Kelley SS. The Rottinger approach for total hip arthroplasty: technique and review of the literature. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2011; 4:132-138.
45. Xu CP, Li X, Song JQ, Cui Z, Yu B. Mini-incision versus standard incision total hip arthroplasty regarding surgical outcomes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* 2013; 8:e80021.
46. Vavken P, Kotz R, Dorotka R. Minimally invasive hip replacement--a meta-analysis. *Z Orthop Unfall* 2007; 145:152-156.
47. Li N, Deng Y, Chen L. Comparison of complications in single-incision minimally invasive THA and conventional THA. *Orthopedics* 2012; 35:1152-1158.
48. Smith TO, Blake V, Hing CB. Minimally invasive versus conventional exposure for total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *Int Orthop* 2011; 35:173-184.
49. Mazoochian F, Weber P, Schramm S, Utzschneider S, Fottner A, Jansson V. Minimally invasive total hip arthroplasty: a randomized controlled prospective trial. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009; 129:1633-1639.
50. Musil D, Stehlik J. Minimally invasive anterolateral surgical approach for total hip arthroplasty: seven-year results. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2013; 80:138-141.
51. Kubes J, Landor I, Podskubka A, Majernicek M. Total hip replacement from a MIS-AL approach comparison with a standard anterolateral approach. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2009; 76:288-294.

52. Wörner M, Weber M, Lechler P, Sendtner E, Grifka J, Renkawitz T. Minimally invasive surgery in total hip arthroplasty : Surgical technique of the future? *Orthopade* 2011; 40:1068-1074.
53. Günther KP, Puhl W, Brenner H, Sturmer T. Clinical epidemiology of hip and knee joint arthroses: an overview of the results of the "Ulm Osteoarthritis Study". *Z Rheumatol* 2002; 61:244-249.
54. Davis AM, Wood AM, Keenan AC, Brenkel IJ, Ballantyne JA. Does body mass index affect clinical outcome post-operatively and at five years after primary unilateral total hip replacement performed for osteoarthritis? A multivariate analysis of prospective data. *J Bone Joint Surg Br* 2011; 93:1178-1182.
55. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (BVO). Koxarthrose. 2009.
56. Aldinger PR, Jung AW, Breusch SJ, Ewerbeck V, Parsch D. Survival of the cementless Spotorno stem in the second decade. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467:2297-2304.
57. Smith AJ, Dieppe P, Vernon K, Porter M, Blom AW. Failure rates of stemmed metal-on-metal hip replacements: analysis of data from the National Joint Registry of England and Wales. *Lancet* 2012; 379:1199-1204.
58. Migaud H, Putman S, Krantz N, Vasseur L, Girard J. Cementless metal-on-metal versus ceramic-on-polyethylene hip arthroplasty in patients less than fifty years of age: a comparative study with twelve to fourteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93 Suppl 2:137-142.
59. Molloy D, Jack C, Esposito C, Walter WL. A Mid-Term Analysis Suggests Ceramic on Ceramic Hip Arthroplasty Is Durable with Minimal Wear and Low Risk of Squeak. *HSS J* 2012; 8:291-294.
60. D'Antonio JA, Capello WN, Naughton M. Ceramic bearings for total hip arthroplasty have high survivorship at 10 years. *Clin Orthop Relat Res* 2012; 470:373-381.
61. Bal BS, Haltom D, Aleto T, Barrett M. Early complications of primary total hip replacement performed with a two-incision minimally invasive technique. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88 Suppl 1 Pt 2:221-233.
62. Roth A, Layher F, Venbrocks RA. Transgluteal mini-incision. Technique and our own results. *Orthopade* 2006; 35:744-750.
63. Rittmeister M, Peters A. Comparison of total hip arthroplasty via a posterior mini-incision versus a classic anterolateral approach. *Orthopade* 2006; 35:716-722.
64. Schneider M, Kawahara I, Breusch SJ. Modified Hardinge approach with limited incision. *Orthopade* 2006; 35:751-760.

65. Bernasek TL, Lee WS, Lee HJ, Lee JS, Kim KH, Yang JJ. Minimally invasive primary THA: anterolateral intermuscular approach versus lateral transmuscular approach. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010; 130:1349-1354.
66. Heller MO, Kassi JP, Perka C, Duda GN. Cementless stem fixation and primary stability under physiological-like loads in vitro. *Biomed Tech (Berl)* 2005; 50:394-399.
67. Heller MO, Bergmann G, Kassi JP, Claes L, Haas NP, Duda GN. Determination of muscle loading at the hip joint for use in pre-clinical testing. *J Biomech* 2005; 38:1155-1163.
68. Tohtz SW, Heller MO, Taylor WR, Perka C, Duda GN. On the biomechanics of the hip: relevance of femoral anteversion for hip contact force and loading using a short-stemmed prostheses. *Orthopade* 2008; 37:923-929.
69. Graw BP, Woolson ST, Huddleston HG, Goodman SB, Huddleston JI. Minimal incision surgery as a risk factor for early failure of total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468:2372-2376.
70. Röttinger H. Minimally invasive anterolateral surgical approach for total hip arthroplasty: early clinical results. *Hip Int* 2006; 16 Suppl 4:42-47.
71. Röttinger H. Minimally invasive anterolateral approach for total hip replacement (OCM technique). *Oper Orthop Traumatol* 2010; 22:421-430.
72. Müller M, Tohtz S, Springer I, Dewey M, Perka C. 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.
73. Müller M, Dewey M, Springer I, Perka C, Tohtz S. Relationship between cup position and obturator externus muscle in total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res* 2010; 5:44.
74. Mandereau C, Brzakala V, Matsoukis J. Functional recovery, complications and CT positioning of total hip replacement performed through a Röttinger anterolateral mini-incision. Review of a continuous series of 103 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; 98:8-16.
75. van Oldenrijk J., Hoogland PV, Tuijthof GJ, Corveleijn R, Noordenbos TW, Schafroth MU. Soft tissue damage after minimally invasive THA. *Acta Orthop* 2010; 81:696-702.
76. Callaghan J. Skeptical perspectives on minimally invasive total hip arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2003; 85-A:2242-2243.
77. Röttinger H. The MIS anterolateral approach for THA. *Orthopade* 2006; 35:708-715.

78. Müller M, Tohtz S, Dewey M, Springer I, Perka C. Age-related appearance of muscle trauma in primary total hip arthroplasty and the benefit of a minimally invasive approach for patients older than 70 years. *Int Orthop* 2011; 35:165-171.
79. Musil D, Stehlik J, Verner M. A comparison of operative invasiveness in minimally invasive anterolateral hip replacement (MIS-AL) and standard hip procedure, using biochemical markers. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2008; 75:16-20.
80. Schmidt LT. *Physiologie des Menschen*. Springer Verlag, Heidelberg 2004; 29. Auflage: 145 ff.
81. Paiement GD, Desautels C. Deep vein thrombosis: prophylaxis, diagnosis, and treatment-lessons from orthopedic studies. *Clin Cardiol* 1990; 13:19-22.
82. von Roth P, Perka C, Dirschedl K, et al. Use of Redon drains in primary total hip arthroplasty has no clinically relevant benefits. *Orthopedics* 2012; 35:1592-1595.
83. Zhao X, Lin T, Cai XZ, Yan SG. Comparison of minimally invasive surgery and mini-incision technique for total hip arthroplasty: a sub-group meta-analysis. *Chin Med J (Engl)* 2011; 124:4316-4323.
84. Vincent HK, DeJong G, Mascarenas D, Vincent KR. The effect of body mass index and hip abductor brace use on inpatient rehabilitation outcomes after total hip arthroplasty. *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88:201-209.
85. Pour AE, Parvizi J, Sharkey PF, Hozack WJ, Rothman RH. Minimally invasive hip arthroplasty: what role does patient preconditioning play? *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89:1920-1927.
86. Laffosse JM, Accadbled F, Molinier F, Chiron P, Hocine B, Puget J. Anterolateral mini-invasive versus posterior mini-invasive approach for primary total hip replacement. Comparison of exposure and implant positioning. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128:363-369.
87. Ince A, Kemper M, Waschke J, Hendrich C. Minimally invasive anterolateral approach to the hip: risk to the superior gluteal nerve. *Acta Orthop* 2007; 78:86-89.
88. Mow CS, Woolson ST, Ngarmukos SG, Park EH, Lorenz HP. Comparison of scars from total hip replacements done with a standard or a mini-incision. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 441:80-85.
89. Preininger B, Schmorl K, von Roth P, et al. The sex specificity of hip-joint muscles offers an explanation for better results in men after total hip arthroplasty. *Int Orthop* 2012; 36:1143-1148.
90. Preininger B, Schmorl K, von Roth P, et al. More muscle mass in men: explanatory model for superior outcome after total hip arthroplasty. *Orthopade* 2013; 42: 107-113.

91. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und für Verbraucherschutz. Body-Mass-Index-Ergebnisse aus der Mikrozensusbefragung 2005. (Zugriff 11.07.2013. <http://www.vis.bayern.de/ernaehrung/ernaehrung/uebergewicht/bmi.htm>.)
92. Berghofer A, Pischon T, Reinhold T, Apovian CM, Sharma AM, Willich SN. Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health* 2008; 8:200.
93. Batsis JA, Naessens JM, Keegan MT, Wagie AE, Huddleston PM, Huddleston JM. Impact of body mass on hospital resource use in total hip arthroplasty. *Public Health Nutr* 2009; 12:1122-1132.
94. Maradit KH, Visscher SL, Kremers WK, Naessens JM, Lewallen DG. Obesity increases length of stay and direct medical costs in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2014; 472:1232-1239.
95. Busato A, Roder C, Herren S, Egli S. Influence of high BMI on functional outcome after total hip arthroplasty. *Obes Surg* 2008; 18:595-600.
96. McArthur BA, Vulcano E, Cross M, Nguyen J, Della Valle AG, Salvati E. Acetabular component orientation in total hip arthroplasty: the impact of obesity. *Hip Int* 2014; 24:263-269.
97. Santaguida PL, Hawker GA, Hudak PL, et al. Patient characteristics affecting the prognosis of total hip and knee joint arthroplasty: a systematic review. *Can J Surg* 2008; 51:428-436.
98. Müller M, Tohtz S, Dewey M, Springer I, Perka C. Muscle trauma in primary total hip arthroplasty depending on age, BMI, and surgical approach: minimally invasive anterolateral versus modified direct lateral approach. *Orthopade* 2011; 40:217-223.
99. Oinuma K, Eingartner C, Saito Y, Shiratsuchi H. Total hip arthroplasty by a minimally invasive, direct anterior approach. *Oper Orthop Traumatol* 2007; 19:310-326.
100. Statistisches Bundesamt Deutschland. Gesundheitsrelevantes Verhalten, Ergebnisse des Mikrozensus 2009. (Zugriff 12.11.2013. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/GesundheitszustandRelevantesVerhalten/Tabellen/Koerpermasse.html>.)
101. McGrory BJ, Finch ME, Furlong PJ, Ruterbories J. Incision length correlates with patient weight, height, and gender when using a minimal-incision technique in total hip arthroplasty. *J Surg Orthop Adv* 2008; 17:77-81.
102. Tamari K, Tinley P, Briffa K, Aoyagi K. Ethnic-, gender-, and age-related differences in femorotibial angle, femoral antetorsion, and tibiofibular torsion: cross-sectional study among healthy Japanese and Australian Caucasians. *Clin Anat* 2006; 19:59-67.

103. Tohtz SW, Sassy D, Matziolis G, Preininger B, Perka C, Hasart O. CT evaluation of native acetabular orientation and localization: sex-specific data comparison on 336 hip joints. *Technol Health Care* 2010; 18:129-136.
104. Unnanuntana A, Toogood P, Hart D, Cooperman D, Grant RE. The evaluation of two references for restoring proximal femoral anatomy during total hip arthroplasty. *Clin Anat* 2010; 23:312-318.
105. Traina F, De CM, Biondi F, Pilla F, Tassinari E, Toni A. Sex differences in hip morphology: is stem modularity effective for total hip replacement? *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91 Suppl 6:121-128.
106. Kennedy DM, Hanna SE, Stratford PW, Wessel J, Gollish JD. Preoperative function and gender predict pattern of functional recovery after hip and knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006; 21:559-566.
107. Cushnaghan J, Coggon D, Reading I, et al. Long-term outcome following total hip arthroplasty: a controlled longitudinal study. *Arthritis Rheum* 2007; 57:1375-1380.
108. Lavernia CJ, Alcerro JC, Contreras JS, Rossi MD. Ethnic and racial factors influencing well-being, perceived pain, and physical function after primary total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:1838-1845.
109. Ethgen O, Bruyere O, Richy F, Dardennes C, Reginster JY. Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A:963-974.
110. Nakahara I, Takao M, Sakai T, Nishii T, Yoshikawa H, Sugano N. Gender differences in 3D morphology and bony impingement of human hips. *J Orthop Res* 2011; 29:333-339.
111. Maruyama M, Feinberg JR, Capello WN, D'Antonio JA. The Frank Stinchfield Award: Morphologic features of the acetabulum and femur: anteversion angle and implant positioning. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 393:52-65.
112. Atkinson HD, Johal KS, Willis-Owen C, Zadow S, Oakeshott RD. Differences in hip morphology between the sexes in patients undergoing hip resurfacing. *J Orthop Surg Res* 2010; 5:76.
113. Sariali E, Mouttet A, Pasquier G, Durante E. Three-dimensional hip anatomy in osteoarthritis. Analysis of the femoral offset. *J Arthroplasty* 2009; 24:990-997.
114. Husmann O, Rubin PJ, Leyvraz PF, de RB, Argenson JN. Three-dimensional morphology of the proximal femur. *J Arthroplasty* 1997; 12:444-450.
115. Unnanuntana A, Toogood P, Hart D, Cooperman D, Grant RE. Evaluation of proximal femoral geometry using digital photographs. *J Orthop Res* 2010; 28:1399-1404.

116. Bertin KC, Röttinger H. Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 429:248-255.
117. Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 1969; 51:737-755.
118. von Roth P, Olivier M, Preininger B, Perka C, Hube R. BMI and gender do not influence surgical accuracy during minimally invasive total hip arthroplasty. *Hip Int* 2011; 21:688-693.
119. Bayerische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung in der stationären Versorgung. Jahresauswertung Hüftprothesenimplantation 2011. (Zugriff 12.11.2013. http://www.baq-bayern.de/downloads/files/jahresauswertungen/2011/2011_172_gesamt_online.pdf.)
120. Howell JR, Masri BA, Duncan CP. Minimally invasive versus standard incision anterolateral hip replacement: a comparative study. *Orthop Clin North Am* 2004; 35:153-162.
121. Jerosch J, Theising C, Fadel ME. Antero-lateral minimal invasive (ALMI) approach for total hip arthroplasty technique and early results. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006; 126:164-173.
122. Goldstein WM, Branson JJ, Berland KA, Gordon AC. Minimal-incision total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A Suppl 4:33-38.
123. Wassilew GI, Heller MO, Hasart O, et al. Ultrasound-based computer navigation of the acetabular component: a feasibility study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012; 132:517-525.
124. Wassilew GI, Janz V, Heller MO, et al. Ultrasound-based computer navigation: an accurate measurement tool for determining combined anteversion? *Technol Health Care* 2012; 20:535-543.
125. Griss P, Hackenbroch MH, Jager M, et al. Findings on total hip replacement for ten years. A retrospective multicentre study based on a 10% random sample of 39 000 total hip replacements after 10 years of observation. *Aktuelle Probl Chir Orthop* 1982; 21:1-99.
126. Garellick G, Malchau H, Herberts P. Specific or general health outcome measures in the evaluation of total hip replacement. A comparison between the Harris hip score and the Nottingham Health Profile. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80:600-606.
127. Wright JG, Feinstein AR. Improving the reliability of orthopaedic measurements. *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74:287-291.
128. Soderman P, Malchau H, Herberts P. Outcome of total hip replacement: a comparison of different measurement methods. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 390:163-172.

129. Soderman P, Malchau H. Is the Harris hip score system useful to study the outcome of total hip replacement? *Clin Orthop Relat Res* 2001; 384:189-197.
130. Martini F, Leberherz C, Mayer F, Leichtle U, Kremling E, Sell S. Precision of the measurements of periprosthetic bone mineral density in hips with a custom-made femoral stem. *J Bone Joint Surg Br* 2000; 82:1065-1071.
131. Hellinger J. *Meßmethoden in der Skelettradiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1995.
132. Freyschmidt J. *Becken. Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen in der Radiologie des kindlichen und erwachsenen Skeletts*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2001; 14. Auflage: 729-824.
133. Hallert O, Li Y, Brismar H, Lindgren U. The direct anterior approach: initial experience of a minimally invasive technique for total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res* 2012; 7:17.
134. Rao RR, Sharkey PF, Hozack WJ, Eng K, Rothman RH. Immediate weightbearing after uncemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1998:156-162.
135. Schidlo C, Becker C, Jansson V, Refior J. Change in the CCD angle and the femoral anteversion angle by hip prosthesis implantation. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1999; 137:259-264.
136. Kennedy JG, Rogers WB, Soffe KE, Sullivan RJ, Griffen DG, Sheehan LJ. Effect of acetabular component orientation on recurrent dislocation, pelvic osteolysis, polyethylene wear, and component migration. *J Arthroplasty* 1998; 13:530-534.
137. Yang B, Li H, He X, Wang G, Xu S. Minimally invasive surgical approaches and traditional total hip arthroplasty: a meta-analysis of radiological and complications outcomes. *PLoS One* 2012; 7:e37947.
138. Rachbauer F, Krismer M. Minimally invasive total hip arthroplasty via direct anterior approach. *Oper Orthop Traumatol* 2008; 20:239-251.
139. Ries MD, Link TM. Monitoring and risk of progression of osteolysis after total hip arthroplasty. *Instr Course Lect* 2013; 62:207-214.
140. Bragdon CR, Doerner M, Martell J, Jarrett B, Palm H, Malchau H. The 2012 John Charnley Award: Clinical multicenter studies of the wear performance of highly crosslinked remelted polyethylene in THA. *Clin Orthop Relat Res* 2013; 471:393-402.
141. Castelli C, Borromeo UM, Ferrario A, Capodaglio M, Cherubino P. Complications of prosthetic surgery in the dysplastic hip. *Chir Organi Mov* 1997; 82:177-182.
142. Kordelle J, Starker M. Migration analysis of cemented Muller polyethylene acetabular cups versus cement-free Zweymuller screw-attached acetabular cups. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2000; 138:46-51.

143. Russotti GM, Harris WH. Proximal placement of the acetabular component in total hip arthroplasty. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73:587-592.
144. Döhning TC, Rubash HE, Shelley FJ, Schwendeman LJ, Donaldson TK, Navalgund YA. Effect of superior and superolateral relocations of the hip center on hip joint forces. An experimental and analytical analysis. *J Arthroplasty* 1996; 11:693-703.
145. Rösler J, Perka C. The effect of anatomical positional relationships on kinetic parameters after total hip replacement. *Int Orthop* 2000; 24:23-27.
146. Lengsfeld M, Bassaly A, Boudriot U, Pressel T, Griss P. Size and direction of hip joint forces associated with various positions of the acetabulum. *J Arthroplasty* 2000; 15:314-320.
147. Preininger B, Schmorl K, von RP, et al. Femoral Offset (3D) in Patients without Osteoarthritis - Index Values from 200 Hip Joints. *Open Orthop J* 2012; 6:578-581.
148. Aldinger PR, Breusch SJ, Lukoschek M, Mau H, Ewerbeck V, Thomsen M. A ten- to 15-year follow-up of the cementless spotorno stem. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85:209-214.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die anatomischen Unterschiede des Hüftgelenks zwischen Männern und Frauen modifiziert nach Traina et al. (105).....	25
Abbildung 2: Die zugangsoptimierten Instrumente für größtmögliche Weichteilschonung (116).....	28
Abbildung 3: Die Lagerung des Patienten bei der Operation	29
Abbildung 4: Der Hautschnitt in Projektion auf das Septum intermusculare zwischen M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius (116)	30
Abbildung 5: Die Lagerung des Patienten zur Femurpräparation.....	31
Abbildung 6: Das geometrische Schema für Röntgenbilder zur Analyse von Höhe (H), Medialisierung des Rotationszentrums (M), Inklinationswinkel der Pfanne (α), Offset (O) und der radiologischen Beinlänge (L). Die Basislinien werden durch die Femoralachse (F), die Verbindungslinie zwischen den Tubera ischiadica (I) und die vertikale Linie durch den lateralen Rand der Köhlerschen Tränenfigur (T) bestimmt (118).....	35
Abbildung 7: Der durchschnittliche Harris-Hip-Score prä- und postoperativ für Frauen und Männer (Harris-Hip-Score, HHS)	39
Abbildung 8: Das Verteilungsmuster der verwendeten Pfannengrößen (Trilogy, Zimmer, Warsaw, USA).....	41
Abbildung 9: Das Verteilungsmuster der Schaftgrößen	42
Abbildung 10: Der Boxplot zeigt die Inklination der Pfanne in Abhängigkeit vom BMI (118)....	46
Abbildung 11: Der Graph zeigt die Abhängigkeit der Operationszeit vom Body-Mass-Index.	47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Die postulierten Vorteile und potentielle Risiken minimalinvasiver Techniken (1)	15
Tab. 2: Der BMI nach WHO 2000 (BMI, Body-Mass-Index; WHO, World Health Organization) (91)	21
Tab. 3: Die Darstellung der Verteilung von BMI, Größe und Gewicht der Patientengruppe.....	37
Tab. 4: Die Indikationsverteilung für die Hüftprothesenimplantation der Probandengruppe	38
Tab. 5: Die prozentuale Verteilung der Patienten in der ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists, ASA).....	38
Tab. 6: Das Verteilungsmuster der verwendeten Prothesengrößen (Pfannen)	40
Tab. 7: Das Verteilungsmuster der verwendeten Schaftgrößen.....	42
Tab. 8: Die Verteilung von BMI, Größe und Gewicht in der untersuchten Gruppe.....	44
Tab. 9: Die Daten der anatomischen Gelenksrekonstruktion nach BMI aufgeteilt, Differenzen prä- und postoperativ aus den Röntgenbildern (118)	45
Tab. 10: Die Daten der anatomischen Gelenksrekonstruktion nach Geschlecht, Differenzen prä- und postoperativ aus den Röntgenbildern (118).....	48

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body- Mass-Index
bzw.	beziehungsweise
CCD-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
cm	Zentimeter
d. h.	das heißt
et al.	Et alii, et aliae, et alia
HHS	Harris-Hip-Score
HTEP	Hüfttotalendoprothese
kg	Kilogramm
m	Meter
M.	Musculus
MIS	Minimally invasive surgery
MIS-HTEP	Minimally invasive surgery- Hüfttotalendoprothese
mm	Millimeter
Mm.	Musculi

MW	Mittelwert
N.	Nervus
OCM	Orthopädische Chirurgie München
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
R ²	Korrelationskoeffizient nach Pearson
Tab.	Tabelle
THA	Total hip arthroplasty
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index
z. B.	zum Beispiel

Danksagung

Ich danke Herrn PD Dr. med. Robert Hube für die Überlassung des Themas, die geduldige Unterstützung der Arbeit und die hilfreichen Gespräche über den gesamten Zeitraum hinweg. Besonderer Dank gilt den Mitarbeitern des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie. Hierbei möchte ich mich allen voran bei Herrn Professor Dr. med. Carsten Perka und Herrn Dr. med. Philipp von Roth bedanken, die das Projekt über den gesamten Zeitraum hilfreich begleiteten und unterstützten.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie und hier vor allem meiner Lebensgefährtin Berit und unseren Töchtern Meta und Nike. Ohne sie wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Michael Hafner, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Einfluss des Body-Mass-Indexes und des Geschlechts auf die Reproduzierbarkeit des OP-Ergebnisses bei minimalinvasiver Hüftprothesenimplantation“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s. o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s. o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

