

Vergleich zweier minimal-invasiver anteriorer Operationstechniken (AMIS und DAA) beim Hüftgelenkersatz anhand ausgewählter biomechanischer und prozeduraler Parameter

Lisa Fleckenstein

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen Universität München zur Erlangung einer
Doktorin der Zahnheilkunde (Dr. med. dent.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Herbert Deppe

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe
2. apl. Prof. Dr. Norbert Harrasser

Die Dissertation wurde am 09.04.2024 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am 05.12.2024 angenommen.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München an der Fakultät für Medizin der TUM zur Promotionsprüfung vorgelegte Arbeit mit dem Titel:

“Vergleich zweier minimal-invasiver anteriorer Operationstechniken (AMIS und DAA) beim Hüftgelenkersatz anhand ausgewählter biomechanischer und prozeduraler Parameter”

in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar unter der Anleitung und Betreuung durch Prof. Dr. med. Rüdiger von Eisenhart Rothe ohne sonstige Hilfe erstellt und bei der Abfassung nur die gemäß § 6 Abs. 6 und 7 Satz 2 angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

- ☒ (X) Ich habe keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht, oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt.
- ☒ (X) Ich habe die Dissertation in dieser oder ähnlicher Form in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt.
- ☐ () Die vollständige Dissertation wurde in veröffentlicht. Die promotionsführende Einrichtung hat der Vorveröffentlichung zugestimmt.
- ☒ (X) Ich habe den angestrebten Doktorgrad noch nicht erworben und bin nicht in einem früheren Promotionsverfahren für den angestrebten Doktorgrad endgültig gescheitert.
- ☐ () Ich habe bereits am bei der Fakultät für der Hochschuleunter Vorlage einer Dissertation mit dem Themadie Zulassung zur Promotion beantragt mit dem Ergebnis:

Die öffentlich zugängliche Promotionsordnung der TUM ist mir bekannt, insbesondere habe ich die Bedeutung von § 28 (Nichtigkeit der Promotion) und § 29 (Entzug des Doktorgrades) zur Kenntnis genommen. Ich bin mir der Konsequenzen einer falschen Eidesstattlichen Erklärung bewusst.

Mit der Aufnahme meiner personenbezogenen Daten in die Alumni-Datei bei der TUM bin ich

☒ (X) einverstanden

☐ () nicht einverstanden

München, den 12. März 2024

.....

Unterschrift

Für meine Familie und Freunde

1.4.2.3	Anterolateraler Zugang (modifiziert n. Watson-Jones)	17
1.4.2.4	Anteriorer Zugang (modifiziert n. Smith-Petersen)	17
1.4.2.4.1	Komplikationen bei anteriorem Zugangsweg	18
1.4.3	Invasivität des operativen Eingriffs	18
1.4.4	DAA / AMIS	20
1.5	Endpunkte	20
1.5.1	Primärer Endpunkt: Auswirkung von AMIS und DAA beim Hüftgelenkersatz auf die biomechanischen Parameter Beinlängendifferenz und Offset	20
1.5.1.1	Beinlängendifferenz	21
1.5.1.2	Laterales Offset	22
1.5.2	Sekundäre Endpunkte: Auswirkung von AMIS und DAA beim Hüftgelenkersatz auf die prozeduralen Parameter Lagerungsdauer und Operationsdauer	22
1.6	Zielsetzung der Arbeit	23
2.	Material und Methoden	24
2.1	Material: verwendete Prothesen	24
2.1.1	DAA	24
2.1.2	AMIS	24
2.2	Patientenkollektiv	25
2.3	Methode	26

2.3.1	Statistische Methoden	29
3.	Ergebnisse	31
3.1	Lagerungsdauer.....	33
3.2	Operationsdauer	34
3.3	Prothesenteile	34
3.3.1	Pfanne.....	34
3.3.2	Schaft.....	35
3.3.3	Kopf.....	36
3.4	Beinlängendifferenz	36
3.5	Laterales Offset.....	38
3.5.1	Laterales Offset des Femurs	38
3.5.2	Laterales Offset der Pfanne	40
3.6	Publikation	40
4.	Diskussion	41
4.1	Patientenkollektiv	41
4.2	Lagerungsdauer.....	43
4.3	Operationsdauer	43
4.4	Prothesenteile	45
4.4.1	Pfanne.....	45
4.4.2	Schaft.....	46

4.4.3	Kopf.....	46
4.5	Beinlängendifferenz.....	48
4.6	Laterales Offset.....	50
4.6.1	Laterales Offset des Femurs.....	50
4.6.2	Laterales Offset der Pfanne.....	51
4.6.3	Laterales Offset Gesamtbetrachtung.....	51
5.	Zusammenfassung.....	53
	Literaturverzeichnis.....	VII
	Abbildungsverzeichnis.....	XIX
	Tabellenverzeichnis.....	XXI

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
AMIS	Anterior minimally invasive surgery
a. p.	anterior posterior
AV	Anteversion
CCD	Centrum-Collum-Diaphyse
DAA	Direct anterior approach
HTEP	Hüft-Total-Endo-Prothese
IN	Inklination
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LLD	Leg length difference
M.	Musculus
Mm.	Musculi
N.	Nervus
Nn.	Nervi

Abkürzungsverzeichnis

OP	Operation
TEP	Totale Endoprothese
THA	Total hip arthroplasty
UHMWPE	Ultra-high-molecular-weight polyethylene
vs.	versus
XLPE	Cross-linked-polyethylene

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beide Geschlechter.

1. Einleitung

1.1 Epidemiologie

Die Implantation von Hüfttotalendoprothesen (HTEP) befand sich 2016 auf Rang sechs der 50 am häufigsten durchgeführten vollstationären Operationen und machte 1,4% der 16.755.574 Operationen (8,8 Millionen Frauen (Statistisches Bundesamt 2018b) und 8 Millionen Männer (Statistisches Bundesamt 2018c)) in Deutschland aus (Statistisches Bundesamt 2018a). 73,3 % der Gelenkeingriffe sind Totalendoprothesen und 26,7 % Teilendoprothesen (Bleß und Kip 2017).

Von 2005 bis 2018 erhöhte sich in Deutschland die Anzahl der HTEP-Implantationen um über 20 % von 194.453 auf 239.204 (Operationen und Prozeduren in Krankenhäusern 2017). 74 % der Patienten waren dabei über 65 Jahre alt (Statistisches Bundesamt 2018a; Wengler et al. 2014).

Jahr	DRG*	
2011	213.935	
2012	212.304	
2013	210.384	
2014	219.325	
2015	227.293	
2016	233.424	♀ 143.533 ♂ 89.889
2017	238.072	
2018	239.204	♀ 146.091 ♂ 93.096
*DRG = Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik		

Tabelle 1: Vollstationär behandelte Patienten zur Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk (Statistisches Bundesamt 2018a)

Die häufigsten Gründe für die Implantation eines künstlichen Hüftgelenkes sind degenerative Erkrankungen des Gelenkes durch mechanische Abnutzung, gefolgt von entzündlichen Erkrankungen und Traumata (Harrasser et al. 2016; Jerosch et al. 2005).

Die demographische Veränderung mit einem zunehmenden Altersdurchschnitt, erhöhter Lebenserwartung und Bevölkerungszahl und gleichzeitig das häufigere Erkranken junger Menschen aufgrund von Sportunfällen und Überlastung verursachen einen Anstieg der Hüftoperationen (Karachalios et al. 2018; Winter 2009). Nicht nur die Anzahl der Implantationen künstlicher Hüftgelenke steigt, sondern dadurch auch die Anzahl der Revisionen. Ungefähr 8–12 % der operativen Eingriffe am Hüftgelenk sind Revisionsoperationen, 11–24 % als Folge einer TEP-Luxation (Dargel et al. 2014), 18 % als Folge einer femoralen Lockerung, 17 % aufgrund von Infektion und 17 % durch acetabuläre Lockerung (Kuijpers et al. 2019).

1.2 Anatomie des Hüftgelenks

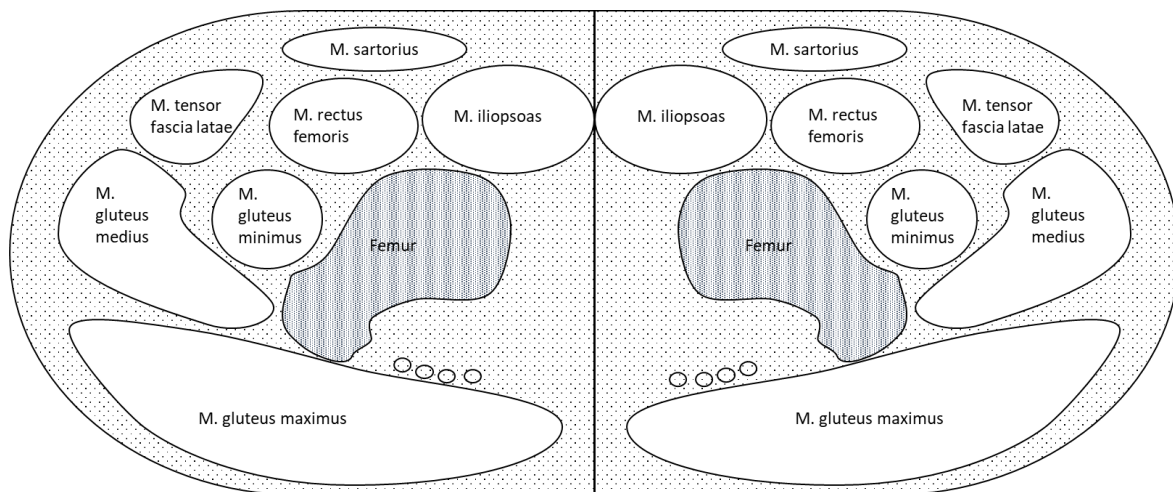


Abbildung 1: Skizzierter Transversalschnitt durch eine Hüfte

Im Hüftgelenk (Articulare coxae) artikuliert die Hüftpfanne (Acetabulum) des Hüftbeins (Os coxae) mit dem Kopf des Oberschenkelknochens (Caput femoris). Beim Hüftgelenk handelt es

sich um eine spezielle Form des Kugelgelenkes, nämlich um ein Nussgelenk. Nahezu zwei Drittel des Oberschenkelkopfes werden von der Pfanne umfasst, welche durch einen knöchernen (Limbus acetabuli) und einen faserknorpeligen Rand (Labrum acetabuli) vergrößert wird (Schünke et al. 2018). Der Oberschenkelhals (Collum femoris) verbindet den Oberschenkelkopf mit dem Schaft. Die Länge und Form des Collum femoris kann stark variieren (Jerosch et al. 2005; Jerosch 2005).

Das Beugen des Oberschenkels im Hüftgelenk wird durch den M. iliopsoas und den M. iliacus ermöglicht. Außerdem verlaufen über die Oberschenkelvorderseite der M. quadriceps femoris und der M. sartorius. Für das Strecken des Oberschenkels sind der M. gluteus maximus und die Mm. ischiocrurales verantwortlich. Auf der Außen- und Rückseite des Oberschenkels befinden sich die Mm. gluteus maximus, medius, minimus sowie der M. tensor fasciae latae und der M. piriformis (Schünke et al. 2018).

Der Bandapparat des Hüftgelenkes besteht aus den drei Bändern Lig. iliofemorale, Lig. pubofemorale und Lig. ischiofemorale, wobei das Lig. iliofemorale das Stärkste ist (Schünke et al. 2018).

1.3 Diagnostik

Die Untersuchung des Patienten und des Hüftgelenks setzt sich aus den Komponenten einer ausführlichen klinischen und radiologischen Diagnostik zusammen.

1.3.1 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung besteht nach ausführlicher allgemein- sowie beschwerdeanamnestischer Befragung zunächst aus der Inspektion. Hierbei wird zuerst das Stand- und Gangbild analysiert wobei u.a. ein Hinken, eine Ataxie oder eine andere Gangbildveränderung festgestellt werden können. Des Weiteren werden die Haut, die

Muskulatur, der Beckenstand und die Beinlänge untersucht. Zudem erfolgt die palpatorische Untersuchung der knöchernen- und Weichgewebe-Strukturen, wobei die Druckdolenz entsprechender Strukturen im Vordergrund steht. Weiterhin wird der Bewegungsumfang des Gelenks gemessen und Funktionstests durchgeführt, mit denen die Differenzierung einer Schmerzlokalisierung erfolgt (Ficklscherer 2017; Wülker 2015).

1.3.2 **Bildgebung**

1.3.2.1 *Röntgenaufnahme*

Bei der konventionellen Röntgenuntersuchung des Hüftgelenks stellen die Beckenübersichtsaufnahme anterior-posterior und eine axiale Hüftaufnahme wie z. B. die Lauenstein-Aufnahme die Standardaufnahmen dar. Die Beckenübersichtsaufnahme wird auf die Symphyse zentriert, die Lauenstein-Aufnahme in 45° Flexion und 45° Abduktion des Hüftgelenks angefertigt. Auf diesen Aufnahmen können der ventrale und dorsale Pfannenrand, das Acetabulumdach, die Köhler-Tränenfigur (entspricht dem Pfannenboden, bzw. der Fossa acetabuli) sowie die iliopektinale bzw. ilioischiale Linie erkannt werden (Ellapparadja et al. 2015; Ranawat et al. 2001).

Qualitätskriterien der Beckenübersichtsaufnahme sind: der Abstand vom Symphysenoberrand zur Spitze des Steißbeines soll 1 – 2 cm betragen. Die Sakrumspitze soll in der Mitte zwischen der Verbindungslinie beider Spinae iliacae anterior superior und der Symphyse liegen. Außerdem ist die symmetrische Abbildung der Foramina obturatoria bedeutsam, da sonst eine Rotationsfehlstellung vorliegt (Harrasser et al. 2016).

1.3.2.2 Messgrößen in der Röntgenaufnahme

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten und der dreidimensionalen Orientierung des Acetabulums und des proximalen Femurs gibt es zahlreiche Winkel am Hüftgelenk, die in der endoprothetischen Versorgung von Bedeutung sind. Im Folgenden wird auf die für die operative Rekonstruktion der Biomechanik des Hüftgelenks relevanten Winkel näher eingegangen (Harrasser et al. 2016).

1.3.2.2.1 Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel

Der Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel/Schenkelhalswinkel) des proximalen Femurs ergibt sich, wenn man in der Frontalebene, ausgehend vom Zentrum des Caput femoris, jeweils eine Linie durch den Schenkelhals und eine Linie durch die Diaphyse legt. Er beträgt normalerweise ca. $125^{\circ} - 130^{\circ}$ (Pathrot et al. 2016). Liegt der Winkel unter 120° , so wird dies als eine Coxa vara bezeichnet und kann bei einseitigem Auftreten mit einem verkürzten Bein, Hinken und verminderter Beweglichkeit einhergehen (Clohisy et al. 2015). Liegt der Winkel über 135° , spricht man von einer Coxa valga (Harrasser et al. 2016).

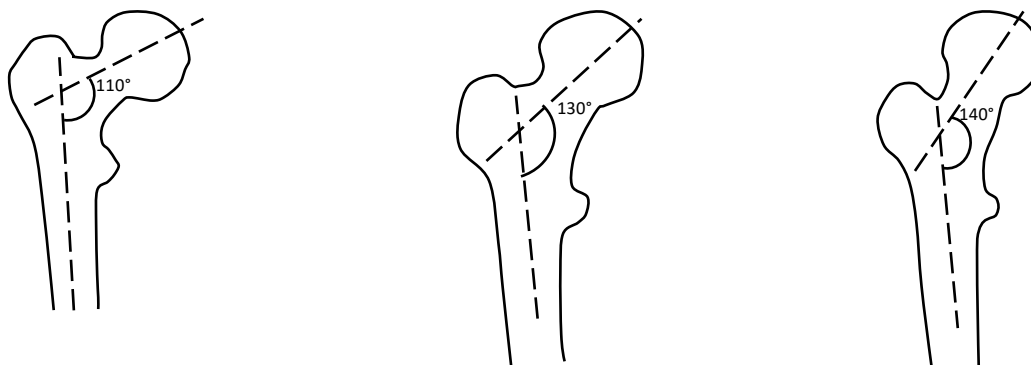


Abbildung 2: Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel: Coxa vara – Normal – Coxa valga

1.3.2.2.2 Femorale Antetorsion

Torsion ist definiert als Verdrehung eines Körpers um seine Längsachse und die Verwindung des Körpers in sich selbst. Die femorale Torsion ist in der Transversalebene der Winkel zwischen der transepikondylären Linie am Knie und der Schenkelhalsachse. Dieser Winkel beträgt normalerweise 10 – 15° nach anterior (Harrasser et al. 2016; Maheshwari et al. 2010).

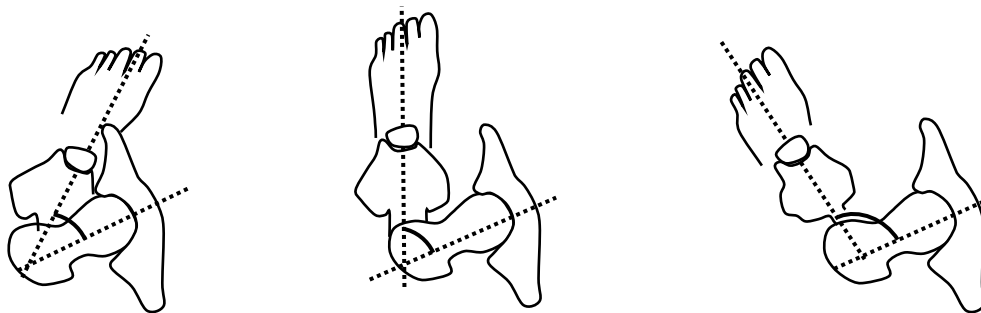


Abbildung 3: Femorale Anteversion – Femorale Torsion Normal – Femorale Retroversion

1.3.2.2.3 Inklination (IN) und Anteversion (AV) des Acetabulums

Der Pfanneneingang ist etwa 40° – 50° in der Frontalebene und etwa 10° – 20° in der Transversalebene geneigt. Die laterale Abweichung von der Vertikalen bezeichnet man als Inklination, die Abweichung nach vorne, in Bezug auf die Sagittalebene, als Anteversion (Harrasser et al. 2016). Eine veränderte Inklination und Anteversion haben einen Einfluss auf die Luxationsstabilität und Funktionalität, sowie nach HTEP auf Abriebstabilität und aseptische Lockerung (Faldini et al. 2011; Fukunishi et al. 2016; Widmer und Zurfluh 2004).

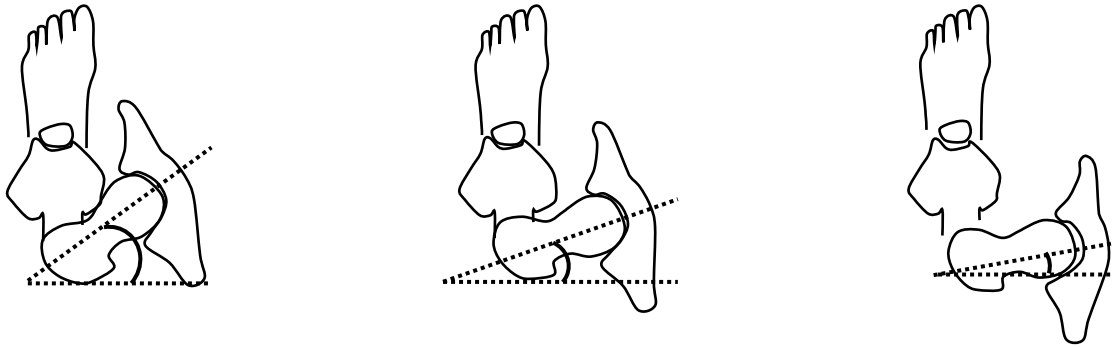


Abbildung 4: Anteversion – Inklination: Normal – Retroversion

Bedeutend ist bei der Beurteilung von Winkeln im Röntgenbild die Tatsache, dass es sich immer um projizierte und nicht um reelle Winkel handelt. Letztere können durch Messtabellen über die projiziert gemessenen Werte errechnet werden.

1.4 Der operative Eingriff

Die Implantation der HTEP ist mittlerweile ein standardisierter Eingriff und kann mittels verschiedener Implantationstechniken und Zugangswege erfolgen (Chechik et al. 2013; Moretti und Post 2017). Operativ gilt es, unter minimaler Traumatisierung der Weichteile möglichst die ideale Biomechanik des degenerativ veränderten Gelenkes wiederherzustellen, um eine effiziente Muskularbeit zu gewährleisten. Als wesentliche Parameter hierfür zu nennen sind eine stabile Prothesenimplantation, die Rekonstruktion der Pfanneninklination und Pfannenanteversion, die Antetorsion des Schaftes, die Rekonstruktion des Hüftgelenkszentrums, des femoralen Offsets und der Beinlänge (Dargel et al. 2014; Petis et al. 2015).

Aufgrund der steigenden Ansprüche an eine Prothese und der zunehmenden Anzahl der Operationen stellt sich die Frage, durch welche Operationsart das bestmögliche Ergebnis für den Patienten erzielbar ist (Moretti und Post 2017; Woolson et al. 2004).

Zunehmend werden in diesem Zusammenhang minimalinvasive Zugangswege diskutiert, die sich durch eine geringere Schnittlänge und ein vermindertes Weichgewebstraum auszeichnen (Howell et al. 2004).

1.4.1 Komponenten in der Hüftendoprothetik

Die Komponenten bei einer HTEP bestehen aus verschiedenen Materialien: Hüftschaft und Hüftpfanne in der Regel aus einer Metalllegierung (Titan, Titanlegierung, medizinischer Edelstahl), der Kugelkopf aus hochvernetztem Polyethylen (XLPE) mit und ohne Antioxidans, Keramik oder Metall und das Inlay aus Polyethylen (UHMWPE), Keramik oder medizinischem Edelstahl (Tsikandylakis et al. 2018).

Welche Materialien und welche Größen zur Anwendung kommen, hängt von verschiedenen patientenindividuellen Faktoren wie der Diagnose und OP-Indikation, dem Patientenalter und der Knochenqualität ab.

Die Pfannenverankerung kann zementiert, unzementiert, durch Verschrauben oder durch Presspassung stattfinden. 2016 wurden in Deutschland zu 91 % Totalendoprothesen und zu 9 % Teilendoprothesen implantiert (Grimberg A. et al. 2017). 51,2 % der HTEP wurden nicht zementiert, 22,1 % zementiert. Beim Teilgelenkersatz waren es 17,7 % zementierte und 9 % nicht zementierte Prothesen (Bleß und Kip 2017). Zur Zementierung wird Polymethylacrylat eingesetzt, der in das Acetabulum eingebracht wird und formstabil die Pfanne fasst (Chechik et al. 2013). Pfannen mit einer porigen Oberfläche und Hydroxylapatit-Beschichtung erlauben eine direkte Knochen-Fixierung durch Einwachsen des Knochens (Chechik et al. 2013). Durch ein Übermaß der Pfanne im Vergleich zum Transplantatbett wird eine Klemmpassung, ein sogenanntes Pressfit erreicht (Fink und Grossmann 2008). Bei verschraubten Pfannen ist die Fixation durch selbstschneidende Schrauben gewährleistet, die in der Spongiosa verankert werden (Stukenborg-Colsman 2007).

Femoral bieten sich ebenfalls verschiedene Verankerungsmöglichkeiten: Kappenendoprothesen (epiphysäre Verankerung), Schenkelhalsendoprothesen (metaphysäre Verankerung), Kurzschäfte (metaphysäre und kurze diaphysäre Verankerung) oder Standardschäfte (metaphysäre und längere diaphysäre Verankerung) (Effenberger et al. 2005; Stukenborg-Colsman 2007). Die Art der Fixation und Verwendung der verschiedenen Materialien haben einen direkten Einfluss auf das Offset und die Beinlänge und damit auch auf das direkte OP-Ergebnis. Ebenso wirken sie sich auf die Lockerung und Überlebensdauer der HTEP aus (Abdulkarim et al. 2013). Trotz exakter Planung ist es in manchen Fällen notwendig, intraoperativ andere Prothesenkomponenten zu wählen, um die Biomechanik korrekt wiederherzustellen.

1.4.2 Operative Zugangswege

Im Folgenden werden die klassischen operativen Zugangswege zur Hüfte vorgestellt. Der Fokus der Forschung verlagerte sich von der Verbesserung von Materialbeschaffenheit und Abriebstabilität immer mehr auf die postoperativen Patientenergebnisse (Bopp 2015) und den Zugangsweg (Connolly und Kamath 2016). Allen Zugangswegen ist gemeinsam, dass die Prothesenteile unter Zuhilfenahme verschiedener Haken und Instrumente zum Abhalten, Darstellen und Schützen der Strukturen so eingebracht werden, dass bei Beachtung der idealen Beinlänge und des idealen Offsets ein optimales OP-Ergebnis erzielt wird. Es gibt eine große Anzahl von Studien, die Unterschiede zwischen den verschiedenen Zugängen herausarbeiten. Es besteht allerdings kein Konsens darüber, dass ein einziger Zugangsweg der Optimale für die Hüftendoprothetik ist (Barrett et al. 2013; Bergin et al. 2011).

Die am weitesten verbreiteten Zugänge sind der posteriore Zugang, der (direkt) laterale Zugang und der (direkt) anteriore Zugang (Chechik et al. 2013; Moretti und Post 2017; Petis et al. 2015).

Zu den minimalinvasiven Verfahren bei der Hüftendoprothetik zählen der (direkt) anteriore und der anterolaterale Zugang. Diese beiden Operationsverfahren unterscheiden sich nur in ihren Zugangswegen, die darauffolgenden Operationsschritte sind üblicherweise gleich.

Im Unterschied zum DAA (Direct Anterior Approach) ist beim AMIS (Anterior Minimal Invasive Surgery) ein Extensionstisch notwendig.

Für die Auswahl des operativen Zugangs gelten die etablierten Indikationen für einen Hüftgelenkersatz (Gollwitzer 2018). Es sind keine spezifischen Kontraindikationen für die AMIS-Operationsmethode bekannt (Gollwitzer, 2018), für die DAA Operationsmethode ergab die Literaturrecherche kein Ergebnis.

1.4.2.1 *Posteriorer oder posterolateraler Zugang (modifiziert n. Kocher-Langenbeck/ n. Moore)*

Seitenlage: Transmuskuläres Zugehen durch Spaltung des M. gluteus maximus und der kleinen Außenrotatoren

Die Hautinzision beginnt 5 cm distal des Trochanter major auf die Diaphyse des Femurs zentriert und wird proximal zum Trochanter major geführt. Bei der Spaltung des M. gluteus maximus bis auf Niveau der kurzen Außenrotatoren wird der N. ischiadicus besonders geschützt. Der M. piriformis und die kurzen Außenrotatoren werden an ihrem Insertionspunkt am Trochanter major tenotomiert. Der Hüftkopf wird durch Innenrotation der Hüfte disloziert und eine Schenkelhalsresektion durchgeführt. So besteht Zugang zu Acetabulum und proximalem Femur (Nogler und Thaler 2017; Petis et al. 2015).

1.4.2.2 *Lateraler, transglutealer Zugang (n. Bauer/ n. Hardinger)*

Seitenlage/Rückenlage: Spaltung und Ablösung des vorderen Drittels des vastoglutealen Verbundes v.a. des M. gluteus medius und minimus

Der Patient befindet sich in Seitenlage. Die Inzision wird vom Trochanter major ausgehend 3 – 5 cm nach proximal und 5 – 8 cm nach distal durchgeführt. Nach Spaltung der Faszie werden Sehne und Muskelfasern des M. gluteus medius dargestellt und gespalten, danach der M. gluteus minimus und die Hüftkapsel. Der Hüftkopf wird durch extreme Rotation und Flexion von Hüfte und Knie disloziert, wodurch die Osteotomie des Schenkelhalses durchgeführt werden kann. Nach Entfernen des Hüftkopfes sind Acetabulum und Schaft übersichtlich einsehbar (Moretti und Post 2017; Nogler und Thaler 2017; Petis et al. 2015).

1.4.2.3 *Anterolateraler Zugang (modifiziert n. Watson-Jones)*

Seitenlage/Rückenlage: Intervall zwischen M. tensor fasciae latae (medial) und M. gluteus medius/minimus (lateral)

Die Inzision beginnt 2,5 cm posterior distal der Spina iliaca anterior superior und zieht nach dorsal über den Trochanter major in Richtung Femurschaft. Die Fascia lata wird inzidiert und in Richtung der Fasern gespalten. Das Intervall zwischen dem M. tensor fasciae latae und dem M. gluteus medius wird aufgesucht und der M. vastus lateralis dargestellt. Proximal besteht die Gefahr einer Verletzung des N. gluteus superior. Die Kapsel wird visualisiert und inzidiert. Nun kann die Schenkelhalsosteotomie durchgeführt werden. Der M. gluteus medius kann dabei ein Hindernis für die Schaftpräparation darstellen, was durch Überstreckung, Außenrotation und Adduktion des Beins erleichtert werden kann (Bopp 2015; Henky 2007).

1.4.2.4 *Anteriorer Zugang (modifiziert n. Smith-Petersen)*

Rückenlage: Intervall zwischen M. sartorius und M. rectus femoris (medial) und M. tensor fasciae latae (lateral)

Der Patient wird in Rückenlage auf einem Operationstisch gelagert. Die Inzision beginnt 2 – 4 cm lateral der Spina iliaca anterior superior und wird ipsilateral 8 – 12 cm nach lateral

distal geführt. Durch Inzision der Oberschenkelfaszie lateral über dem M. tensor fasciae latae wird die Fläche zwischen dem M. tensor fasciae latae und dem M. sartorius sichtbar. Der N. cutaneus femoris lateralis wird dargestellt und besonders geschützt (Gollwitzer 2018). Das Intervall zwischen dem M. rectus femoris (der nach medial gelöst wird) und dem M. gluteus medius (der nach lateral gelöst wird) stellt sich dar und die anteriore Hüftkapsel wird sichtbar. So ist der Zugang zum Hüftkopf und später zum Acetabulum möglich. Für die Präparation des Schaftes wird das Bein überstreckt und der Eingang in den Femurkanal angehoben. Reicht die Übersicht an dieser Stelle nicht aus, können die Muskeln und Sehnen der Mm. obturatorius und gemelli ansatznah durchtrennt werden (Bopp 2015; Ito et al. 2012).

Bei diesem Zugang kann die Präparation des Femurs aufgrund seiner limitierten Darstellung erschwert sein (Moretti und Post 2017; Nogler und Thaler 2017; Petis et al. 2015).

1.4.2.4.1 Komplikationen bei anteriorem Zugangsweg

Die häufigste Komplikation der anterioren Zugangswege ist ein meist zwischenzeitlicher Gefühlsverlust eines Astes des N. cutaneus femoris lateralis (Gollwitzer 2018; Thaler et al. 2022). Bei der Außenrotation und dem Absenken des Beins zur Exposition des Femurs ist eine Fraktur des Trochanter major durch Blockieren hinter dem Acetabulum möglich (Gollwitzer 2018; Wernly et al. 2021). Frakturen des Femur sind ebenso wie vermehrte Perforationen, erhöhte Dislokationsraten oder Blutungen als vermehrte Komplikationen bei DAA beschrieben (Jewett und Collis 2011; Matta et al. 2005).

1.4.3 Invasivität des operativen Eingriffs

Bei den konventionellen Zugangswegen findet die Länge des Hautschnitts keine Beachtung und Muskeln werden durchtrennt. Die Absicht, das dadurch verursachte Gewebetrauma zu

verringern, führte zur Entwicklung schonenderer, sogenannter minimalinvasiver Operationsverfahren. Ziel der „Minimalinvasivität“ ist es, den Eingriff so klein wie möglich zu halten, ohne dadurch das Operationsergebnis negativ zu beeinflussen (Nogler und Thaler 2017). Für den Begriff minimalinvasiv gibt es derzeit keine allgemeingültige Definition. In der Hüftchirurgie wird eine Hautinzision von ≤ 10 cm und ein geringeres operationsbedingtes Gewebetrauma angeführt (Howell et al. 2004; Rittmeister et al. 2004).

Es wird deutlich, dass bei minimalinvasivem Vorgehen nicht nur die Schnittlänge sondern vor allem die Protektion des Weichgewebes durch Nutzen von Muskellücken, Schonung der Vaskularisation, Innervation und des Knochens einen starken Einfluss auf das operative Ergebnis hat (Barrett et al., 2013; Macheras et al., 2016). Gleichzeitig werden die Übersichtlichkeit und Gewebeflexibilität beim Einbringen der Prothesenteile reduziert (Eto et al., 2017).

In Deutschland definiert nur ein Drittel der Operateure die Minimalinvasivität über kürzere Hautschnitte, für mehr als 50 % ist das geringere Weichteiltrauma durch Schonen der Muskulatur und transmuskuläres Operieren der ausschlaggebende Unterschied (Bopp, 2015; Leunig et al., 2013). Kürzere Hautschnitte und geringere Muskeltraumata durch Nutzen der Muskellücken sind auch durch die Verwendung moderner Instrumente und Lagerungstische (z.B. Extensionstisch) möglich. Durch den muskelschonenden Zugang werden außerdem eine schnellere postoperative Funktionalität und kürzere Krankenhausaufenthalte erreicht (Alecci et al. 2011; Matta et al. 2005).

In der folgenden Studie wurden alle Operationen mit einem direkten anterioren, minimalinvasiven Zugangsweg durchgeführt, entweder ohne weitere Hilfsmittel oder unter Zuhilfenahme eines Extensionstisches.

1.4.4 DAA / AMIS

Bei der **DAA** (Direct Anterior Approach) –Methode wird der Patient in Rückenlage ohne weitere Hilfsmittel operiert. Zur Kontrolle der eingebrachten Prothesenkomponenten wird eine Bewegung in sämtliche Bewegungsrichtungen durchgeführt und die gleiche Länge beider Beine an Kniegelenken, Fersen und Knöcheln bestätigt (Ito et al. 2012).

Bei der **AMIS** (Anterior Minimal Invasive Surgery) – Methode ist ein Extensionstisch mit speziellem Beinhalter für das Einbringen der Prothesenteile erforderlich. Der Fuß des zu operierenden Beins wird vor Beginn der Operation in einem speziellen Schuh am Extensionstisch fixiert und kann intraoperativ um 180° rotiert werden. Die Überprüfung der eingebrachten Prothesenkomponenten hinsichtlich der klinischen Beinlänge erfolgt durch das Zurücksetzen des Extensionstisches in die voreingestellte Position. Die Beinlänge sowie Rekonstruktion des Offsets werden anhand von intraoperativen Röntgenaufnahmen kontrolliert. Abweichungen lassen sich auf diese Weise eindeutig reproduzieren (Gollwitzer 2018).

1.5 Endpunkte

1.5.1 Primärer Endpunkt: Auswirkung von AMIS und DAA beim Hüftgelenkersatz auf die biomechanischen Parameter Beinlängendifferenz und Offset

In der vorliegenden Untersuchung wurden eine ausgeglichene Beinlänge und ein optimales Offset zur Erreichung eines guten Operationsergebnisses als primäre Endpunkte gewählt (Effenberger et al. 2004).

1.5.1.1 Beinlängendifferenz

Eine Beinlängendifferenz kann sich als Ungleichheit der knöchernen Länge des Femurs und der Tibia zeigen oder als funktioneller Unterschied aufgrund von muskulären Kontrakturen bestehen. Eine Ungleichheit der Beinlänge tritt bei 40 – 70 % der Bevölkerung auf (Gurney 2002). Einige Autoren haben einen Unterschied von 20 mm (Gross 1978) bis 30 mm (Knutson 2005) als signifikant definiert, andere stellen das Auftreten funktioneller Beeinträchtigungen in den Vordergrund (Abraham und Dimon 1992).

Klinisch kann die Beinlängendifferenz durch das Palpieren am stehenden Patienten in Höhe der Crista iliaca mit dem radialen Rand des Zeigefingers und gleichzeitig der Spina iliaca posterior superior mit dem Daumen untersucht werden. Gleichzeitig können unterschiedlich dicke Holzklötzchen bis zum Ausgleich eines Beckenschiefstandes untergelegt werden. Beim Galeazzi-Test werden die Kniegelenke des liegenden Patienten rechtwinkelig gebeugt und beide Füße parallel nach oben gehalten. So kann anhand einer Kniegelenksstufe beurteilt werden, ob eine Längendifferenz im Femur, in der Tibia oder beiden vorliegt. Die gesamte Beinlänge wird gemessen als der Abstand von der Spina iliaca anterior superior bis zum Malleolus medialis. Bei einer funktionellen Beinlängendifferenz kommt es beim Aufrichten des Oberkörpers eines liegenden Patienten zu einem Vorschubphänomen, einem Ausgleich der Differenz mit anschließendem Zurückschwingen des Beines in die Längendifferenz (Goetz et al. 2019). Außerdem ist eine radiologische Bestimmung der Beinlänge durch Messung der Distanz des Unterrandes der Köhler'schen Tränenfigur zur Spitze des Trochanter minor möglich (Al-Amiry et al. 2019). Beinlängendifferenzen können zur Entwicklung einer Skoliose, einer Adduktion der kontralateralen Hüfte, einer Beugestellung des kontralateralen Kniegelenkes sowie zur Entstehung eines Spitzfußes an der kürzeren Extremität führen. Der Behandlungsbedarf einer Beinlängendifferenz ist nicht eindeutig definiert, wird aber ab einer

Differenz von 20 mm empfohlen (Knutson 2005; White und Dougall 2002). Im Wachstumsalter sind konservative Maßnahmen, beispielsweise durch Einlegesohlen, ab einer Beinlängendifferenz von einem Zentimeter, beim Erwachsenen spätestens ab zwei Zentimetern angezeigt. So kann ein Ausgleich von bis zu einem Zentimeter erreicht werden. Nach HTEP ist das Operationsergebnis bei fachgerecht ausgeführter Operation mit intraoperativer Überprüfung der Beinlänge bis zu einer Differenz von 2 cm zu akzeptieren.

1.5.1.2 *Laterales Offset*

Das laterale Offset wird definiert als das Lot von der Köhler'schen Tränenfigur durch das Zentrum der Rotation des Hüftkopfes zur Femurachse. Die Entfernung wird gemessen als Summe aus der Entfernung zwischen der Längsachse des Femur im oberen Drittel der Diaphyse zum Rotationszentrum und der Entfernung des Rotationszentrums zu einer vertikalen Linie des medialen Randes der ipsilateralen Tränenfigur des Beckens (Hüft-Offset = Femur-Offset + Acetabulum-Offset) (Al-Amiry et al. 2019; Ellapparadja et al. 2015). Ein zu geringes laterales Offset kann durch geringe Muskelspannung zu einem erhöhten Luxationsrisiko führen (Weber et al. 2018). Zudem ergibt sich eine höhere Abnutzung der Prothesenkomponenten (Sakalkale et al. 2001). Eine Vergrößerung des femoralen Offsets führt zu einer verbesserten Muskelkraft und vergrößertem Bewegungsumfang (McGrory et al. 1995). Gleichzeitig bedingt es eine Zunahme der medialen Biegebelastung und der Belastung des distalen Anteils der Prothese (Kleemann et al. 2003).

1.5.2 **Sekundäre Endpunkte: Auswirkung von AMIS und DAA beim Hüftgelenkersatz auf die prozeduralen Parameter Lagerungsdauer und Operationsdauer**

Die Operationsdauer wurde untersucht, weil ihre Zunahme sich belastend für Patienten und auf die Verfügbarkeit von Ressourcen auswirkt. Unter dem letztgenannten Gesichtspunkt wurde

die Lagerungsdauer mit der Hypothese untersucht, dass sich die Verwendung des Extensionstisches unabhängig von der Operationsdauer auf die Lagerungsdauer der Patienten auswirkt.

1.6 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage nach Unterschieden zweier minimalinvasiver Operationsmethoden zur Implantation einer HTEP, die an der Technischen Universität München als Routineoperationsweg durchgeführt werden, hinsichtlich Rekonstruktion des Hüftgelenkszentrums und der Beinlänge.

2. Material und Methoden

2.1 Material: verwendete Prothesen

Für die vorliegende Untersuchung wurden aus methodischen Gründen bei beiden Operationsverfahren nur Pressfit-Pfannen und unzementierte Schäfte ausgewertet.

2.1.1 DAA

Für DAA wurden Allofit- und Fitmore-Prothesenteile der Firma Zimmer verwendet. Das Allofit-Pfannensystem besteht aus einer Pressfit-Schale mit äquatorialem Übermaß und abgeflachter Polregion. Die Oberfläche der Schale aus Reintitan besitzt eine makrostrukturierte Oberfläche mit kleinen, zackenartigen Zähnen unterschiedlicher Ausrichtung. Das Pfannensystem und der Kopf können sich aus unterschiedlichen Gleitflächenmaterialien, nämlich hochvernetztem Polyethylen, Metall/Metall-Paarung oder delta-Keramik zusammensetzen, die durch alternative Tribologie sehr geringe Verschleißraten aufweisen (Zimmer Biomet 2008). Das Fitmore-Schaftsystem besteht aus einer osteophilen Titanlegierung mit einer zusätzlichen Beschichtung aus Reintitan am proximalen Schaft. Die Form ist gebogen und abgeflacht und es bietet die Möglichkeit unterschiedlicher Offset-Versionen (Zimmer Biomet 2012).

2.1.2 AMIS

Für AMIS wurden die Versafit- und AmiStem-Prothesenteile der Firma Medacta verwendet, welche speziell für die Implantation mit der AMIS-Methode entwickelt wurden. Die Versafit-Pfanne besteht aus einer Titan-Vanadium-Legierung mit poröser Beschichtung, der AmiStem aus einer Metalllegierung aus Titan-Niobium. Die elliptische Pfanne wird durch ein Pressfit verankert. Bei einer metallischen Außenschale besteht der Einsatz aus Keramik oder

Polyethylen. Der Kugelkopf besteht aus Keramik oder Metall. Für die Operation ist der AMIS-Bein-Extensionstisch, der eine stabile Beinpositionierung ermöglicht, notwendig (Medacta International 2017).

2.2 Patientenkollektiv

211 Patienten wurden im Zeitraum 2013 bis 2015 im Klinikum Rechts der Isar mit einer der o.g. Prothesen versorgt. Die Auswahl der Patienten erfolgte konsekutiv unter der Voraussetzung, dass aufgrund der individuellen Anatomie und OP-Indikation eines der beiden Operationsverfahren als geeignet erklärt wurde und zuvor noch keine HTEP auf der ipsi- oder kontralateralen Seite durchgeführt worden war. Bei allen Patienten konnten die prä- und postoperativen Daten erhoben und in die Auswertung aufgenommen werden. Von diesen 211 Patienten wurden 104 (56 Frauen und 48 Männer) mit dem mittleren Alter von 68 Jahren mit der AMIS-Methode operiert, 107 Patienten (57 Frauen und 50 Männer) mit dem mittleren Alter von 67 Jahren mit der DAA-Methode. Bei AMIS waren es 54 rechte und 50 linke HTEPs, bei DAA 56 rechte und 51 linke (s. Tabelle 2: Patientenkollektiv).

		OP-Methode		
		AMIS	DAA	Gesamt
Patienten		104	107	211
Patientenalter in Jahren (Median/ Min-Max)		68 (19 – 86)	67 (25 – 87)	68
Geschlecht	Männlich	48	50	98
	Weiblich	56	57	113
Seite der Implantation	Rechts	54	56	110
	Links	50	51	101

Tabelle 2: Patientenkollektiv

2.3 Methode

In der retrospektiven Studie wurden bei 211 konsekutiven Patienten die Operationsmethoden AMIS und DAA hinsichtlich Rekonstruktion von Offset und Beinlänge bei HTEP miteinander verglichen.

Die Datenerhebung für die Prothesenteile, die Beinlängenbestimmung und das Offset erfolgte anhand von präoperativen auf die Symphyse zentrierten a. p. – Beckenübersichts-Röntgenaufnahmen. Auf den Bildern wird anhand einer Normierungskugel der Maßstab für die weitere Vermessung festgelegt. Sämtliche Messungen wurden mit dem digitalen System mediCAD (mediCAD Hectec GmbH Opalstraße 54, D-84032 Altdorf/Landshut) durchgeführt (s. Abbildung 5).

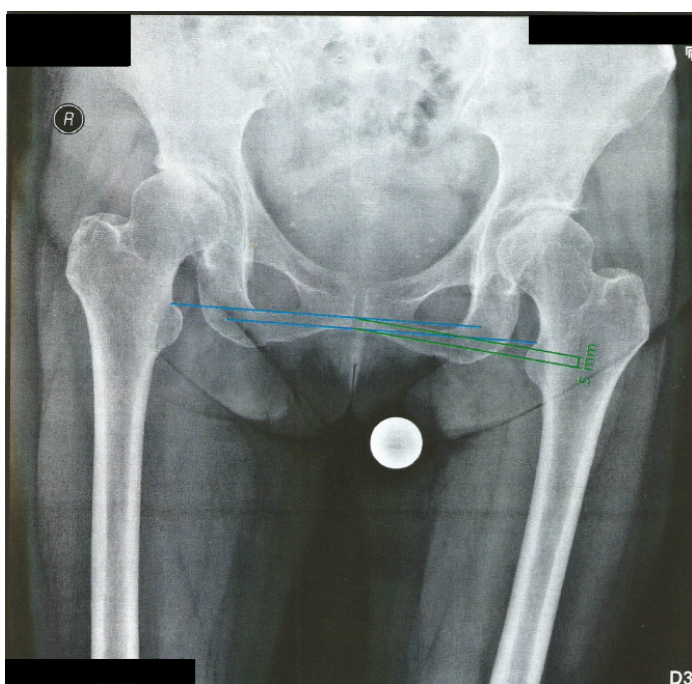


Abbildung 5: Beckenübersichtsaufnahme a. p. präoperativ mit Beinlängendifferenz

Auf dem postoperativen Röntgenbild wurde der Maßstab anhand des eingesetzten Hüftkopfes normiert, da teilweise keine Messkugel auf dem Röntgenbild vorhanden war. Der Mittelpunkt des Kopfes diente wieder als Begrenzung für das laterale Offset von Femur und Pfanne.

Die Messung der präoperativen Beinlängendifferenz erfolgte, indem auf der rechten und linken Seite jeweils eine Gerade von der Spitze des Trochanter major durch den Unterrand der Köhler'schen Tränenfigur gezogen wurde. Alternativ, bei nicht eindeutiger Identifikation der genannten Messpunkte, wurde die Gerade durch die tiefsten Punkte des Os pubis rechts und links gelegt. Der Abstand zwischen den beiden Linien wurde als präoperative Beinlängendifferenz definiert. Die Beinlängendifferenz wurde präoperativ von den Operateuren klinisch untersucht und zusätzlich in der Röntgenauswertung überprüft. Die postoperative Beinlängendifferenz wurde entsprechend der zuvor verwendeten Messpunkte bestimmt.

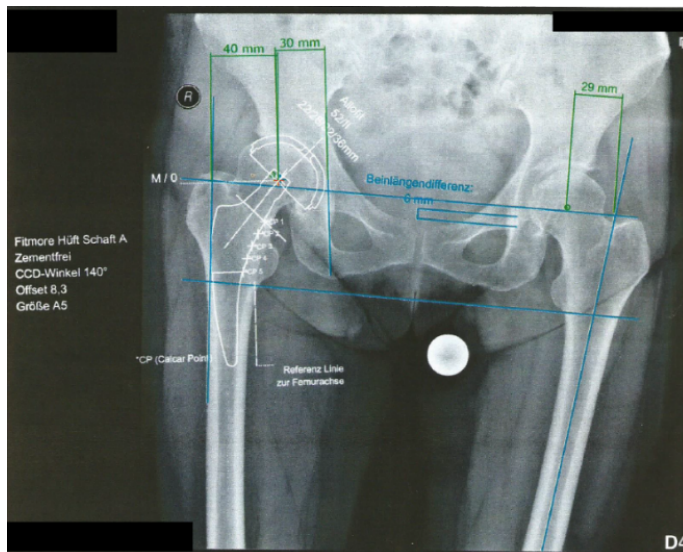


Abbildung 6: Beckenübersichtsaufnahme mit Planung der Prothesenkomponenten

Durch eine digitale Schablonenplanung auf die Femurkontur wurde präoperativ die voraussichtliche Größe der benötigten Prothese bestimmt. Die Schaftgrößen sind normiert und

reichen von 1 bis 14. Je größer die Zahl, desto größer der Schaft. Der Kopfmittelpunkt sollte etwa in Höhe der Trochanter major-Spitze sein. Ziel war das optimale Ergebnis von Beinlängen- und Offsetveränderung. Außerdem sollte der Prothesenschaft optimal auf die individuelle Femurgeometrie abgestimmt werden. So wurde angestrebt, die Prothesenachse der Femurachse anzupassen (s. Abbildung 6). Die tatsächlich verwendete Größe wurde aus dem OP-Bericht entnommen.

Außerdem wurde das laterale Offset der Pfanne und des Femurs ausgemessen. Für das laterale Offset der Pfanne wurde präoperativ die Linea ilioischiadica, eine Verbindungslinie durch die craniale mediale knöcherne Begrenzung des Os ilii und die laterale Begrenzung des Foramen obturatum gezogen und der Abstand zum Mittelpunkt des Caput femoris gemessen. Von diesem Mittelpunkt ausgehend wurde das laterale Offset des Femurs berechnet, indem der Abstand zur Tangente an die Außenseite des Oberschenkelknochens gemessen wurde (s. Abbildung 6). Auf dem **postoperativen** Röntgenbild wurde die Auswertung entsprechend der zuvor durchgeführten Methode durchgeführt (s. Abbildung 7).

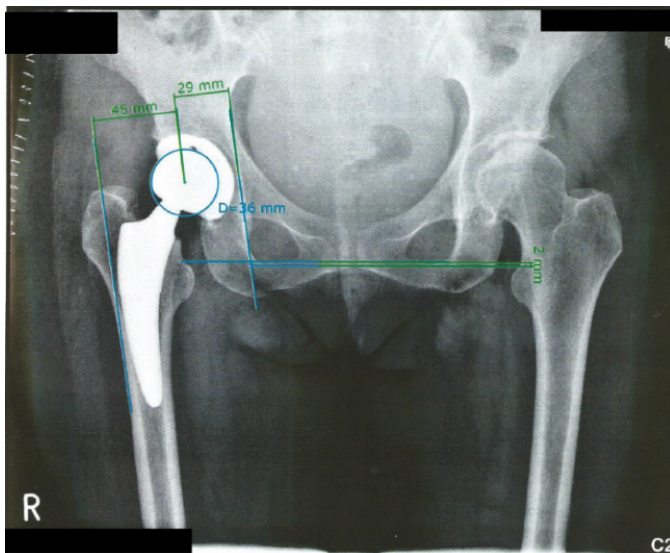


Abbildung 7: Beckenübersichtsaufnahme a. p. postoperativ mit Bestimmung des acetabulären und femoralen Offset

Die **Operationsdauer** wurde definiert als Schnitt-Naht-Zeit und aus dem OP-Bericht entnommen.

Die **Lagerungsdauer** umfasst die Lagerung des Patienten so, dass keine Druckschäden drohen, ein optimaler Zugang zum Operationsgebiet möglich ist und benötigtes Zubehör (z.B. Extensionstisch) angebracht wurden. Anschließend erfolgt die Desinfektion nach hausüblichem Standard. Sie wurde aus der OP-Dokumentation entnommen.

2.3.1 Statistische Methoden

Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe von SPSS, Version 24.0 ausgewertet. Die statistische Auswertung erfolgte gemeinsam mit Frau Dr. med. Tanja Kottmann. Die Darstellung der metrischen Variablen erfolgt als Mittelwerte und Mediane, während die Streumaße als Standardabweichungen und Quartile angegeben werden. Die kategorisierten bzw. nominalen Daten werden als absolute und relative Häufigkeit angegeben.

Die Prüfung der Normalverteilung erfolgte mittels des Kolmogorow-Smirnow-Tests. Die getesteten Variablen wiesen ganz überwiegend keine Normalverteilung auf (Kolmogorow-Smirnow-Test: $p < 0,05$), weshalb bei den Vergleichen der Stichproben nichtparametrische Tests für nicht normalverteilte Stichproben herangezogen wurden.

Beim Vergleich von zwei unabhängigen, nicht normalverteilten Stichproben wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Zwei verbundene, nicht normalverteilte Stichproben wurden mittels des Wilcoxon-Tests hinsichtlich signifikanter Unterschiede überprüft.

Bei allen durchgeführten Tests erfolgte eine zweiseitige Signifikanzüberprüfung, wobei für alle statistischen Tests ein p-Wert $< 0,05$ als statistisch signifikant angenommen wurde.

Die Grafiken wurden ebenfalls mit SPSS erstellt. Zur Darstellung der Mediane und Quartilsabstände wurden Boxplots angefertigt. Während in den Boxen der Median sowie die

25. – 75. Perzentile aufgetragen sind, entsprechen die T-Balken dem kleinsten und größten Wert, sofern diese keine Ausreißer bzw. Extremwerte enthalten. Die Ausreißer sind definiert als Werte, die zwischen $1\frac{1}{2}$ – 3 Boxlängen außerhalb der Box lagen; sie sind in den Grafiken als Kreise dargestellt, während Extremwerte, die mehr als 3 Boxlängen außerhalb der Box gemessen wurden, als Kreuze aufgetragen sind.

3. Ergebnisse

		OP-Methode		
		AMIS	DAA	Gesamt
Lagerungsdauer in Minuten (Median)		12	10	
Spanne der Lagerungsdauer in Minuten		5 – 42	5 – 55	
Dauer der Operation in Minuten (Median)		78	81	
Spanne der Operationsdauer in Minuten		50 – 193	43 – 185	
Pfannengröße geplant, in Millimetern (Median)		52	52	
Pfannengröße implantiert, in Millimetern (Median)		54	52	
Pfannentyp	Medacta	88	3	91
	Allofit	12	103	115
	Revisio	4	1	5
Schaftgröße geplant (Median)		3	5	
Schaftgröße implantiert (Median)		4	5	
Schafttyp	AMIS-Stem	99	4	103
	Fitmore	3	101	104
	Weitere	2	2	4
Kopfgröße geplant, in Millimetern (Median)		36	36	
Kopfgröße implantiert, in Millimetern (Median)		36	36	
Kopflänge implantiert	S	33	10	43
	M	45	56	101
	L	23	30	53
	XL	3	11	14

Lat. Offset des Femurs präoperativ in Millimetern (Median)	47,5	50	
Spanne des lat. Offset des Femurs präoperativ in Millimetern	32 – 76	18 – 73	
Lat. Offset des Femurs postoperativ in Millimetern (Median)	45	48	
Spanne des lat. Offset des Femurs postoperativ in Millimetern	30 – 72	14 – 68	
Lat. Offset der Pfanne präoperativ in Millimetern (Median)	29	29	
Spanne des lat. Offset der Pfanne präoperativ in Millimetern	13 – 49	23 – 42	
Lat. Offset der Pfanne postoperativ in Millimetern (Median)	31	29	
Spanne des lat. Offset der Pfanne postoperativ in Millimetern	19 – 40	16 – 37	
Beinlängendifferenz präoperativ in Millimetern, Operateur (Median)	4	3	
Spanne der Beinlängendifferenz präoperativ in Millimetern, Operateur	0 – 23	0 – 34	
Beinlängendifferenz präoperativ in Millimetern, Vergleich (Median)	4	4	

Spanne der Beinlängendifferenz präoperativ in Millimetern, Vergleich	0 – 21	0 – 38	
Beinlängendifferenz postoperativ in Millimetern (Median)	5	4	
Spanne der Beinlängendifferenz postoperativ in Millimetern	0 – 18	0 – 19	

Tabelle 3: Ergebnisse

3.1 Lagerungsdauer

Für das **AMIS**-Verfahren waren im Median 12 Minuten für die **Lagerung** des Patienten und Positionierung auf dem Leg-Positioner notwendig. Für die **DAA**-Operationsmethode war es eine Lagerungszeit von 10 Minuten. Es ergab sich mit zwei Minuten mehr eine signifikant längere ($p = 0,001$) Lagerungsdauer bei der Operation mit der AMIS-Methode und dem Medacta Operationstisch.

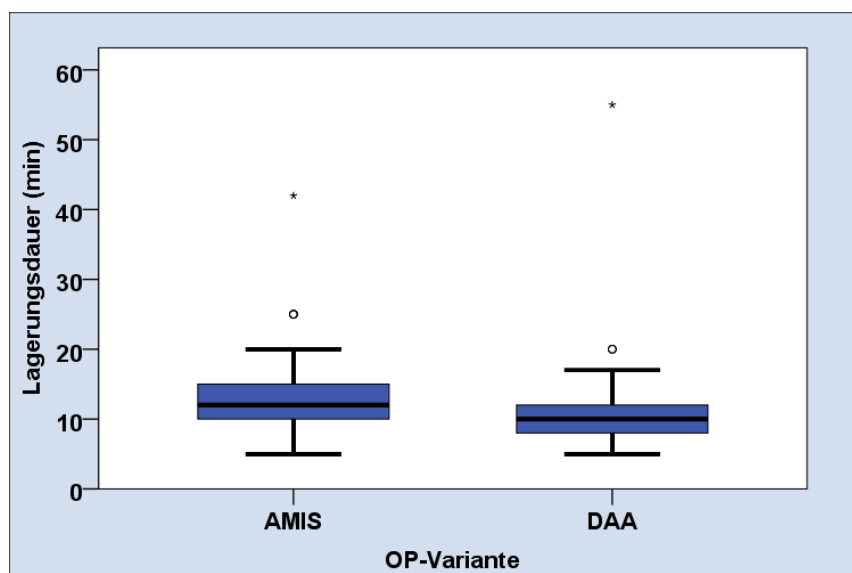


Abbildung 8: Lagerungsdauer AMIS vs. DAA

3.2 Operationsdauer

Bei der AMIS-Variante betrug die Dauer der Operation im Median 77,5 Minuten, die DAA-Variante dauerte im Median 3,5 Minuten länger, nämlich 81 Minuten.

Es ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,193$) in der Operationsdauer zwischen den verglichenen Operationsmethoden AMIS und DAA.

3.3 Prothesenteile

3.3.1 Pfanne

Bei der AMIS-Operation wurden zu 97 % Pfannen vom Typ Medacta verwendet. Präoperativ fand die Planung im Median mit Pfannen mit 52 mm Durchmesser statt, intraoperativ wurden 54 mm implantiert.

In der DAA-Methode stammten 90 % der Pfannen von der Firma Zimmer. Die Pfannengröße betrug in der Planung im Median 52 mm, implantiert wurden ebenfalls Pfannen mit 52 mm Durchmesser. Es wurden signifikant am häufigsten Pfannen vom Typ Medacta und Allofit verwendet ($p = 0,001$).

Der Zusammenhang zwischen den geplanten und den verwendeten Pfannengrößen lässt sich sowohl für die AMIS-Methode als auch für DAA grafisch darstellen:

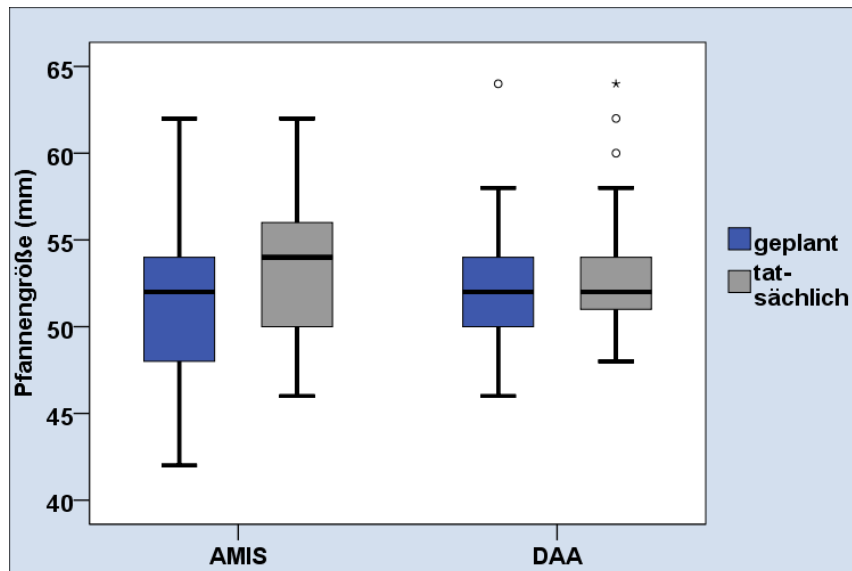


Abbildung 9: Vergl. Pfannengröße geplant – tatsächlich verwendet AMIS vs. DAA

3.3.2 Schaft

Bei der AMIS-Operationsvariante wurden zu 95 % Schäfte vom Typ AMI-Stem verwendet. Im Median wurde mit Schaftgröße 3 geplant, implantiert wurde die Schaftgröße 4.

Beim DAA-Verfahren war der Schaft zu 94 % vom Typ Fitmore. In der Planung wurde der Fitmore-Schaft mit der Größe 5 verwendet und auch eingesetzt.

Die signifikant am häufigsten ($p = 0,001$) verwendeten Schäfte sind vom Typ AMIS-Stem und Fitmore. Bei AMIS signifikant kleiner ($p = 0,001$) geplant mit Größe 3 und implantiert mit Größe 4 ($p = 0,001$), als bei DAA mit Größe 5 bei der Planung und Implantation.

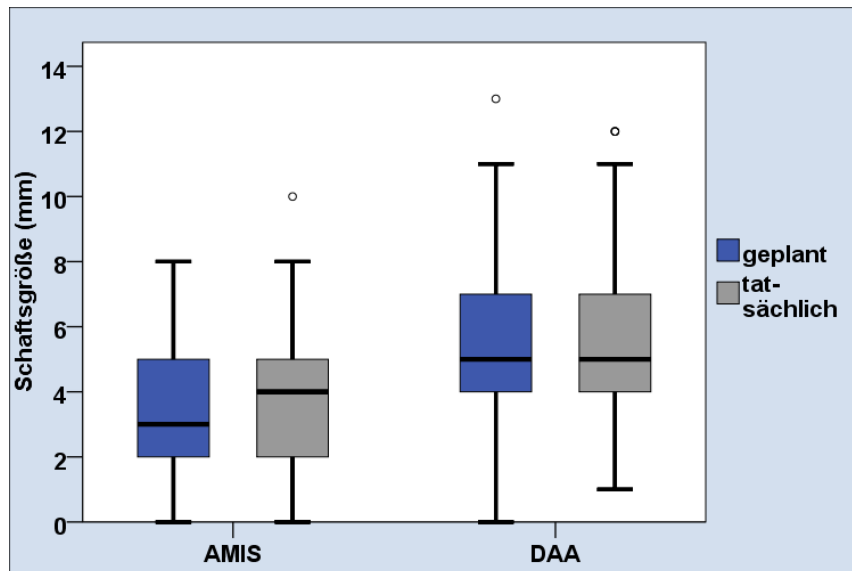


Abbildung 10: Vergl. Schaftgröße geplant – tatsächlich verwendet AMIS vs. DAA

3.3.3 Kopf

1. Die Kopfgröße, die im Median in der Planung für beide Operationsmethoden verwendet wurde, war 36 mm.
2. Die Kopfgröße M wurde anschließend bei beiden Operationsverfahren am häufigsten eingesetzt. Bei der AMIS-Methode wurden 32 % S, 43 % M, 22 % L und 3 % XL Kopfgröße verwendet; bei DAA waren es 9 % S, 52 % M, 28 % L und 11 % XL.

3.4 Beinlängendifferenz

Präoperativ reichte die von den Operateuren gemessene Beinlängendifferenz von 0 – 34 mm, im Median war eine Beinlängendifferenz von 3 mm feststellbar. Dasselbe Bild wurde in einer weiteren, vergleichenden Röntgenauswertung betrachtet. Dabei wurde eine Differenz von 0 – 38 mm festgestellt, der Median wies eine Differenz von 4 mm auf. Postoperativ lagen Unterschiede von 0 – 19 mm vor, der Median blieb bei 4 mm Beinlängendifferenz.

Beim AMIS-Operationsverfahren betrug die Beinlängendifferenz postoperativ im Median 0 mm, wobei der Bereich von einer Beinlängenverkürzung um 13 mm bis zu einer Verlängerung um 17 mm reichte.

Bei der DAA-Technik betrug die Beinlängendifferenz postoperativ insgesamt 1 mm, wobei die Spanne bei diesem Verfahren von 9 mm Beinlängenverkürzung bis zu 27 mm Verlängerung reichte.

Insgesamt besteht bei der DAA-Methode postoperativ ein signifikant höherer ($p = 0,043$) Beinlängenunterschied als bei der AMIS-Operationsmethode.

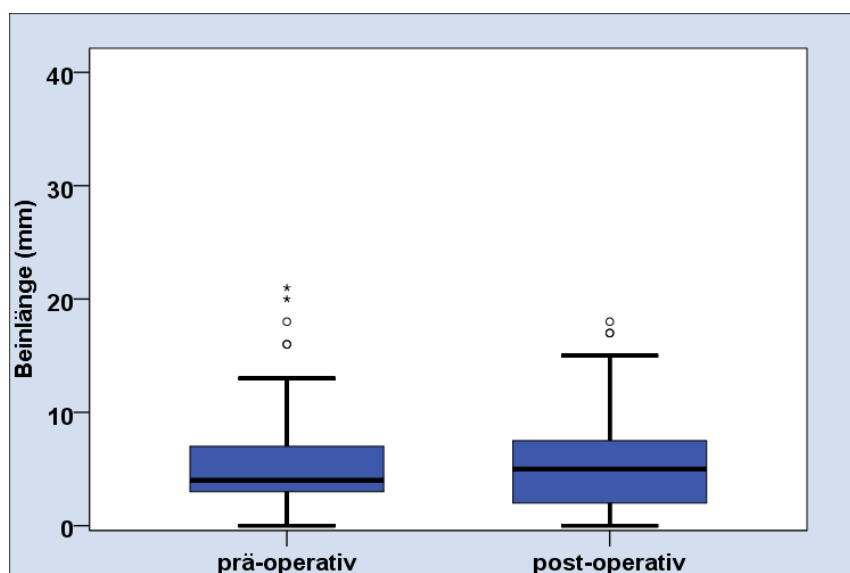


Abbildung 11: Beinlängendifferenz: AMIS

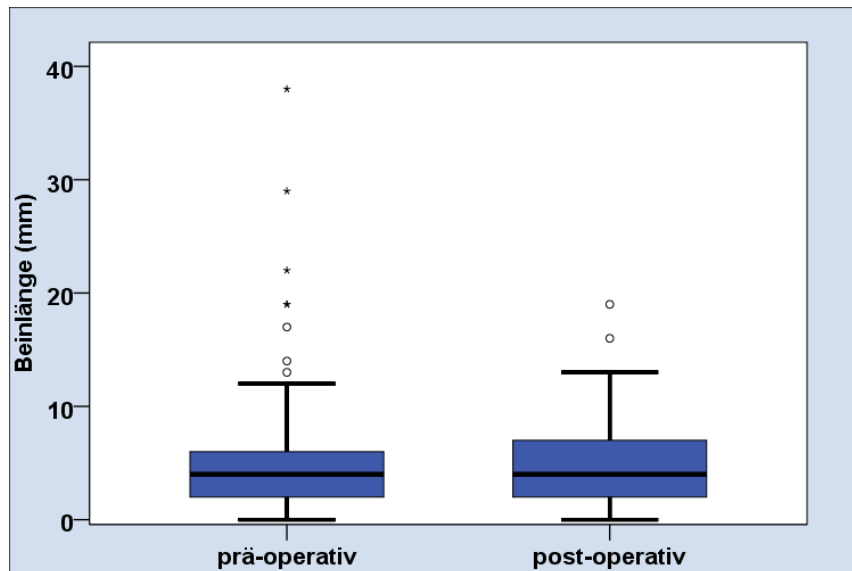


Abbildung 12: Beinlängendifferenz DAA

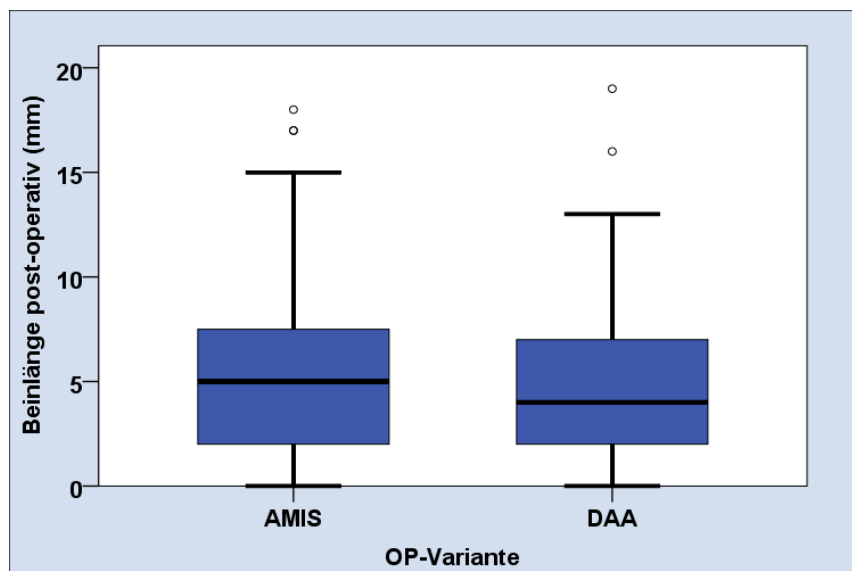


Abbildung 13: Beinlängendifferenz postoperativ AMIS vs. DAA

3.5 Laterales Offset

3.5.1 Laterales Offset des Femurs

Bei der AMIS-Operationsmethode betrug das laterale Offset des Femurs im Median 47,5 mm, wobei der minimale Wert bei 32 mm, der maximale Wert bei 76 mm lag. Bei der DAA-Methode

betrug das laterale Offset des Femurs präoperativ 50 mm und reichte von 18 mm bis 73 mm.

Postoperativ waren es mit DAA im Median 45 mm mit AMIS 48 mm.

Bei beiden Verfahren ist das laterale Offset des Femurs im Vergleich von präoperativ zu postoperativ signifikant geringer geworden ($p = 0,001$ / $p = 0,008$).

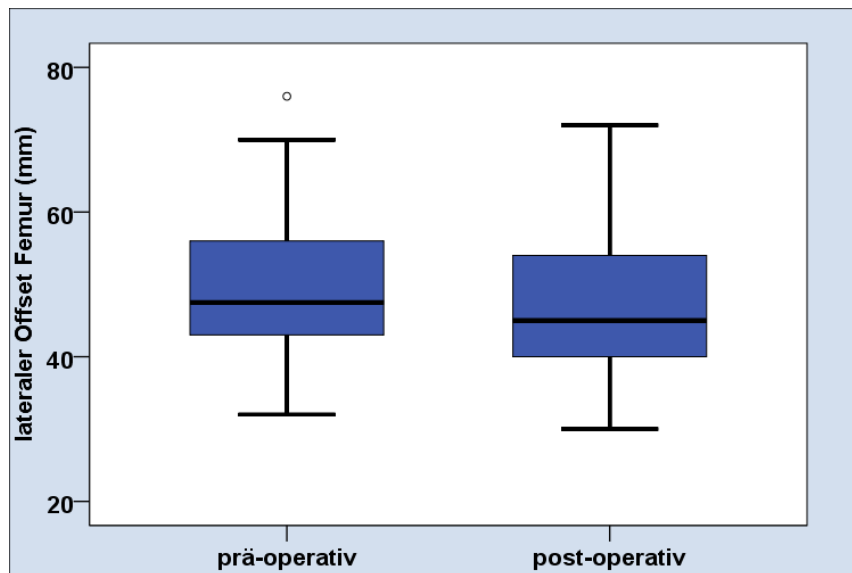


Abbildung 14: Laterales Offset Femur: AMIS

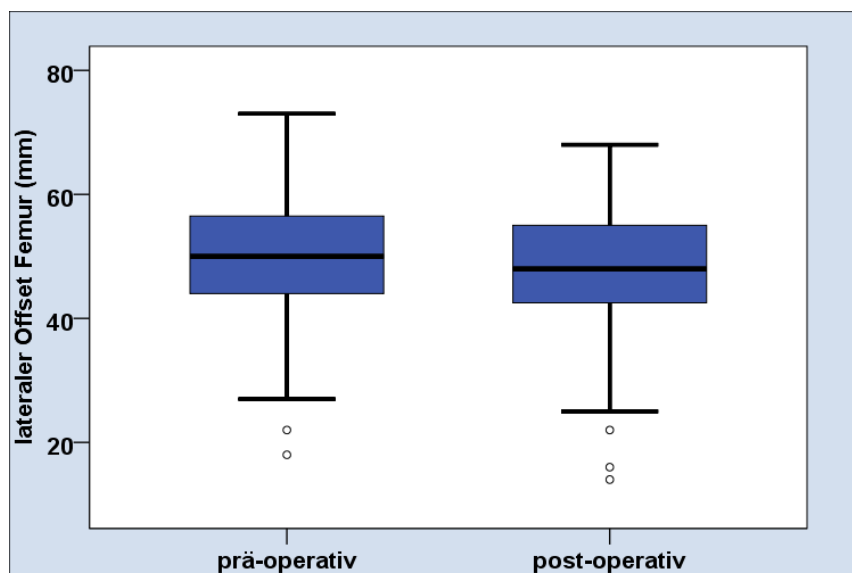


Abbildung 15: Laterales Offset Femur: DAA

3.5.2 Laterales Offset der Pfanne

Bei der AMIS-Methode stieg das laterale Offset der Pfanne im Median von 29 mm präoperativ auf 31 mm postoperativ. Das Ausmaß des Offset verringerte sich von 13 mm – 49 mm präoperativ auf postoperativ 19 mm – 40 mm.

Beim DAA-Operationsverfahren blieb das Offset postoperativ im Median unverändert bei 29 mm. Es wurde von präoperativ 23 mm – 49 mm auf postoperativ 16 – 37 mm korrigiert.

Bei der AMIS-Operationsmethode ist das postoperative Offset der Pfanne im Vergleich zum DAA-Operationsverfahren signifikant größer geworden ($p = 0,001$).

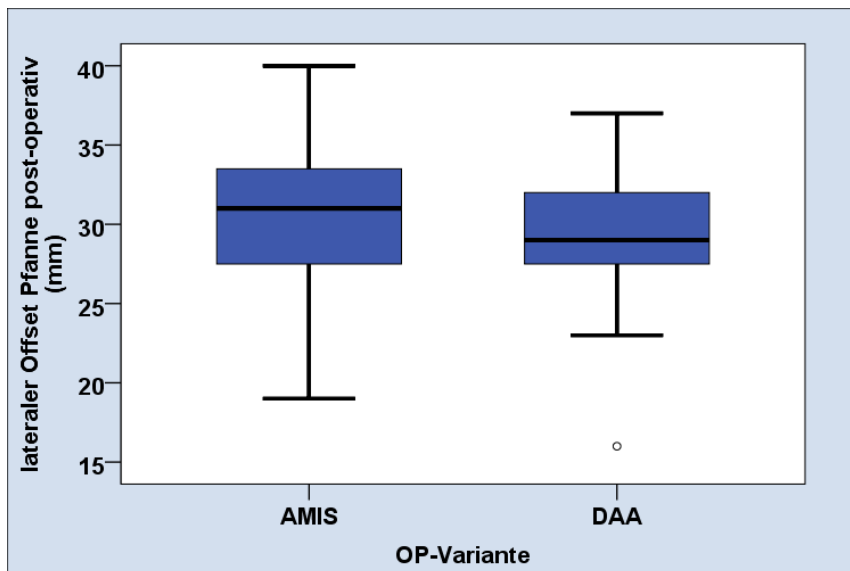


Abbildung 16: Laterales Offset der Pfanne postoperativ AMIS vs. DAA

3.6 Publikation

Die Ergebnisse dieser Studie wurden 2022 im Journal „in vivo“ veröffentlicht (Lenze et al. 2022).

4. Diskussion

Operationsverfahren werden ständig dahingehend weiterentwickelt, das Gewebetrauma möglichst gering zu halten. So nimmt die Bedeutung minimalinvasiver Operationstechniken auch in Zukunft weiter zu (Bopp 2015; Wernly et al. 2021). Für Ablauf und Ergebnis einer Operation spielt die Erfahrung des Operators eine wesentliche Rolle (Geest et al. 2015). Alle Operateure hatten bei den Eingriffen, die in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden, das Plateau ihrer Lernkurve erreicht (zertifizierte Senior-Hauptoperateure), sodass der individuelle Einfluss auf die Ergebnisse vernachlässigt wurde (Hallert et al. 2012; Leunig et al. 2013). Deshalb ist anzunehmen, dass die Operationsergebnisse erfahrener Operateure mit den Ergebnissen dieser Untersuchung übereinstimmen werden.

Die Röntgenaufnahmen wurden anhand der gültigen Qualitätskriterien angefertigt, die Messpunkte für diese Arbeit mit dem Vergleich von DAA und AMIS eindeutig festgelegt. Die Streubreite der Aufnahmepositionen liegt innerhalb der zulässigen Grenzen. Deshalb wurde ein Einfluss der eingesetzten Röntgentechnik auf die untersuchten Ergebnisse als vernachlässigbar angesehen.

4.1 Patientenkollektiv

Das untersuchte Patientenkollektiv umfasste 211 Patienten (113 Frauen und 98 Männer) mit einem durchschnittlichen Alter von 68 Jahren. Bei der AMIS-Operationstechnik betrug der Altersdurchschnitt der Patienten 68 Jahre, das Kollektiv bestand aus 46 % Frauen und 54 % Männern, 54 rechte und 50 linke HTEPs wurden eingesetzt. Die Patienten bei DAA waren durchschnittlich 67 Jahre alt, 47 % der Patienten Frauen, 53 % Männer, und es wurden 56 Operationen der rechten und 51 der linken Hüfte durchgeführt. Das Kollektiv der vorliegenden Untersuchung erweist sich durchschnittlich jünger und zeigt ein umgekehrtes

Geschlechterverhältnis als das in einer anderen Untersuchung von im Jahr 2016 operierten Patienten (Altersmedian der Frauen 73 Jahre, der Männer 69 Jahre, Anteil der weiblichen Patienten 60,4 % gegenüber 39,6 % Männer) (Grimberg A. et al. 2017). Damit unterscheidet sich das hier untersuchte Patientenkollektiv in den genannten Merkmalen auf die gleiche Weise von dem in einer weiteren Studie mitgeteilten Kollektiv, in welchem das Durchschnittsalter mit 69,7 Jahren höher und das Geschlechterverhältnis umgekehrt war (Bleß und Kip 2017). Die vorliegende Studie befasst sich ausschließlich mit zwei minimalinvasiven Operationsmethoden, wohingegen die beiden anderen Untersuchungen Erstoperationen zur Hüftendoprothetik mit sämtlichen Operationsverfahren auswerten. Rabenberg führt das unter anderem auf die höhere Prävalenz der Arthrose sowie die signifikant höhere Lebenserwartung von Frauen zurück (Rabenberg 2013). Vergleichbar mit dem Patientenalter dieser Studie betrug das Durchschnittsalter der Patienten mit minimalinvasivem Zugang in einer Studie von Matta et al. 64 Jahre (Matta et al. 2005), bei Hallert et al. 67,4 Jahre (Hallert et al. 2012) und bei Wernly et al. 68 Jahre (Wernly et al. 2021). Bei Lee et al. betrug es im Patientenkollektiv, das mit einem minimalinvasiven Zugang operiert wurde 65,4 Jahre, das Durchschnittsalter des Kollektivs mit posterolateralem Zugang war mit 68,4 Jahren hingegen höher (Lee et al. 2017). Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen Operationsmethode, Geschlechterverhältnis und/oder Altersdurchschnitt des Patientenkollektivs. Dieser demographische Unterschied muss bei der Ergebnisbewertung berücksichtigt werden. Im Rahmen dieser Arbeit werden jedoch nur postoperativ ausgewertete radiologische und prozedurale Parameter untersucht. Ein Einfluss des Geschlechtes und des Alters ist in diesem Zusammenhang als nicht relevant zu erachten.

4.2 Lagerungsdauer

Die unterschiedliche Lagerungsdauer bei DAA und AMIS wirkt sich trotz statistischer Signifikanz wegen ihres geringen Ausmaßes von zwei Minuten nicht auf das Operationsergebnis aus, ebenfalls nicht auf die prozedurale Ergebnisqualität. Die Literaturrecherche ergab zu diesem Thema kein weiteres Ergebnis. Bei der AMIS Operationsmethode ist ein Extensionstisch essenziell, durch dessen Einsatz sich die Lagerungsdauer um zwei Minuten verlängert. Wernly et al. untersuchten die Operationsdauer mit und ohne Extensionstisch, allerdings ohne getrennte Betrachtung der Lagerungsdauer (Wernly et al. 2021). Trotz des Mehraufwandes in der Verwendung eines Extensionstisches, auch im Hinblick auf Anschaffung, Verwaltung, Sterilisation und Pflege lässt sich bei der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zum DAA postoperativ kein besseres Ergebnis nachweisen.

4.3 Operationsdauer

Zwischen den beiden untersuchten minimalinvasiven Operationsverfahren AMIS und DAA ist der Unterschied der Operationsdauer statistisch nicht signifikant (Median AMIS mit 77,5 Minuten um 3,5 Minuten kürzer als DAA). Das arithmetische Mittel der Operationszeiten beider Verfahren beträgt 83 Minuten.

In zwei Studien, die ausschließlich den direkt anterioren Zugangsweg betrachteten, wurden durchschnittliche Operationszeiten von 71 Minuten (37 – 112 Minuten) und 73 Minuten (39 – 119 Minuten) dokumentiert (Unger et al. 2013; Unger et al. 2014). Eine andere Studie von De Anta-Diaz et al. wurde die mittlere Operationszeit mit 82,2 Minuten angegeben (Anta-Díaz et al. 2016). Woolson et al. berichten von einer durchschnittlichen Operationszeit von 164 Minuten für einen minimalinvasiven anterioren Zugangsweg unter Zuhilfenahme eines Fraktur-

Tisches, wobei die Operateure noch am Anfang ihrer Lernkurve standen (Woolson et al. 2009). Die Studie von Matta et al. dokumentiert eine Operationszeit von durchschnittlich 75 Minuten unter Verwendung eines minimalinvasiven Zugangs und eines orthopädischen Operationstisches (Aichmair und Dominkus 2019; Matta et al. 2005), bei Gebel et al. beträgt die durchschnittliche Operationszeit 81 min (55 – 130 Minuten) (Gebel et al. 2012). Bei Schneider et al. lag die durchschnittliche Operationszeit für den DAA mit Extensionstisch bei 80 Minuten (45 – 200 Minuten) (Schneider et al. 2012). Eine Studie von Knoth et al. berichtet über eine verlängerte Operationszeit mit erhöhter intraoperativer Komplikationsrate und postoperativer Beinlängendifferenz (Knoth et al. 2020).

Beim Vergleich von minimalinvasivem DAA und posterolateralem Zugang ermittelten Bergin et al. beim DAA eine signifikant kürzere Operationsdauer von 78 Minuten im Vergleich zum posterolateralen Zugang mit 118 Minuten (Bergin et al. 2011). Hingegen ergaben sich bei Barrett et al. für den DAA eine um 23,8 Minuten signifikant längere OP-Dauer von 84,3 Minuten (Barrett et al. 2013), in einer weiteren Studie für den DAA eine um 22 Minuten längere OP-Dauer von 110 Minuten ($p = 0,1452$) (Lee et al. 2017). Andere Studien vergleichen einen direkt anterioren Zugang mit verschiedenen anderen Zugangswegen und stellen eine um über 20 % verlängerte Operationsdauer fest (141 Minuten gegenüber 114 Minuten) (Connolly und Kamath 2016; Martin et al. 2013).

Trinh et al. verglichen den anterioren Zugang mit den konventionellen Zugangswegen anterolateral, posterior und lateral. Die durchschnittliche Operationsdauer beim anterioren Zugangsweg betrug 98,7 Minuten, die der anderen 96,5 Minuten ($p = 0,76$) (Trinh et al. 2015), bei Tsukada & Wakui dauerte die Operation mit DAA durchschnittlich 75,1 ($\pm 19,2$) Minuten, mit konventionellem Zugang 79,3 ($\pm 15,2$ min) Minuten ($p = 0,27$) (Tsukada und Wakui 2010). Somit zeigen sich in der Literatur deutliche Unterschiede bei den Operationsdauern. Die Unterschiede können mit der fehlenden Definition der Operationszeit bei den unterschiedlichen

Quellen zusammenhängen. Auch kann die Erfahrung der Operateure eine Rolle spielen, da in der Literatur eine ausgeprägte Lernkurve für den minimalinvasiven direkten anterioren Zugang beschrieben ist (Woolson et al. 2004). Zudem sind bei direktem anterioren Zugang die Möglichkeiten von speziellen Instrumentarien gegeben (z.B. Extensionstisch beim AMIS). Insgesamt liegt die durchschnittliche Operationsdauer von etwa 80 Minuten in der vorliegenden Studie im Bereich der Ergebnisse anderer Studien. Die Studie von Wernly et al. mit dem Vergleich von DAA mit und ohne Extensionstisch kommt auch zu dem Ergebnis, dass die Verwendung eines Extensionstisches die Operationsdauer zwar um 9 Minuten verlängert, diese Dauer aber nicht signifikant ist (Wernly et al. 2021). Die ursprüngliche Annahme dieser Studie, dass die Operationsdauer mit Verwendung eines Extensionstisches signifikant länger sei, wurde nicht bestätigt.

4.4 Prothesenteile

Die Auswahl der Prothesenteile ist von Bedeutung, da sie essenzielle Auswirkung auf den postoperativen Bewegungsumfang, Lockerungen und Dislokationen, persistierende Hüftschmerzen, Abrieb der Komponenten und somit die Überlebensdauer der HTEP hat (Effenberger et al. 2005).

4.4.1 Pfanne

Bei der AMIS-Operation wurden zu 97 % Pfannen vom Typ Versafit der Firma Medacta verwendet, der Durchmesser betrug im Median 54 Millimeter. Die Firma Medacta produziert ebenso den für AMIS essenziellen Extensionstisch. In der DAA-Methode sind 90 % der Pfannen vom Typ Allofit der Firma Zimmer und die Größe betrug im Median 52 mm Millimeter.

In einer Studie von Lübbecke et al. hatten Patienten nach HTEP ein doppelt so hohes Dislokationsrisiko bei inserierten Pfannen mit einem Durchmesser von 56 mm oder größer im Vergleich zu kleineren Pfannen (alle mit Insertion eines 28 mm Prothesenkopfes) (Peter et al., 2011).

4.4.2 Schaft

Die verwendeten Schäfte bei der AMIS-Operationsverfahren waren zu 95,2 % vom Typ AMI-Stem und im Median Schaftgröße 4. Beim DAA-Verfahren war der Schaft zu 94,4 % vom Typ Fitmore mit der Größe 5. Amenabar et al. werteten Prothesen nach HTEP aus, wobei sich im Median eine Insertion der Schaftgröße 3 herausstellte (Amenabar et al. 2015). In einer Studie von Dundon et al. wurden die Schaftgrößen nach HTEP von Frauen und Männern verglichen und es zeigte sich, dass bei Männern die signifikant höheren Schaftgrößen verwendet wurden als bei Frauen (9,2 zu 6,7; $p = 0,0001$), wobei die Schaftgrößen nicht normiert sind und mit den in dieser Studie verwendeten Schäften verglichen werden können (Dundon et al., 2018). Die Vergleichbarkeit der Studien ist aufgrund unterschiedlicher Größennomenklatur der Hersteller nicht eindeutig nachvollziehbar. Der Vergleich der vorliegenden Untersuchung mit der Studie von Amenabar et al. liefert ähnliche Ergebnisse. Deshalb ist anzunehmen, dass die inserierten Schaftgrößen dieser und anderer Studien vergleichbar sind und das Ausmaß der Unterschiede keine funktionellen Auswirkungen hat.

4.4.3 Kopf

In der vorliegenden Studie wurden sowohl bei DAA als auch bei AMIS zu 74 % 36 mm Köpfe verwendet. 2016 wurde deutschlandweit die Implantation von 34,9 % Prothesenköpfen mit 36 mm dokumentiert, hingegen 57,0 % mit 32 mm (Grimberg A. et al. 2017). Der Anteil von Köpfen mit 28 mm Durchmesser betrug 7,9 % (Grimberg A. et al. 2017). Von 2014 bis 2017

ist der Anteil der implantierten 36 mm Köpfe von 29,3 % auf 35,9 % angestiegen (Alexander Grimberg et al., 2018). Dieser Unterschied kann durch das Geschlechterverhältnis erklärt werden. Bei Frauen werden häufig kleinere Kopfgrößen eingesetzt als bei Männern, und in der hier vorliegenden Arbeit (47 % Frauen, 53 % Männer) ist die Geschlechterverteilung zugunsten der Männer umgekehrt wie in anderen Studien, in denen eine höhere Prävalenz der HTEP bei Frauen vorliegt.

In der Studie von Woolson et al. wurden in 89 % der Patientenfälle Prothesenköpfe mit 28 mm implantiert, die anderen 11 % hatten im Durchmesser 22, 26, oder 32 mm (Woolson et al. 1999). Prothesenköpfe mit mindestens 32 mm Durchmesser bieten einen größeren Bewegungsumfang (Burroughs et al. 2005; Effenberger et al. 2005).

Woo und Morrey berichten, dass es keine Unterschiede in der Dislokationsrate von 22 mm Prothesenköpfen verglichen mit 32 mm Köpfen gibt (Woo & Morrey, 1982). Im Gegensatz dazu berichten Pedersen et al. von einer signifikant höheren Dislokationsrate bei 22 mm Köpfen im Vergleich zu 28 mm Durchmesser (Pedersen et al., 2001). Bei Stroh et al. wird die Dislokationsrate von Prothesenköpfen größer und kleiner als 36 mm 5 Jahre postoperativ untersucht und es zeigt sich, dass eine signifikant höhere Dislokationsrate bei Patienten mit kleineren Prothesenköpfen auftrat ($p=0,036$) (Stroh et al., 2013).

Bei korrekter Pfannen- und Stil-Position kann mit mindestens 32 mm Prothesenköpfen ein optimales Bewegungsausmaß erreicht werden (Effenberger et al. 2005). Eine Studie, die den Bewegungsumfang nach HTEP und Einbringen verschiedener Hüftköpfe und Schäfte verglich, kam zu dem Ergebnis, dass vor allem das Durchtrennen der Ligamente eine Hypermobilität verursacht und nicht die Größenunterschiede der eingesetzten Köpfe (van Arkel et al. 2018).

Die verwendeten Prothesenteile haben einen Einfluss auf das Operationsergebnis, weil sie sich auf die Dislokationsrate und den Bewegungsumfang auswirken. Die in dieser Studie verwendeten Teile entsprechen dem, was auch in der Literatur berichtet wird.

4.5 Beinlängendifferenz

Es gibt keinen Konsens, ob die minimalinvasiven Zugangswege im Vergleich zu den konventionellen ein besseres operatives und funktionelles Resultat liefern. In einer Studie von Röder et al. wurde bei 5 % der operierten Patienten eine Beinlängen-Vergrößerung um mindestens 10 mm dokumentiert, bei 3 % eine Verkürzung des operierten Beins um mindestens 10 mm. Von den Patienten mit einer Verlängerung hatten 54 % ein Jahr nach Operation noch funktionelle Beeinträchtigungen, bei einer Beinlängenverkürzung waren es 63 %. Die Patienten mit Verkürzung waren eher nicht in der Lage, eine Stunde lang zu laufen, hinkten und waren unzufrieden, wohingegen die Patienten mit Verlängerung stärkere Schmerzen hatten (Röder et al. 2012). Ranawat et al. geben an, dass eine Vergrößerung der Beinlänge für Patienten merklicher spürbar ist als die Verkleinerung (Ranawat et al. 2001).

Bei Dastane et al. wird eine postoperative Beinlängendifferenz von ± 3 mm als tolerierbar angesehen (Dastane et al. 2011). Clement et al. geben an, dass eine postoperative Beinlängendifferenz bis zu 1 cm akzeptiert wird, Differenzen bis zu 2 cm sind physiologisch und subjektiv tolerierbar (Clement et al. 2016).

Folgen des postoperativen Beinlängenunterschiedes nach HTEP können Schmerzen (Plaaß et al. 2011), Missempfindungen, Osteoarthritis in Hüfte und Knie der kontralateralen Körperseite und Instabilität beim Gehen und Stehen sein (Golightly et al. 2009; Gurney 2002).

Die postoperative Beinlängendifferenz zwischen DAA und AMIS betrug in dieser Arbeit weniger als 1 mm (AMIS 5,46 mm; DAA 4,50 mm). Diese Differenz ist so gering, dass sie trotz der statistischen Signifikanz keine funktionelle Auswirkung hat (Gurney 2002; Renkawitz

et al. 2016). Auch präoperativ bestand keine nennenswerte Beinlängendifferenz zwischen den beiden Patientenkollektiven (AMIS 5,52 mm; DAA 5,46 mm).

Die durchschnittliche präoperative Beinlängendifferenz betrug in einer Untersuchung von Woolson et al. – 2,9 mm (– 54 bis + 21 mm), postoperativ belief sie sich auf durchschnittlich 1 mm (– 20 bis + 22 mm, durchschnittlich $\pm 4,7$ mm). Die Beinlänge veränderte sich durchschnittlich um + 2,5 mm (– 16 bis + 58 mm) (Woolson et al. 1999). In einer Studie von Al-Amiry et al. wurde die postoperative Beinlängendifferenz von bis zu 10 mm als korrekt rekonstruiert ausgewertet. So ergab sich bei 15 % der Patienten postoperativ ein Unterschied (durchschnittlich um + 2 mm), bei 72 % dieser Patienten eine Verlängerung des operierten Beins (Al-Amiry et al. 2019). Die Patienten, die präoperativ ein über 10 mm verlängertes Bein hatten, hatten postoperativ eine größere Beinlängendifferenz als diejenigen mit weniger als 10 mm Differenz ($p = 0,055$) (Woolson et al. 1999). Wylde et al. geben an, dass nach HTEP bei durchschnittlich 30 % der Patienten eine Beinlängendifferenz vorliegt (Wylde et al. 2009), bei Desai et al. trifft es in 1 % bis 27 % der Patientenfälle zu, die Differenz reicht dabei von 3 mm bis 70 mm (Desai et al. 2013).

Wurden technische Hilfsmittel eingesetzt, um die Genauigkeit der Rekonstruktion zu verbessern, ergab sich folgendes: Bei der Auswertung von Operationen, die mit einem orthopädischen Operationstisch durchgeführt wurden, zeigten sich in einer Studie von Matta et al. postoperativ Beinlängendifferenzen von $3 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ (Matta et al. 2005). Weber et al. verglichen Beinlänge und Offset bei HTEP mit und ohne Pin-Navigation. Es zeigte sich, dass kein signifikanter Unterschied in der Rekonstruktion der Parameter feststellbar war, wobei die absolute Beinlängendifferenz $1,7 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$ mit Navigationspins und $5,5 \text{ mm} \pm 3,9 \text{ mm}$ ohne Navigationshilfe betrug (Weber et al. 2018). Durch die Anwendung von Pins, Messschiebern oder Linealen zur exakten Beinlängenrekonstruktion konnte auch bei Guica et al. keine höhere Genauigkeit festgestellt werden (Guica et al. 2012). Die exakte Messung setzt

eine akkurate Repositionierung des Beins in Abduktion, Flexion und Rotation voraus (Ranawat et al. 2001). Durch abweichende Patientenpositionierung können klinische Beinlängenabweichungen von 8 bis 17 mm provoziert werden (Sarin et al. 2005). Eine exakte Planung scheint die grundlegende Voraussetzung für die Beinlängenrekonstruktion zu sein (Desai et al. 2013).

In einer Studie von Wernly et al., die ebenfalls Unterschiede in der Operation mit DAA mit und ohne Extensionstisch verglich, wurde bei vergleichbarer Komplikationsrate eine signifikant genauere Beinlänge bei Operationen ohne Extensionstisch erreicht (Wernly et al. 2021).

4.6 Laterales Offset

4.6.1 Laterales Offset des Femurs

Ein postoperativer Unterschied des Offsets kann durch Mängel in der präoperativen Planung und Fehler in der Platzierung der femoralen und / oder der acetabulären Komponente (Sykes et al. 2015) entstehen. Beim lateralen Offset des Femurs bestand zwischen DAA und AMIS präoperativ ein nicht signifikanter Unterschied von 2,5 mm (im Median AMIS 47,5 mm; DAA 50,0 mm). Postoperativ verkleinerte sich das laterale Offset des Femur bei AMIS um 2,5 mm und bei DAA um 2 mm, (im Median AMIS 45,0 mm; DAA 48,0 mm). Der Unterschied blieb nicht signifikant.

In einer Studie von Al-Amiry et al. wurde das femorale Offset prä- und postoperativ verglichen, eine Differenz von bis zu 5 mm wurde dabei als korrekt angesehen. Bei 55 % der Patienten war die Differenz des femoralen Offset postoperativ größer als dieser Wert (im Median um - 2 mm), in 63 % der Patientenfälle verkleinerte sich das Offset (Al-Amiry et al. 2019).

Asayama et al. zeigen auf, dass bei einer Verringerung des femoralen Offset (Angabe der prozentualen Veränderung) ein verstärktes postoperatives Hinken feststellbar war (Asayama et al. 2002).

4.6.2 Laterales Offset der Pfanne

Das laterale Offset der Pfanne vergrößerte sich bei der AMIS-Operationsmethode signifikant um 2 mm (im Median von 29 mm auf 31 mm), bei DAA blieb es unverändert (29 mm im Median).

Die Studie von Clement et al. kam zu dem Ergebnis einer signifikanten postoperativen Verkleinerung des acetabulären Offsets von präoperativ 36,4 mm um 5,3 mm ($p = 0,001$) und Vergrößerung des femoralen Offsets (durchschnittlich um 6,1 mm), die sich im Gesamtergebnis beinahe ausglich und ohne funktionelle Auswirkungen blieb (Clement et al. 2016). Bei der AMIS-Operationsmethode gleichen sich in der vorliegenden Untersuchung die postoperativen Veränderungen des Offset von Femur und Pfanne aus, weshalb anzunehmen ist, dass keine funktionellen Auswirkungen zu erwarten sind.

4.6.3 Laterales Offset Gesamtbetrachtung

In der hier vorliegenden Studie verkleinerte sich das absolute laterale Offset beim DAA Operationsverfahren um 2 mm (im Median von 79 mm auf 77 mm) und bei AMIS um 0,5 mm (im Median von 76,5 mm auf 76 mm). Diese geringe Differenz wirkt sich laut Studien nicht auf den postoperativen Bewegungsablauf aus (Renkawitz et al. 2016) und begründet deshalb keinen funktionellen Unterschied zwischen beiden Operationsmethoden (Dastane et al. 2011; Ellapparadja et al. 2015; Renkawitz et al. 2016).

Gebel et al. berichten von einer femoralen Offsetveränderung von 45,8 mm auf 46,3 mm und einer Gesamtoffset-Veränderung von 75 mm auf 74 mm für einen minimalinvasiven anterioren

Zugangsweg unter Zuhilfenahme eines Fraktur-Tisches (Gebel et al. 2012). In einer Studie von Dastane et al. ohne Berücksichtigung des Zugangsweges änderte sich das präoperative Hüft-Offset von -12 mm bis $+21$ mm (durchschnittlich $1,5$ mm) zu postoperativ $1,4 \pm 6,4$ mm (Dastane et al. 2011). In der Studie von Innmann et al., die die Positionierung der Komponenten bei lateralem und minimalinvasivem Zugang und damit die Auswirkung auf das Offset vergleicht, wurde deutlich, dass sich durch einen unterschiedlichen Zugangsweg postoperativ keine Differenzen ergaben (Innmann et al. 2015). Die Rekonstruktion des Offsets korreliert mit der Hüftstabilität, dem Bewegungsumfang, der Abduktor-Funktionalität und einer geringeren Materialabnutzung (Renkawitz et al. 2016). Ältere Studien bringen an, dass eine Offset-Vergrößerung eine vergrößerte Abduktionsbewegung sowie Abduktorstärke und eine höhere Stabilität aufgrund der Gewebespannung hervorruft (McGrory et al. 1995). Bei Liebs et al. zeigte sich auch, dass Patienten mit einem vergrößertem Offset (5 mm) ein signifikant besseres Schmerz-Ergebnis hatten als die Patienten mit insgesamt verringerten Offset (Liebs et al. 2014). In einer Studie von Renkawitz et al. konnte bei $42,3$ % der operierten Patienten eine postoperative Offset- und Beinlängendifferenz von < 5 mm erreicht werden (Renkawitz et al. 2016). Die Ergebnisse dieser Studie sind mit einer geringen Reduktion des Offsets insgesamt akzeptabel. Es ist nicht ausgeschlossen, dass ein bislang unbekannter systemischer Fehler in der OP-Technik zu dieser Reduktion führt, da er in beiden Gruppen auftritt. Dieses Ergebnis wurde jedoch nicht weiter untersucht, da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf dem Vergleich zwischen DAA und AMIS liegt.

Die Messung des Offsets in dieser Arbeit bezieht sich zudem auf eine auf dem Röntgenbild gemessene Strecke und berücksichtigt nicht die individuelle Patientenposition, femorale Rotation und Pfanneninklination. Computertomographische Auswertungen könnten hierfür eine noch genauere Messung ermöglichen (Weber et al. 2014).

5. Zusammenfassung

DAA und AMIS sind zwei minimalinvasive Zugangswege für die HTEP-Implantation. In der vorliegenden Untersuchung wurden zur Beurteilung von Beinlängendifferenz und Offset, Lagerungs- und Operationsdauer die Daten von 211 Patienten erhoben und ausgewertet. Präoperativ erfolgten bei allen Patienten die klinische und radiologische Untersuchung sowie eine digitale Planung der Prothesenteile im Röntgenbild. Für die Operationen mit einem AMIS-Extensionstisch ergab sich eine signifikant längere Lagerungsdauer von zwei Minuten und ein postoperativ um zwei Millimeter vergrößertes laterales Offset der Pfanne. Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich in der Operationsdauer sowie der Rekonstruktion des femoralen Offsets. Bei der DAA lag postoperativ eine signifikant größere Beinlängendifferenz von einem Millimeter vor als bei der AMIS Operationsmethode.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es trotz der dargestellten signifikanten Unterschiede der beiden Operationsverfahren DAA und AMIS keine funktionell bedeutsamen Auswirkungen auf die Lagerungs- und Operationsdauer und Rekonstruktion des Offsets und der Beinlänge gibt. Die derzeitige Datenlage lässt keine Schlüsse zu, dass eine der beiden Operationsmethoden der anderen überlegen ist.

Die statistisch signifikanten Unterschiede der beiden Operationsverfahren DAA oder AMIS haben keine Auswirkung auf die angestrebte Präzision des Operationsergebnisses. AMIS und DAA führen somit bei der HTEP, sowohl was den Eingriff selbst betrifft (Lagerungs- und OP-Dauer) als auch in Bezug auf die radiologisch auswertbaren postoperativen Parameter zu vergleichbaren Ergebnissen.

Literaturverzeichnis

Abdulkarim, A.; Ellanti, P.; Motterlini, N.; Fahey, T.; O'Byrne, J. M. (2013): Cemented versus uncemented fixation in total hip replacement. *Orthopaedic Reviews*, 5 (1).

Abraham, W. D.; Dimon, J. H. (1992): Leg length discrepancy in total hip arthroplasty. *Orthopaedic Clinics of North America*, 23 (2), S. 201–209.

Aichmair, A.; Dominkus, M. (2019): Hüftendoprothetik im Wandel der Zeit. *Journal für Mineralstoffwechsel & Muskuloskelettale Erkrankungen*, 26 (3), S. 88–91.

Al-Amiry, B.; Pantelakis, G.; Mahmood, S.; Kadum, B.; Brismar, T. B.; Sayed-Noor, A. S. (2019): Does body mass index affect restoration of femoral offset, leg length and cup positioning after total hip arthroplasty? *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20 (1), S. 422.

Alecci, V.; Valente, M.; Crucil, M.; Minerva, M.; Pellegrino, C.-M.; Sabbadini, D. D. (2011): Comparison of primary total hip replacements performed with a direct anterior approach versus the standard lateral approach. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 12 (3), S. 123–129.

Amenabar, T.; Marimuthu, K.; Hawdon, G.; Gildone, A.; McMahon, S. (2015): Total hip arthroplasty using a short-stem prosthesis: restoration of hip anatomy. *Journal of Orthopaedic*, 23 (1), S. 90–94.

Anta-Díaz, B. de; Serralta-Gomis, J.; Lizaur-Utrilla, A.; Benavidez, E.; López-Prats, F. A. (2016): No differences between direct anterior and lateral approach for primary total hip arthroplasty related to muscle damage or functional outcome. *International Orthopaedics*, 40 (10), S. 2025–2030.

Asayama, I.; Naito, M.; Fujisawa, M.; Kambe, T. (2002): Relationship between radiographic measurements of reconstructed hip joint position and the Trendelenburg sign. *Journal of Arthroplasty*, 17 (6), S. 747–751.

Barrett, W. P.; Turner, S. E.; Leopold, J. P. (2013): Prospective randomized study of direct anterior vs postero-lateral approach for total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 28 (9), S. 1634–1638.

Bergin, P. F.; Doppelt, J. D.; Kephart, C. J.; Benke, M. T.; Graeter, J. H.; Holmes, A. S.; Haleem-Smith, H.; Tuan, R. S.; Unger, A. S. (2011): Comparison of minimally invasive direct anterior versus posterior total hip arthroplasty based on inflammation and muscle damage markers. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 93 (15), S. 1392–1398.

Bleß, H.-H.; Kip, M. (Hg.) (2017): *Weißbuch Gelenkersatz*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Bopp, F. (2015): Minimalinvasive Zugangswege zur Hüfte. *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis*, (2), S. 85–89.

Burroughs, B. R.; Hallstrom, B.; Golladay, G. J.; Hoeffel, D.; Harris, W. H. (2005): Range of motion and stability in total hip arthroplasty with 28-, 32-, 38-, and 44-mm femoral head sizes. *Journal of Arthroplasty*, 20 (1), S. 11–19.

Chechik, O.; Khashan, M.; Lador, R.; Salai, M.; Amar, E. (2013): Surgical approach and prosthesis fixation in hip arthroplasty world wide. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 133 (11), S. 1595–1600.

Clement, N. D.; S Patrick-Patel, R.; MacDonald, D.; Breusch, S. J. (2016): Total hip replacement: increasing femoral offset improves functional outcome. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 136 (9), S. 1317–1323.

Clohisy, J.; Beaulé, P.; DellaValle, C. (2015): *The Adult Hip*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

Connolly, K. P.; Kamath, A. F. (2016): Direct anterior total hip arthroplasty. *World Journal of Orthopedics*, 7 (2), S. 94–101.

Dargel, J.; Oppermann, J.; Brüggemann, G.-P.; Eysel, P. (2014): Dislocation following total hip replacement. *Deutsches Ärzteblatt*, 111 (51-52), S. 884–890.

Dastane, M.; Dorr, L. D.; Tarwala, R.; Wan, Z. (2011): Hip offset in total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469 (2), S. 429–436.

Desai, A. S.; Dramis, A.; Board, T. N. (2013): Leg length discrepancy after total hip arthroplasty. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 6 (4), S. 336–341.

Effenberger, H.; Imhof, M.; Richolt, J.; Rehart, S. (2004): Zementfreie Hüftpfannen. *Der Orthopäde*, 33 (6).

Effenberger, H.; Imhof, M.; Witzel, U.; Rehart S. (2005): Zementfreie Hüftschäfte. *Der Orthopäde*, 34 (5).

Ellapparadja, P.; Mahajan, V.; Deakin, A. H.; Deep, K. (2015): Reproduction of Hip Offset and Leg Length in Navigated Total Hip Arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 30 (6), S. 1002–1007.

Faldini, C.; Miscione, M. T.; Chehrassan, M.; Acri, F.; Pungetti, C.; d'Amato, M.; Luciani, D.; Giannini, S. (2011): Congenital hip dysplasia treated by total hip arthroplasty using cementless tapered stem in patients younger than 50 years old. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 12 (4), S. 213–218.

Ficklscherer, A. (2017): *BASICS Orthopädie und Traumatologie*. München: Elsevier.

Fink, B.; Grossmann, A. (2008): Technik der Implantation einer zementlosen Pressfit-Pfanne bei Pfannenrevisionen mit grösseren Knochendefekten. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 20 (2), S. 157–167.

Fukunishi, S.; Nishio, S.; Fujihara, Y.; Okahisa, S.; Takeda, Y.; Fukui, T.; Yoshiya, S. (2016): Accuracy of combined anteversion in image-free navigated total hip arthroplasty. *International Orthopaedics*, 40 (1), S. 9–13.

Gebel, P.; Oszwald, M.; Ishaque, B.; Ahmed, G.; Blessing, R.; Thorey, F.; Ottersbach, A. (2012): Process optimized minimally invasive total hip replacement. *Orthopaedic Reviews*, 4 (1), e3.

Geest, T. de; Fennema, P.; Lenaerts, G.; Loore, G. de (2015): Adverse effects associated with the direct anterior approach for total hip arthroplasty: a Bayesian meta-analysis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 135 (8), S. 1183–1192.

Goeltz, F.; Malzkorn, R. G.; Plaaß, C.; Schmidt-Horlohé, K. H.; Stukenborg-Colsman, C.; Thorey, F. (2019): *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Golightly, Y. M.; Allen, K. D.; Helmick, C. G.; Renner, J. B.; Jordan, J. M. (2009): Symptoms of the knee and hip in individuals with and without limb length inequality. *Osteoarthritis and Cartilage*, 17 (5), S. 596–600.

Gollwitzer, H. (2018): Die minimal-invasive AMIS-Technik zur Implantation von Hüftprothesen. *Der Orthopäde*, 47 (9), S. 782–787.

Grimberg A.; Jansson V.; Liebs T.; Melsheimer O.; Steinbrück A. (2017): *Endoprothesenregister Deutschland: Jahresbericht 2016*. New York: Georg Thieme Verlag.

Gross, R. H. (1978): Leg length discrepancy - How much is too much? *Orthopaedics*, 1 (4), S. 307–310.

Guica, R. I.; Trifan, L.; Micu, A. C. (2012): A Comparative Analysis of Orthopedic Measuring Methods. *DAAAM International*, (23), S. 355–360.

Gurney, B. (2002): Leg length discrepancy. *Gait & Posture*, 15 (2), S. 195–206.

Hallert, O.; Li, Y.; Brismar, H.; Lindgren, U. (2012): The direct anterior approach: initial experience of a minimally invasive technique for total hip arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 7, S. 17.

Harrasser, N.; Eisenhart-Rothe, R.; Biberthaler, P. (2016): *Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Henky, P. (2007): The anterolateral Watson Jones approach in total hip replacement in the supine position. *Interactive Surgery*, 2 (3-4), S. 138–143.

Howell, J. R.; Garbuz, D. S.; Duncan, C. P. (2004): Minimally invasive hip replacement. *Orthopaedic Clinics of North America*, 35 (2), S. 107–118.

Innmann, M. M.; Streit, M. R.; Kolb, J.; Heiland, J.; Parsch, D.; Aldinger, P. R.; Königshausen, M.; Gotterbarm, T.; Merle, C. (2015): Influence of surgical approach on component positioning in primary total hip arthroplasty. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16 (1), S. 232.

Ito, Y.; Matsushita, I.; Watanabe, H.; Kimura, T. (2012): Anatomic mapping of short external rotators shows the limit of their preservation during total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470 (6), S. 1690–1695.

Jerosch, J. (2005): *Hüfte*. Darmstadt: Steinkopff Verlag Darmstadt.

Jerosch, J.; Heisel, J.; Imhoff, A. B. (2005): *Fortbildung Orthopädie - Traumatologie*. Darmstadt: Steinkopff Verlag Darmstadt.

Jewett, B. A.; Collis, D. K. (2011): High complication rate with anterior total hip arthroplasties on a fracture table. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469 (2), S. 503–507.

Karachalios, T.; Komnos, G.; Koutalos, A. (2018): Total hip arthroplasty: Survival and modes of failure. *EFORT Open Reviews*, 3 (5), S. 232–239.

Kleemann, R. U.; Heller, M. O.; Stoeckle, U.; Taylor, W. R.; Duda, G. N. (2003): THA loading arising from increased femoral anteversion and offset may lead to critical cement stresses. *Journal of Orthopaedic Research*, 21 (5), S. 767–774.

Knoth, C.; Zettl, R.; Markle, A.; Dullenkopf, A.; Bruhin, V.; Hess, F. (2020): A retrospective analysis of surgical outcomes following direct anterior hip arthroplasty with or without a surgical extension table. *International Orthopaedics*, 44 (9), S. 1701–1709.

Knutson, G. A. (2005): Anatomic and functional leg-length inequality. *Chiropractic & Osteopathy*, 13, S. 11.

Kuijpers, M. F. L.; Hannink, G.; Vehmeijer, S. B. W.; van Steenbergen, L. N.; Schreurs, B. W. (2019): The risk of revision after total hip arthroplasty in young patients depends on surgical approach, femoral head size and bearing typearthroplasty register. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20 (1), S. 385.

Lee, S. H.; Kang, S. W.; Jo, S. (2017): Perioperative comparison of hip arthroplasty using the direct anterior approach with the posterolateral approach. *Hip & Pelvis*, 29 (4), S. 240–246.

Lenze, F.; Hinterwimmer, F.; Fleckenstein, L.; Lazic, I.; Dammerer, D.; Eisenhart-Rothe, R. v.; Harrasser, N.; Pohlig, F. (2022): Minimally invasive total hip arthroplasty: a comparison of restoring hip biomechanics with and without a traction table. *In vivo (Athens, Greece)*, 36 (1), S. 424–429.

Leunig, M.; Faas, M.; Knoch, F. von; Naal, F. D. (2013): Skin crease 'bikini' incision for anterior approach total hip arthroplasty: Surgical technique and preliminary results. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471 (7), S. 2245–2252.

Liebs, T. R.; Nasser, L.; Herzberg, W.; R  ther, W.; Hassenpflug, J. (2014): The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement. *Bone and Joint Journal*, 96-B (1), S. 36–42.

Maheshwari, A. V.; Zlowodzki, M. P.; Siram, G.; Jain, A. K. (2010): Femoral neck anteversion, acetabular anteversion and combined anteversion in the normal Indian adult population. *Indian Journal of Orthopaedics*, 44 (3), S. 277–282.

Martin, C. T.; Pugely, A. J.; Gao, Y.; Clark, C. R. (2013): A comparison of hospital length of stay and short-term morbidity between the anterior and the posterior approaches to total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 28 (5), S. 849–854.

Matta, J. M.; Shahrdar, C.; Ferguson, T. (2005): Single-incision anterior approach for total hip arthroplasty on an orthopaedic table. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 441, S. 115–124.

McGrory, B. J.; Morrey, B. F.; Cahalan, T. D.; An, K. N.; Cabanela, M. E. (1995): Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 77 (6), S. 865–869.

Medacta International (2017): Medacta - AMIS. Online verfügbar unter <https://www.medacta.com/EN/global-hip>.

Moretti, V. M.; Post, Z. D. (2017): Surgical Approaches for Total Hip Arthroplasty. *Indian Journal of Orthopaedics*, 51 (4), S. 368–376.

Nogler, M.; Thaler, M. (2017): Operative Zugangswege zur Hüfte beim älteren Menschen. *Der Orthopäde*, 46 (1), S. 18–24.

Pathrot, D.; Ul Haq, R.; Aggarwal, A. N.; Nagar, M.; Bhatt, S. (2016): Assessment of the geometry of proximal femur for short cephalomedullary nail placement. *Indian Journal of Orthopaedics*, 50 (3), S. 269–276.

Petis, S.; Howard, J. L.; Lanting, B. L.; Vasarhelyi, E. M. (2015): Surgical approach in primary total hip arthroplasty: anatomy, technique and clinical outcomes. *Canadian Journal of Surgery*, 58 (2), S. 128–139.

Plaaß, C.; Clauss, M.; Ochsner, P. E.; Ilchmann, T. (2011): Influence of leg length discrepancy on clinical results after total hip arthroplasty. *Hip International*, 21 (4), S. 441–449.

Rabenberg, M. (2013): *Arthrose*. Berlin: Robert Koch-Inst.

Ranawat, C. S.; Rao, R. R.; Rodriguez, J. A.; Bhende, H. S. (2001): Correction of limb-length inequality during total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 16 (6), S. 715–720.

Renkawitz, T. F.; Weber, T.; Dullien, S.; Woerner, M. L.; Dendorfer, S.; Grifka, J.; Weber, M. (2016): Leg length and offset differences above 5mm after total hip arthroplasty are associated with altered gait kinematics. *Gait & Posture*, 49, S. 196–201.

Rittmeister, M.; König, D. P.; Eysel, P.; Kerschbaumer, F. (2004): Minimal-invasive Zugänge zum Hüft- und Kniegelenk bei künstlichem Gelenkersatz. *Der Orthopäde*, 33 (11), S. 1229–1235.

Röder, C.; Vogel, R.; Burri, L.; Dietrich, D.; Staub, L. P. (2012): Total hip arthroplasty: leg length inequality impairs functional outcomes and patient satisfaction. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, S. 95.

Sakalkale, D. P.; Sharkey, P. F.; Eng, K.; Hozack, W. J.; Rothman, R. H. (2001): Effect of femoral component offset on polyethylene wear in total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (388), S. 125–134.

Sarin, V. K.; Pratt, W. R.; Bradley, G. W. (2005): Accurate femur repositioning is critical during intraoperative total hip arthroplasty length and offset assessment. *Journal of Arthroplasty*, 20 (7), S. 887–891.

Schneider, K.; Audigé, L.; Kuchnel, S.-P.; Helmy, N. (2012): The direct anterior approach in hemiarthroplasty for displaced femoral neck fractures. *International Orthopaedics*, 36 (9), S. 1773–1781.

Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U. (2018): Prometheus - LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Statistisches Bundesamt (2018a): Die 50 häufigsten vollstationären Operationen 2018. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/operationen-prozeduren-5231401187014.html>.

Statistisches Bundesamt (2018b): Operationen bei Frauen 2018. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/operationen-prozeduren-5231401187014.html>.

Statistisches Bundesamt (2018c): Operationen bei Männern 2018. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/operationen-prozeduren-5231401187014.html>.

Stukenborg-Colsman, C. (2007): Schenkelhalsendoprothesen. Der Orthopäde, 36 (4), S. 347–352.

Sykes, A.; Hill, J.; Orr, J.; Humphreys, P.; Rooney, A.; Morrow, E.; Beverland, D. (2015): Patients' perception of leg length discrepancy post total hip arthroplasty. Hip International, 25 (5), S. 452–456.

Thaler, M.; Manson, T. T.; Holzapfel, B. M.; Moskal, J. (2022): Ersatz des proximalen Femurs über den direkt anterioren Zugang zur Hüfte. Operative Orthopädie und Traumatologie, 34 (3), S. 218–230.

Trinh, T. Q.; Ferrel, J. R.; Pulley, B. R.; Fowler, T. T. (2015): Short-term outcomes of femoral neck fractures treated with hemiarthroplasty using the anterior approach. Orthopaedics, 38 (12), 1091-7.

Tsikandylakis, G.; Mohaddes, M.; Cnudde, P.; Eskelinen, A.; Kärrholm, J.; Rolfson, O. (2018): Head size in primary total hip arthroplasty. *EFORT Open Reviews*, 3 (5), S. 225–231.

Tsukada, S.; Wakui, M. (2010): Minimally invasive intermuscular approach does not improve outcomes in bipolar hemiarthroplasty for femoral neck fracture. *Journal of Orthopaedic Science*, 15 (6), S. 753–757.

Unger, A. S.; Dirksen, B.; Renken, F. G.; Wilde, E.; Willkomm, M.; Schulz, A. P. (2014): Treatment of femoral neck fracture with a minimal invasive surgical approach for hemiarthroplasty. *Open Orthopaedics Journal*, 8, S. 225–231.

Unger, A. S.; Schulz, A. P.; Paech, A.; Jürgens, C.; Renken, F. G. (2013): Modified direct anterior approach in minimally invasive hip Hemiarthroplasty in a geriatric population. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 133 (11), S. 1509–1516.

van Arkel, R. J.; Ng, K. C. G.; Muirhead-Allwood, S. K.; Jeffers, J. R. T. (2018): Capsular ligament function after total hip arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 100 (14), e94.

Weber, M.; Thieme, M.; Kaiser, M.; Völlner, F.; Worlicek, M.; Craiovan, B.; Grifka, J.; Renkawitz, T. F. (2018): Accuracy of leg length and offset restoration in femoral pinless navigation compared to navigation using a fixed pin during total hip arthroplasty. *BioMed Research International*, 2018.

Weber, M.; Woerner, M. L.; Springorum, H.-R.; Hapfelmeier, A.; Grifka, J.; Renkawitz, T. F. (2014): Plain radiographs fail to reflect femoral offset in total hip arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 29 (8), S. 1661–1665.

Wengler, A.; Nimptsch, U.; Mansky, T. (2014): Hip and Knee Replacement in Germany and the USA. Analysis of individual inpatient data from German and US hospitals for the years 2005 to 2011. *Deutsches Ärzteblatt International*, 111 (23-24), S. 407–416.

Wernly, D.; Wegrzyn, J.; Lallemand, G.; Mahloully, J.; Tissot, C.; Antoniadis, A. (2021): Total hip arthroplasty through the direct anterior approach with and without the use of a traction table: a matched-control, retrospective, single-surgeon study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16 (1), S. 45.

White, T. O.; Dougall, T. W. (2002): Arthroplasty of the hip: leg length is not important. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 84 (3), S. 335–338.

Widmer, K.-H.; Zurfluh, B. (2004): Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. *Journal of Orthopaedic Research*, 22 (4), S. 815–821.

Winter, E. (2009): Entwicklung und aktueller Stand der Hüftendoprothetik. In: Wintermantel, E.; Ha, S.-W. (Hg.): *Medizintechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 1667–1697.

Woolson, S. T.; Hartford, J. M.; Sawyer, A. (1999): Results of a method of leg-length equalization for patients undergoing primary total hip replacement. *Journal of Arthroplasty*, 14 (2), S. 159–164.

Woolson, S. T.; Mow, C. S.; Syquia, J. F.; Lannin, J. V.; Schurman, D. J. (2004): Comparison of primary total hip replacements performed with a standard incision or a mini-incision. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A (7), S. 1353–1358.

Woolson, S. T.; Pouliot, M. A.; Huddleston, J. I. (2009): Primary total hip arthroplasty using an anterior approach and a fracture table: short-term results from a community hospital. *Journal of Arthroplasty*, 24 (7), S. 999–1005.

Wülker, N. (Hg.) (2015): *Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Wylde, V.; Whitehouse, S. L.; Taylor, A. H.; Pattison, G. T.; Bannister, G. C.; Blom, A. W. (2009): Prevalence and functional impact of patient-perceived leg length discrepancy after hip replacement. *International Orthopaedics*, 33 (4), S. 905–909.

Zimmer Biomet (2008): Das Allofit Hüftpfannensystem. Online verfügbar unter <https://www.zimmergermany.de/medical-professionals/products/hip/allofit-acetabular-cup-system.html>.

Zimmer Biomet (2012): Das Fitmore Hüftschafsystem. Online verfügbar unter <https://www.zimmergermany.de/medical-professionals/products/hip/fitmore-emea.html>.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizzierter Transversalschnitt durch eine Hüfte	8
Abbildung 2: Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel: Coxa vara – Normal – Coxa valga	11
Abbildung 3: Femorale Anteversion – Femorale Torsion Normal – Femorale Retroversion	12
Abbildung 4: Anteversion – Inklinatation: Normal – Retroversion.....	13
Abbildung 5: Beckenübersichtsaufnahme a. p. präoperativ mit Beinlängendifferenz.	26
Abbildung 6: Beckenübersichtsaufnahme mit Planung der Prothesenkomponenten...	27
Abbildung 7: Beckenübersichtsaufnahme a. p. postoperativ mit Bestimmung des acetabulären und femoralen Offset.....	28
Abbildung 8: Lagerungsdauer AMIS vs. DAA.....	33
Abbildung 9: Vergl. Pfannengröße geplant – tatsächlich verwendet AMIS vs. DAA.	35
Abbildung 10: Vergl. Schaftgröße geplant – tatsächlich verwendet AMIS vs. DAA .	36
Abbildung 11: Beinlängendifferenz: AMIS	37
Abbildung 12: Beinlängendifferenz DAA	38
Abbildung 13: Beinlängendifferenz postoperativ AMIS vs. DAA	38
Abbildung 14: Laterales Offset Femur: AMIS	39
Abbildung 15: Laterales Offset Femur: DAA.....	39

Abbildung 16: Laterales Offset der Pfanne postoperativ AMIS vs. DAA.....	40
--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vollstationär behandelte Patienten zur Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk (Statistisches Bundesamt 2018a).....	7
Tabelle 2: Patientenkollektiv.....	25
Tabelle 3: Ergebnisse	33