

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE
PROF. DR. MED. DR. H. C. J. GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Perioperative Schmerzanalyse in der zementfreien Hüfttotalendoprothetik:

Minimalinvasiver antero-lateraler Zugang versus lateraler Zugang nach Bauer

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der
Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

vorgelegt von
Michél Dedeyan

2021

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE
PROF. DR. MED. DR. H. C. J. GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Perioperative Schmerzanalyse in der zementfreien Hüfttotalendoprothetik:

Minimalinvasiver antero-lateraler Zugang versus lateraler Zugang nach Bauer

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der
Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

vorgelegt von
Michél Dedeyan

2021

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: PD Dr. med. habil. Felix Greimel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Christian Pfeifer

Tag der mündlichen Prüfung: 22.03.2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	- 7 -
2. Epidemiologie und Rentabilität.....	- 8 -
2.1. Arthrose des Hüftgelenks	- 8 -
2.2. Hüfttotalendoprothese	- 9 -
3. Grundlagen	- 11 -
3.1. Anatomie des Hüftgelenks.....	- 11 -
3.2. Relevante Topographische Anatomie des Hüftgelenkes	- 16 -
3.2.1. Anteriorer Hüftzugang	- 17 -
3.2.2. Anterolateraler Hüftzugang.....	- 18 -
3.2.3. Lateraler/Transglutealer Hüftzugang	- 19 -
3.2.4. Posteriorer Hüftzugang	- 20 -
3.2.5. Posterolateraler Hüftzugang	- 21 -
3.2.6. Medialer Hüftzugang	- 22 -
3.3. Coxarthrose – Arthrosis deformans.....	- 22 -
3.3.1. Pathogenese	- 23 -
3.3.2. Klassifikation der Arthrose	- 25 -
3.3.3. Ätiologie der Coxarthrose	- 25 -
3.3.4. Klinische Präsentation.....	- 26 -
3.3.5. Diagnostik	- 28 -
3.3.6. Therapie	- 32 -
3.4. Hüftendoprothetik	- 35 -

3.4.1. Entwicklungsgeschichte	- 36 -
3.4.2. Minimalinvasivität	- 39 -
4. Fragestellung und Ziel.....	- 42 -
5. Material und Methoden.....	- 43 -
5.1. Studiendesign.....	- 43 -
5.2. Ethische Grundsätze	- 43 -
5.3. Datenerhebung	- 44 -
5.4. Studienpopulation und Patientenselektion	- 45 -
5.5. Prothesensystem	- 47 -
5.6. Operationstechnik.....	- 47 -
5.7. Postoperatives Management.....	- 48 -
5.8. Statistik.....	- 49 -
6. Ergebnisse	- 50 -
6.1. Postoperative Schmerzen.....	- 53 -
6.2. Postoperative Verabreichung von Opiaten	- 55 -
7. Diskussion	- 57 -
8. Zusammenfassung	- 68 -
9. Anhang	- 69 -
10. Literaturverzeichnis.....	- 74 -
11. Danksagung.....	- 90 -

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ant.	Anterior
ASA	American Society of Anesthesiologists
ASS	Acetylsalicylsäure
ASU	Avocado Soy Unsaponifiable
BKS	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
BMI	Body Mass Index
CI	Confidenz Intervall
cm	Centimeter
CRP	C reaktives Protein
CT	Computertomographie
DMOAD	Disease Modifying Osteoarthritis Drugs
engl.	Englisch
EPRD	Endoprothesenregister Deutschland
ERAS	Enhanced Recovery After Surgery
et al.	Et alii (unter anderem)
FAI	Femoro-acetabuläres Impingement
h	Hora (Stunde)
lat.	Latein
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Max.	Maximal
mg	Milligramm
Min.	Minimal
MIS	Minimal invasive surgery

mm	Millimeter
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
NICE	National Institute for Clinical Excellence
NRS	Numerische Rating Skala
NSAR	Nicht steroidale Antirheumatika
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OP	Operation
OR	Odds Ratio
PCA	Patient-controlled-analgesia
post.	Posterior
QALY	Quality Adjusted Life Years
QUIPS	Qualitätsverbesserung in der postoperativen Schmerztherapie
SD	Standard Deviation
Sens.	Sensitivität
Spez.	Spezifität
sup.	Superior
SYSADO	Symptomatic Slow-Acting Drugs in Osteoarthritis
US	United States
VAS	Visuelle Analog Skala
WHO	World Health Organisation
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

1. Einleitung

Der künstliche Hüftgelenkersatz stellt derzeit einen der am häufigsten durchgeführten Eingriffe am Bewegungsapparat des menschlichen Körpers dar (1). Die enormen Fortschritte des künstlichen Gelenkersatzes ermöglichen mittlerweile eine immer breitere Anwendung in verschiedenen zugrundeliegenden Pathologien an einem großen Patientenkollektiv (2). Im Zuge dieser Fortschritte und passend zum Zeitgeist einer schnelllebigen Gesellschaft etablierten sich auch in der Endoprothetik zunehmend gewebeschonende, sogenannte „minimalinvasive“ operative Zugänge, welche eine schnellere Rückkehr in den Alltag, aufgrund von verkürzten postoperativen Einschränkungen und einer rascheren Rekonvaleszenz, propagieren (3).

Im Vergleich zu konventionellen operativen Verfahren preisen minimalinvasive Techniken Vorteile, wie ein geringeres Weichteil- und Muskeltrauma mit konsekutiv verringertem Blutverlust und daraus resultierenden niedrigeren postoperativen Schmerzen an. Hieraus wird eine schnellere Mobilität mit letztendlich verkürzter Rehabilitation abgeleitet (4–6). Diesen Vorteilen werden in der Literatur Komplikationen, wie ein erhöhtes Risiko der Implantat-Fehllage und ein erhöhtes Infektionsrisiko gegenübergestellt (3,7).

Mit der Einführung der MicroHip©-Technik (8) an der Orthopädischen Klinik der Universität Regensburg in Bad Abbach wurde ein hervorragender minimalinvasiver Standard zur Implantation einer Hüfttotalendoprothese etabliert. Seither ist in der Orthopädischen Klinik Bad Abbach die Verwendung des konventionellen transglutealen Zugangs nach Bauer weitestgehend der Revisionsendoprothetik vorbehalten. Nach Einführung des Microhip© Zugangs (8) an der Orthopädischen Klinik in Bad Abbach wurde dieser im Verlauf von einem minimalinvasivem modifizierten antero-lateralen Zugang nach Watson-Jones und Röttinger (9) abgelöst. Bereits nach Einführung eines minimalinvasiven Zuganges ließ sich eine wesentliche Verbesserungen der Patientenversorgung und Beschleunigung der postoperativen Rekonvaleszenz im klinischen Alltag verzeichnen (10).

2. Epidemiologie und Rentabilität

2.1. Arthrose des Hüftgelenks

Die häufigste Ursache die zu einem endoprothetischen Gelenkersatz führt, ist die Arthrose des Hüftgelenks (1). Die Prävalenz eines Verschleißes des Hüftgelenks ließ sich bereits Anfang des 20. Jahrhunderts durch Autopsie-Studien in bis zu 100% der Personen über 65 Jahre nachweisen (11). Dennoch ist das Vorliegen einer Arthrose nicht gleichzusetzen mit einer symptomatischen Arthrose, welche nach Schätzungen in der Bevölkerung über 60 Jahren mit circa 10% beziffert wird (1).

Betrachtet man alle Erkrankungen des Bewegungsapparates, entsprechen sie der häufigsten Ursache für chronischen Schmerz und physischer Einschränkung weltweit. Somit ist es nicht verwunderlich, dass die Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) bereits Anfang der 2000er Jahre die „Bone and Joint Decade“ ausgerufen hat, um auf die weltweiten Auswirkung aufmerksam zu machen (12).

Die 12-Monats-Prävalenz der Arthrose in der deutschen Bevölkerung wird mit 0,9% bei Frauen und 0,4% bei Männer angegeben und steigt kontinuierlich im Laufe des Lebensalters. In der Gruppe der 65-Jährigen sind nahezu die Hälfte aller Frauen (48,1%) und nahezu ein Drittel aller Männer (31,2%) in Deutschland von einer Arthrose betroffen. Ferner wird geschätzt, dass in Deutschland ein Viertel aller Betroffenen an einer Arthrose des Hüftgelenks leiden (13).

Ein Anstieg der Inzidenz kann besonders in der kaukasischen weiblichen Bevölkerung ab dem 50. Lebensjahr mit Einsetzen der Menopause beobachtet werden. Obgleich eine radiologisch evidente Arthrose bei Männern des Öfteren diagnostiziert werden kann, führt sie bei Frauen häufiger zu symptomatischen Einschränkungen (14). Im Hinblick auf eine immer weiter fortschreitende Überalterung der Bevölkerung in Kombination mit einem höheren Anspruch im Alltag ist von einem weiteren Anstieg der Rate an symptomatisch relevanten Arthrosen des Hüftgelenkes und der daraus resultierenden Einschränkungen für die Patienten auszugehen (1).

2.2. Hüfttotalendoprothese

Weltweit werden jedes Jahr im Durchschnitt 1 Million Totalendoprothesen des Hüftgelenks implantiert. In den Industriestaaten lässt sich eine jährliche Zunahme der primären Implantationen um bis zu 37% verzeichnen (15). Auch in Deutschland lässt sich im letzten Jahrzehnt ein Anstieg der Implantationen von Hüfttotalendoprothesen von rund 10 Prozent verzeichnen, sodass in Deutschland jährlich etwa 310 Implantationen künstlicher Hüftgelenke je 100.000 Einwohner vorgenommen werden. Dies entspricht der höchsten Rate an Implantationen im direkten Vergleich aller OECD-Ländern (2).

In über 80% der Fälle eines endoprothetischen Ersatzes des Hüftgelenks liegt eine symptomatisch bedingte degenerative Veränderung im Sinne einer Arthrose zu Grunde. Das durchschnittliche Alter bei primärer Implantation einer Hüfttotalendoprothese beträgt in Europa 70 Jahre, wobei sich zunehmend ein Trend hinsichtlich eines immer jünger werdenden Patientenguts feststellen lässt. Nicht überraschend kann auf Basis der längeren Lebenserwartung eine Häufung der Implantationen einer Hüfttotalendoprothese in der weiblichen Bevölkerung verzeichnet werden. Dennoch variieren die Zahlen je nach Land beträchtlich. So zeigt sich in Deutschland eine doppelt so hohe Quote der Implantation bei Frauen, während sich im Vereinigten Königreich Frauen sogar fünfmal so häufig einem prothetischen Gelenkersatz unterziehen (15,16).

Nach Einführung des deutschen Endoprothesenregisters 2012 (EPRD (17)) spiegelt sich mit einer geschätzten Abdeckung von ca. 66% aller Kliniken, die eine endoprothetische Versorgung durchführen, ein akzeptables Abbild derzeitiger Entwicklungen wider. So zeigt sich weiterhin ein deutliches Überwiegen der Implantation von Hüfttotalendoprothesen in Deutschland mit 90,6% und eine weitere Zunahme der zementfreien Verankerung auf 78,6% derselben im Jahr 2018. Konträr dazu wird die überwiegende Mehrheit der Hüftteilprothesen zementiert verankert (17). Diese Diskrepanz ist nicht verwunderlich, da die Domäne des Hüftgelenkteilersatzes bei der traumatischen Verletzung des Hüftgelenkes mit einem entsprechend morbidem Patientengut liegt und hier die zementierte Verankerung u.a. aufgrund häufig vorliegender Osteoporose weiterhin als Goldstandard gilt.

In Anbetracht dieser Entwicklungen ist auch ein beträchtlicher wirtschaftlicher Druck in der rentablen Verwendung von gesundheitsökonomischen Ressourcen abzuleiten. Nicht zuletzt da sich bis 2040 ein weiterer Anstieg der Indikationen zur Durchführung eines operativen Gelenkersatzes um bis zu 27%, prognostizieren lässt (18).

Ein Viertel der gesamten Gesundheitskosten in Deutschland wird für die Behandlung der Arthrose aufgewendet. Im Jahr 2015 betrugen diese circa 8,5 Milliarden Euro (19). Alleine für die Implantation einer Hüfttotalendoprothese haben die gesetzlichen Krankenkassen in Deutschland zwischen 2003 und 2009 bis zu 1,6 Milliarden Euro aufgewendet. Hinzu kommen indirekte gesellschaftliche Kosten von 2.585.157 Arbeitsunfähigkeitstagen unter den Pflichtmitgliedern der gesetzlichen Krankenkassen. Neben diesen immensen Kostenposten darf man jedoch die Rentabilität von einer rechtzeitig erfolgten Implantation einer Hüfttotalendoprothese hinsichtlich der gewonnenen Lebensqualität von 20,7 Jahren (quality adjusted life years = QALY) nicht außer Acht lassen (20).

Die frühzeitige und sichere Rehabilitation der Patienten im Sinne einer Reduktion des Krankenhausaufenthalts nach einer Operation wird als einer der wesentlichsten Schlüssel zur Reduktion dieser enormen Kostenbelastung angesehen (21). Ein bedeutender Aspekt dieser möglichen Kostenreduktion unter adäquater Patientensicherheit ist die Etablierung von sogenannten „Enhanced Recovery After Surgery“ (ERAS®) Protokollen. Diese Empfehlungen werden bereits in vielen Disziplinen der heutigen chirurgischen Medizin angewendet (22). Obgleich die Anwendung eines minimalinvasivem operativen Zuganges nach Richtlinien der evidenzbasierten Medizin noch nicht konklusiv empfohlen werden konnte, wird die Weiterentwicklung von solchen schonenderen Operationstechniken als wesentlicher Bestandteil zur adäquaten Nutzung der vorhandenen gesundheitspolitischen Ressourcen betrachtet (6,22).

3. Grundlagen

3.1. Anatomie des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk (lat. *Articulatio coxae*) stellt die gelenkige Verbindung des Rumpfes, repräsentiert durch das Becken mit seiner Gelenkpfanne, dem *Acetabulum* (Essignäpfchen), und den unteren Extremitäten über den körpernahen Anteil des Oberschenkelknochens, dem Femurkopf (lat. *Caput femoris*), dar. Die Grundform des Gelenkes entspricht einem Kugelgelenk mit 3 Freiheitsgraden und deren korrespondierenden 6 Bewegungsausmaßen. Bei genauer Betrachtung und mit dem Hintergrund einer unabdingbar notwendigen Stabilität des Gelenkes lässt sich eine Sonderform des Kugelgelenkes feststellen. Die deutlich übergreifende Gelenkspfanne, welche um mehr als die Hälfte des Äquators den korrespondierenden Gelenkskopf umgreift, wird auch als Nussgelenk oder *Enarthrosis* (lat. *Articulatio cotylica*) bezeichnet.

Dennoch lassen sich alle notwendigen Einrichtungen eines „echten“ Gelenkes (lat. *Articulationes*), wie zwei Gelenksflächen, eine mit hyalinem Knorpel überzogene Gelenkfläche, eine Gelenkhöhle, eine umschließende Gelenkkapsel, die Gelenkschmiere (*Synovialis*) sowie besondere Hilfseinrichtungen, wie im Beispiel des Hüftgelenkes, faserknorpelige Erweiterungen der Gelenkspfanne über eine Pfannenlippe (lat. *Labrum*), stabilisierende Bänder und schützende Schleimbeutel, nachvollziehen (23). Abbildung 1 zeigt eine anatomische Darstellung des Hüftgelenks.

Die Gelenkpfanne, gebildet aus drei verschiedenen Beckenknochen, dem Darmbein (*Os ilium*), Sitzbein (*Os ischium*) und Schambein (*Os pubis*) wird an der gemeinsam gebildeten Gelenkfläche von einer halbmondförmigen Schicht hyalinem Knorpel, der *Facies lunata* (Halbmond) überzogen, welche die Pfanne nur zu 30% auskleidet. In der Hauptbelastungszone des Pfannendächerkers erreicht sie eine Dicke von bis zu 3mm (24). Dieses liegende „C“ mit seinem ventralen Anteil am *Os pubis* zieht nach dorsal zum *Os ischium* und läuft gegen eine Kerbe (lat. *Incisura*) aus. Überbrückt wird diese von einem, die beiden Hörner verbindendem Band, dem *Lig. transversum acetabuli*. Dieser nach außen geformte Ring aus knöchernem *Acetabulumrand*, auch

als Limbus acetabuli bezeichnet, und dem quer verbindendem Band wird von straffem Bindegewebe, einer faserknorpeligen Erweiterung dem Labrum acetabulare vergrößert und das Hüftgelenk somit zu mindestens 2/3 umschlossen (25).

Der Pfannenrand und das Lig. transversum acetabuli bilden die sogenannte Pfanneneingangsebene, welche sich im Rahmen der menschlichen Entwicklung, vor allem durch den Erwerb des bipeden Gangs, verändert. So ist die Neigung der Pfanneneingangsebene gegen eine transversale Ebene beim Neugeborenen circa 60°, bei Erreichen des Erwachsenenalters beträgt sie nur mehr durchschnittlich 41°. Nach zentral hin umschließt die Facies lunata gemeinsam mit dem Lig. transversum acetabuli die Gelenkspfanne zu einer Grube, der Fossa acetabuli. Diese Grube wird von einem knorpelernährendem synovialen Fettkörper (lat. Pulvinar acetabuli) ausgekleidet und öffnet sich weiter nach caudal (23). Von caudal empfängt dieser einen Ast der Arteria obturatoria und umschließt diese als neu gebildetes Lig. capitis femoris, welches eine Verbindung zum Caput femoris herstellt und die ursprüngliche epiphysäre Blutversorgung des Femurkopfes darstellt. In welcher Rolle dieses Band mit zentralem arteriellen Ast im Erwachsenenalter und Ausbildung von Pathologien spielt, ist weiterhin Gegenstand der derzeitigen Forschung.

Prinzipiell wird die knöcherne Struktur auf Basis von drei Pfeilern gebildet, welche den drei gelenkspfannenbildenden Knochen des Acetabulum zuzuordnen sind. Entsprechend der Hauptbelastung weist die subartikuläre Spongiosa belastungsabhängige Verdichtungen im Bereich des Pfannendachs, sowie entlang des gesamten knöchernen Limbus auf. Nach zentral hin, zur Fossa acetabuli, ist die subartikuläre Knochenstruktur deutlich aufgelockert und strahlt radiär der Facies lunata in das übrige Os coxae aus. Dieser Fakt stellt eine wichtige chirurgische Grundlage für die sichere Verankerung einer prothetischen Gelenkspfanne dar (26).

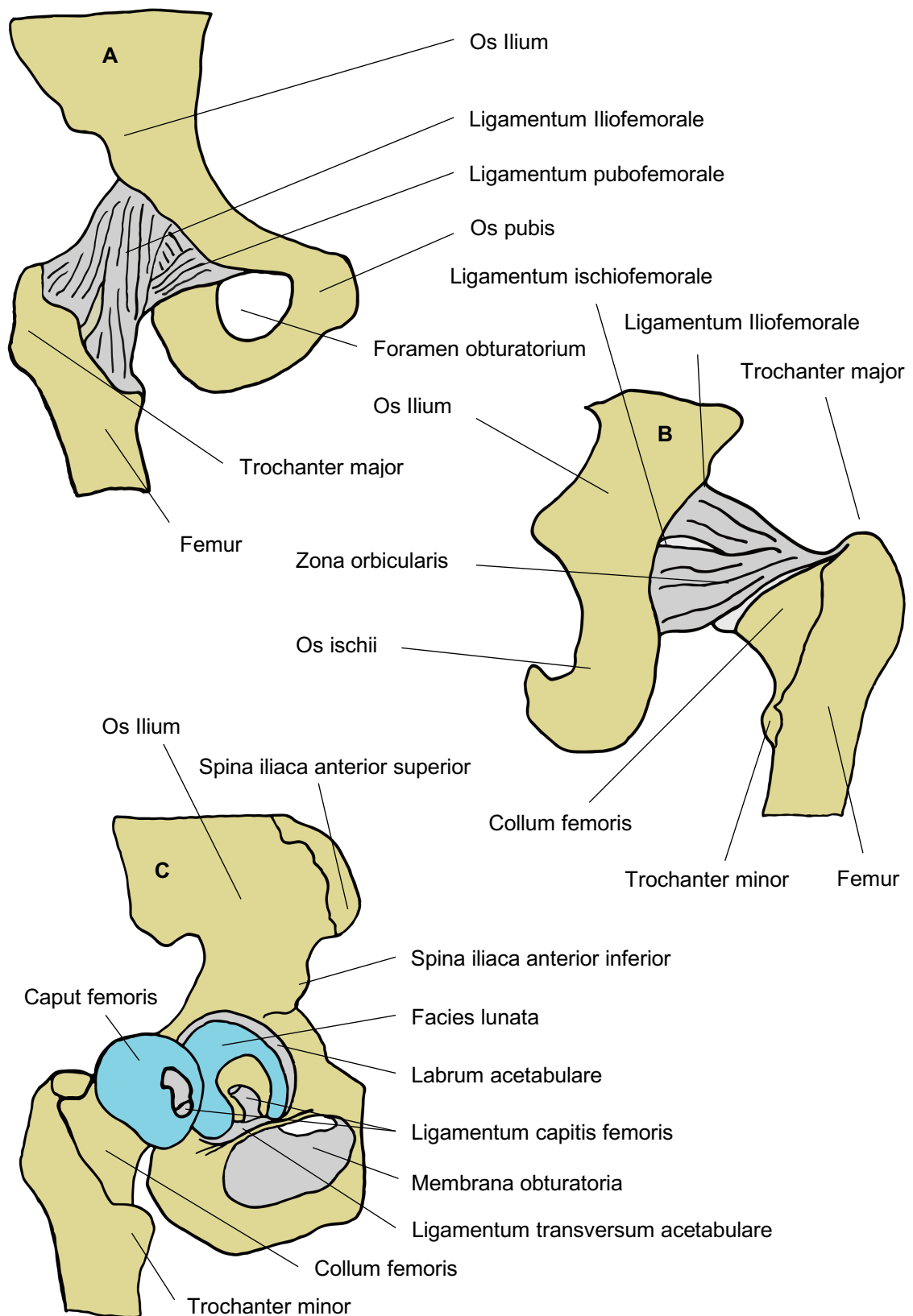


Abbildung 1 Anatomisch relevante Strukturen des Hüftgelenks, A (anteriore Ansicht), B (posteriore Ansicht), C (Laterale Ansicht)

Der korrespondierende Gelenkkopf, gebildet vom proximalen Anteil des Oberschenkelknochens, wird als Caput femoris bezeichnet. Dieser entspricht einer 60 prozentigen Kugeloberfläche und wird zentral von einem Grübchen (lat. Fovea capitis femoris) unterbrochen, welches als Insertionsstelle des Lig. capitis femoris dient. Auch hier ist eine inkongruente Verteilung des Knorpels entsprechend den Zentren der Druckbelastung zu beobachten. Die maximale Dichte erreicht der Knorpel knapp proximal und medial der Fovea capitis femoris mit einer Ausprägung von bis zu 3mm.

Analog zu der Gelenkspfanne richtet sich der subarticuläre spongiöse Knochen entlang sogenannter Trabekel nach der entsprechenden Hauptbelastung aus. Somit entstehen auch Anteile mit deutlich rarefizierter Spongiosa (Ward Dreieck). An der Knorpel-Knochen-Grenze des Femurkopfes geht dieser in den Femurhals (lat. collum femoris) über, welcher wiederum an einer gedachten zirkumferenten Linie der Linea intertrochanterica und Christa intertrochanterica in den Femurschaft übergeht.

Angelagerte Knochenkerne, sogenannte Apophysen, wie der Trochanter major und minor, sind Ursprungs- und Ansatzpunkt für Sehnen und Muskeln, welche als pelvi-trochantäre Muskulatur des Hüftgelenkes zusammengefasst werden. Auch an der Stellung des Femurkopfes über den Hals zum Schaft lässt sich eine altersabhängige Entwicklung nachvollziehen. So bildet der Hals des Oberschenkels gegenüber des Schafts einen stumpfen Winkel (Caput-Collum-Diaphysen-Winkel), welcher bei Neugeborenen in etwa 150° beträgt und sich im Laufe des Alters nach Erlernen eines bipeden Gangbildes bis auf 125° verringert. Zusätzlich ist der Hals und Kopf mit einem sogenannten Antetorsionswinkel in bis zu 20° nach ventral gedreht (25).

Gesichert wird dieses Gelenk durch die Gelenkkapsel, welche sich entsprechend eines echten Gelenks mit einem fibrösen und synovialen Anteil aufbaut. Der kräftige fibröse Anteil entspringt vom knöchernen Acetabulumrand und dem Lig. transversum acetabuli sowie am Außenrand des Labrum acetabulare. Die Kapsel setzt sich ventral bis an die distale Linea intertrochanterica und dorsal lediglich bis kurz vor die Christa intertrochanterica fort. Somit liegen die Christa intertrochanterica und der Trochanter major und minor extrakapsulär. Dieser abgegrenzte Raum wird zu seiner Innenseite von der synovialen Membran ausgefüllt, welche für die Ernährung des Knorpels und der Produktion der entsprechend gleichnamigen Gelenksflüssigkeit (Synovia) verantwortlich ist.

Als bandgesichertes Gelenk wird die Kapsel von drei kräftigen Bändern weiter gesichert. Das Lig. iliofemorale als kräftigstes Band des menschlichen Körpers mit seinen zwei Anteilen und einer Reißfestigkeit der medialen Portion bis 3500 N zieht schraubenartig von der Linea intertrochanterica bis zur Spina iliaca anterior inferior. Das Lig. pubofemorale entspringt vom oberen Schambeinast und zieht ebenfalls bis zur Linea intertrochanterica. Hier bildet sich in 15% der Fälle eine mit dem Gelenkraum kommunizierende Bursa iliopectinea aus, welche der Sehne des M. iliopsoas als Gleitlager dient. Zuletzt das Lig. ischiofemorale – dieses liegt dorsal und zieht vom hinteren Pfannenrand und dem Sitzbein schraubenförmig nach ventral kranial und strahlt in das Lig. pubofemorale ein.

Eine Besonderheit dieser drei Bänder und der Gelenkkapsel stellt eine gemeinsam ausgeprägte, mittige, ringförmige Verdickung von circa 1 cm, gebildet aus den tiefsten Schichten, genannt die Zona orbicularis dar. Dieses „Band“ umgreift den Oberschenkelhals an seiner schmalsten Zirkumferenz und agiert ähnlich einem Knopfloch als Luxationsschutz des proximalen Femurs. Die Stabilisierung und konsequente Limitation des Bewegungsausmaßes lassen sich von den jeweiligen Ursprungs- und Ansatzpunkten ableiten. Alle drei Bänder limitieren die Extension. Die Abduktion wird hauptsächlich durch das Lig. pubofemorale und teilweise durch das Lig. ischiofemorale gehemmt. Die Adduktion wird vor allem durch das Lig. iliofemorale gehemmt. Die Außenrotation durch das Lig. iliofemorale und pubofemorale, sowie die Innenrotation durch das Lig. ischiofemorale. Die Flexion wird nur endgradig durch die Bänder limitiert (23,25).

Die nervale Innervation zur Propriozeption wird medialseitig vom N. obturatorius, ventral vom N. femoralis und dorsal vom N. ischiadicus übernommen. Die arterielle Versorgung gelingt über einen extrakapsulären Arterienring, welcher hauptsächlich über aus der A. femoris profunda stammenden Abgänge, die A. circumflexa femoris lateralis et medialis, gespeißt wird. Ausgehend von diesem Ring verlaufen radiär zum Hüftkopf weitere Gefäße, die einen zweiten subsynovialen Arterienring nahe der Knochen-Knorpelgrenze des Femurkopfes bilden (25).

Als Sonderform des Kugelgelenkes stellt sich das Bewegungsausmaß des Hüftgelenkes wie eingangs erwähnt aus drei Freiheitsgraden zusammen. Nach der international gültigen Neutral-0-Methode betragen diese durchschnittlich für

Extension/Flexion 0/0/140°, Außenrotation/Innenrotation 45/0/50° bei rechtwinkelig gebeugtem Hüftgelenk und Abduktion/Adduktion 45/0/20° (23).

3.2. Relevante Topographische Anatomie des Hüftgelenkes

Das menschliche Hüftgelenk ist aufgrund seiner profunden Lage einer äußerlichen Palpation nur schwer zugänglich. Zur äußeren Orientierung sind somit verschiedene knöcherne Landmarken hilfreich. Hierzu zählt die Spina iliaca anterior superior et posterior, die Crista iliaca, der Trochanter major, das Tuber ischiadicum und das Ligamentum inguinale. Zusätzlich werden diverse Hilfslinien zur äußeren Orientierung beschrieben, wie zum Beispiel die Roser-Nélaton-Linie, die Verbindung zwischen Spina iliaca anterior superior zum Tuber ischiadicum, welche in 45° Beugung die Trochanter major Spitze kreuzt (23).

Als Schnittstelle zwischen zentralem Rumpf und der unteren Extremität wird das Hüftgelenk von mehreren Leitungsbahnen umgeben. Ventral verläuft das femorale Nerven-Gefäßbündel, medial der N. obturatoris mit seinen gleichnamigen Gefäßbündel sowie die A. circumflexa femoris lateralis et medialis, dorsal verlaufen der N. ischiadicus und die glutealen Nerven-Gefäßbündel. Die laterale Seite stellt eine überwiegend gefäß- und nervenfreie Zone dar (25).

Die komplexe vielschichtige Anatomie der umgebenden Muskulatur lässt sich nach chirurgisch relevanten Regionen entsprechend der klassischen operativen Zugangswege beschreiben. In der Abbildung 2 finden sich die relevanten anatomischen Strukturen im Hinblick auf die verschiedenen anatomischen Zugänge skizziert.

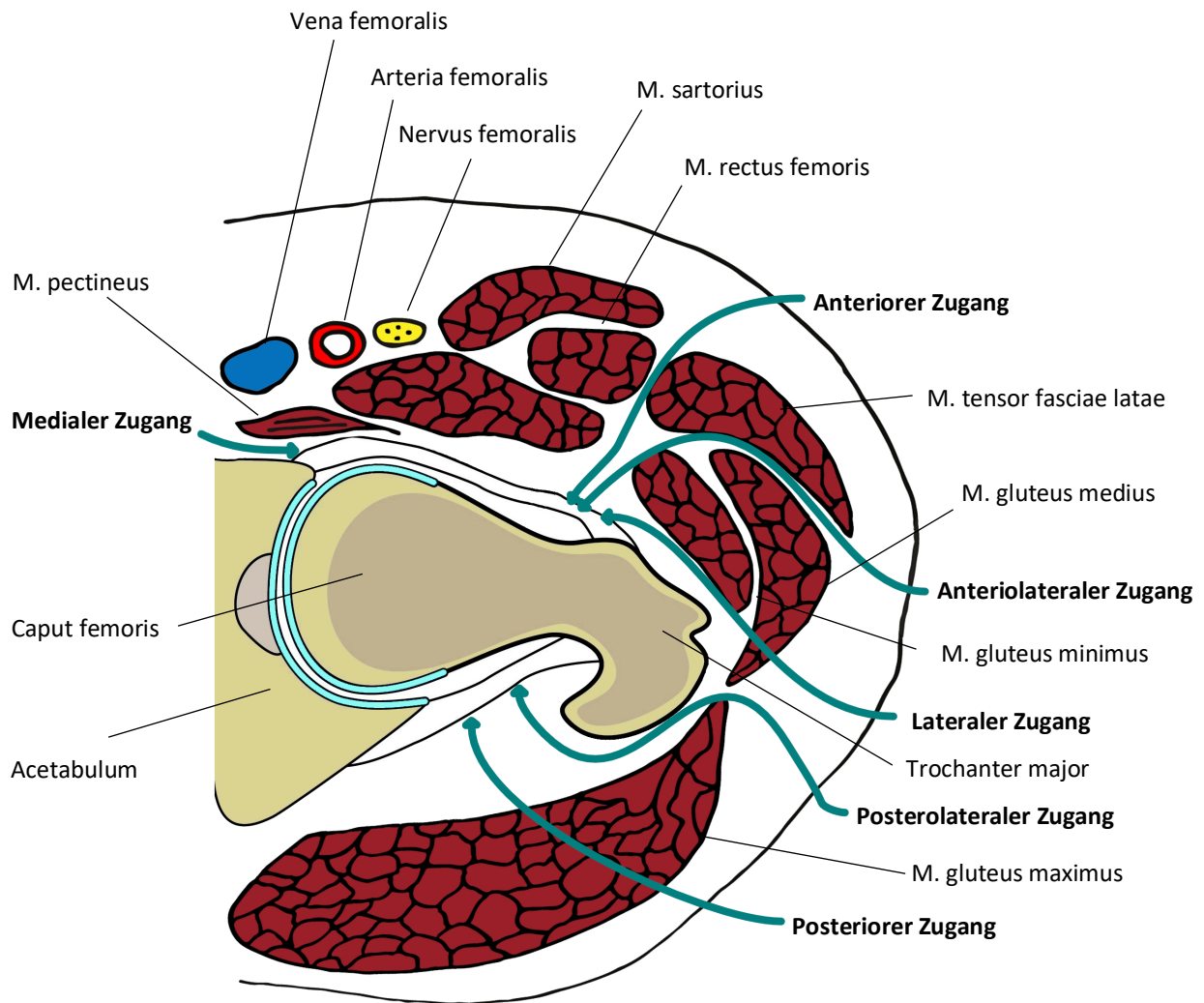


Abbildung 2 Transversal Schnitt auf Höhe des Trochanter major durch das Hüftgelenk. © Bildarchiv Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg am Asklepios Klinikum Bad Abbach

3.2.1. Anteriorer Hüftzugang

Historisch wurde der anteriore Hüftzugang erstmals 1881 von Carl Hueter schriftlich festgehalten (27,28). In den 1920er Jahren etablierte sich durch Marius Smith-Petersen ein Zugang zum Hüftgelenk, welcher eine intermuskuläre Lücke zwischen M. sartorius und M. tensor fasciae latae nutzt (29).

Der Patient befindet sich in Rückenlage, es wird ein Hautschnitt zwei Fingerbreit distal und lateral der Spina iliaca ant. sup. nach distal von circa 8-10 cm gesetzt, welcher

sich an der lateralen Seite der Patella orientiert. Im Anschluss wird vor Durchtrennen der Fascia lata die muskuläre Lücke zwischen den oben genannten Muskeln getastet und entsprechend die Oberschenkel Fascie längs entlang der Lücke eröffnet. Hier muss auf den im Operationsgebiet verlaufenden sensiblen N. cutaneus femoris lateralis geachtet werden. Die Faszie medial des M. tensor fasciae latae wird in longitudinaler Richtung eröffnet und stumpf der kreuzende aufsteigende Ast der A. circumflexa femoris lateralis aufgesucht, ligiert und anschließend durchtrennt. Es wird nun der tief liegende M. rectus femoris dargestellt und nach Möglichkeit mit dem M. sartorius nach medial und der M. tensor fasciae latae mit den profunden Mm. glutei medius et minimus nach lateral gehalten. Nach Eröffnung der Gelenkscapsel ist das Hüftgelenk freiliegend (30).

3.2.2. Anterolateraler Hüftzugang

Dieser häufig genutzte, durch Watson-Jones (31) beworbene, Zugang nützt eine intermuskuläre Lücke zwischen M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius. Es finden sich verschiedene Modifikationen in der Literatur, welche von einer teilweisen Ablösung des M. gluteus medius bis hin zu einer Osteotomie des Trochanter majors reichen.

Der Patient befindet sich üblicherweise in Rückenlage, in der Klinik der Autoren wird in Seitenlage vorgegangen. Nach Aufsuchen der Spina iliaca sup. ant. sowie des Trochanter majors und des lateralen Anteils des Oberschenkelschafts mit der muskulären Rinne des M. vastus lateralis wird ein bogenförmiger, über der ventralen Seite der Spitze des Trochanter major zentrierter Schnitt von circa 8-15 cm gesetzt. Es folgt die subcutane Präparation bis zur Fascia lata und Spalten derselben im Verlauf des Hautschnittes. Nach stumpfem Aufsuchen der Muskellücke zwischen dem M. gluteus medius und M. tensor fasciae latae wird die Gelenkscapsel dargestellt und die Retraktoren um die Capsel eingestellt. Nach Eröffnung der Gelenkscapsel liegt das Hüftgelenk nun frei (30).

3.2.3. Lateraler/Transglutealer Hüftzugang

Die im deutschen Sprachraum am häufigsten verwendete Erstbeschreibung des lateralen Zugangsweges durch Spalten des M. gluteus medius und M. vastus lateralis geht auf Bauer et al. (32) 1979 zurück. Variationen des Zugangsweges wurde zuvor bereits von Mc Farland und Osborne 1954 (33) und später von Hardinge 1982 (34) beschrieben. Eine weitere Unterteilung der lateralen Zugänge ist durch die zweite Gruppe möglich, welche eine Erweiterung des Operationssitus durch eine Osteotomie des Trochanter majors von lateral her erreichen. Entwickelt wurde diese Technik von Charnley und Ferreiraade (35) und modifizierte Varianten wurden von Harris (36), Glassman et al. (37) und McLauchlan (38) beschrieben. Nun ist durch die exzellente und großflächige Exposition zwar die Positionierung der Implantate ausgezeichnet, jedoch wird hier eine künstliche chirurgische Zugangsebene mit funktionellen Gefahren und Komplikationen geschaffen (39,40).

Der Patient wird häufig in Rückenlage gelagert und anschließend ein Hautschnitt streng lateralseitig, beginnend circa 5 cm proximal der Spitze des Trochanter majors und longitudinal entlang des Zentrums des Trochanter majors bis 8 cm distal entlang der Schaftlinie des Oberschenkels, gesetzt. Anschließend erfolgt die weitere Präparation der Fascia lata und des Tractus iliotibialis sowie das Spalten desselben in Faserverlaufsrichtung. Es folgt nun die Lösung von inserierenden Muskelanteilen und die eventuelle Ablösung der unter der Faszie liegenden Bursa. Nun werden die Fasern des M. gluteus medius maximal bis 3 cm proximal der Trochanter major Spitze geteilt und der Schnitt entlang der Fasern des M. vastus lateralis über dem Trochanter major und lateralen Oberschenkelschaft in einem Verlauf gespalten. Es werden somit ein ventraler und ein dorsaler Lappen gebildet, welche vom darunterliegenden Trochanter major subperiostal abgelöst werden können. Der ventrale Lappen kann nun bis zur ventralen Hüftgelenkskapsel mobilisiert werden und anschließend durch Eröffnung der Kapsel das Hüftgelenk freigelegt werden (30).

3.2.4. Posteriorer Hüftzugang

Dieser weltweit am häufigsten genutzte Hüftzugang wurde bereits von Langenbeck (41) im Jahre 1874 erstbeschrieben und um 1907 von Kocher (42) modifiziert. Erneut modifiziert und etabliert durch Moore (43) wird dieser oftmals als „Southern Approach“ referenziert. Eine Vielzahl an Variationen wurden im Verlauf der Zeit beschrieben, jedoch bleibt die Technik nach Moore die am weitesten verbreitete (44). Anatomisch besteht der Vorteil in der Schonung der Abduktorenmuskulatur unter Schaffung einer künstlichen chirurgischen dorsalen Ebene, welche ohne Nutzung einer Muskellücke zwar eine gute Visualisierung des Oberschenkelschaftes und der Pfanne zulässt, jedoch eine möglicherweise erhöhte posteriore Luxationsrate aufweist (45).

Der Patient wird in Seitenlage gelagert und anschließend wird, ausgehend vom posterioren Zentrum des Trochanter major, ein circa 10-15 cm messender bogenförmiger Schnitt gesetzt. Der Beginn der Inzision wird posterior und proximal zum Trochanter major im gedachten Verlauf zu den Fasern des M. gluteus maximus gesetzt. Anschließend wird ab dem posterioren Anteil des Trochanter majors dem weiteren Verlauf des Oberschenkelschafts gefolgt. Bei Flexion der Hüfte auf 90° ist eine longitudinale Schnittführung möglich, welche bei Neutralstellung des Beines einem bogenförmigen typischen „Moore“-Hautschnitt entspricht. Nach Präparation durch die Subcutis und dem Aufsuchen und Spalten der Fascia glutea im Faserverlauf des M. gluteus maximus wird dieser ebenso in Faserrichtung stumpf auseinander gedrängt. Es findet sich nun die tiefe Oberschenkelfaszie, welche eröffnet wird. Durch das in Innenrotation gehaltene Bein werden die kurzen Hüftaußenrotatoren, bestehend aus M. piriformis, M. gemellus superior, M. obturatorius internus, M. gemellus inferior und M. quadratus femoris, gespannt. Nachdem unter Schonung des M. quadratus femoris die übrigen Muskeln gesichert werden und schließlich von ihrem Ansatz am Femur gelöst worden sind, wird der dorsale Aspekt der Hüftgelenkscapsel sichtbar und kann abschließend eröffnet und so das Gelenk freigelegt werden.

3.2.5. Posterolateraler Hüftzugang

Dieser Zugang wurde von Gibson (46) erstmalig 1950 beschrieben. Er stellt eine Variante des posterioren Zugangsweges nach Kocher (42) und Langenbeck (41) dar und nutzt einen posterioren Hautschnitt und das Intervall zwischen M. gluteus maximus und M. gluteus medius, wobei Letzterer mit seiner inserierenden Sehne am Trochanter major abgelöst wird. Eine Modifikation wurde bereits 4 Jahre später von Marcy und Fletcher (47) beschrieben. Der wesentlichste Unterschied besteht hierbei in der Ablösung der kurzen Hüftaußenrotatoren, wie im Kapitel des posterioren Hüftzugangs nach Moore (43) beschrieben, jedoch über die Nutzung des Intervalls zwischen M. gluteus maximus und M. gluteus medius entsprechend dem Zugang nach Gibson (46).

Der Patient wird beim Zugang nach Marcy und Fletscher (47) in eine Seitenlage gebracht und anschließend werden die Spina iliaca posterior superior und der Trochanter major als Landmarken markiert. Es wird ein über dem Trochanter major zentrierter Schnitt ausgehend circa drei Fingerbreit ventral der Spina iliaca post. sup. gesetzt. Nach Erreichen des Trochanter major wird der Schnitt entlang des posterioren Aspektes des Oberschenkelschafts nach distal geführt. Insgesamt wird die Schnittausdehnung von Marcy und Fletscher nach proximal von 12 bis 15 cm beschrieben. Nach Präparation der subcutanen Fettschicht und Darstellen der Fascia lata wird diese am anterioren Rand des M. gluteus maximus in Hautschnittführung gespalten und entlang der Femurschaftachse nach distal fortgeführt. Die profund liegende Bursa trochanterica wird reseziert und nun die Glutealfaszie über dem Vorderrand des M. gluteus maximus gespalten. Es folgt die Darstellung der kurzen Hüftaußenrotatoren und Absetzen derselben. Die ventral liegenden Mm. gluteus medius et minimus werden mittels Retraktoren nach ventral gehalten und die Hüftgelenkscapsel wird nun sichtbar. Nach Spalten derselben liegt das Hüftgelenk frei zugänglich (47).

3.2.6. Medialer Hüftzugang

Dieser in 1908 entwickelt Hüftzugang geht auf Ludloff (48) zurück und wurde vor allem in der kongenitalen kindlichen Hüftluxation angewendet. Modifiziert durch Ferguson (49) im Jahre 1973 unterscheidet sich der Zugang durch die Verwendung der Lücke zwischen M. gracilis und M. adductor longus sowie profund dazu zwischen M. adductor brevis und M. adductor magnus, wohingegen Ludloff (48) die intermuskuläre Lücke zwischen M. adductor longus und M. pectineus nutzt (44).

Der Patient wird am Rücken gelagert und das zu operierende Bein gebeugt, abduziert und außenrotiert eingestellt. Die Sohle des operierten Beines wird an der medialen Unterschenkelseite des kontralateralen Beines abgestützt. Nun wird nach Palpation des M. adductor longus ein Hautschnitt 3 cm distal des Tuberculum pubicum streng longitudinal medial entlang des M. adductor longus gesetzt. Nach Darstellung der Fascia lata und Spalten derselben wird die Adduktorengruppe stumpf getrennt. Die weitere Präparation wird im Intervall zwischen M. adductor brevis und M. adductor magnus durchgeführt. Mit dem Finger wird der Trochanter minor ertastet und anschließend die, unter dieser verlaufenden Innervation des M. adductor magnus, der N. obturatorius, durch das Setzen eines Retraktors geschützt. Nach Präparation und Ablösen des M. iliopsoas kann die Gelenkscapsel dargestellt werden und das Hüftgelenk wird freigelegt.

3.3. Coxarthrose – Arthrosis deformans

Unter dem Begriff Osteoarthrose (Arthrosis deformans) lässt sich ein heterogenes Krankheitsbild zusammenfassen, welches am ehesten einer Familie verwandter pathologischer Prozesse entspricht, die sich in Abhängigkeit ihre Lokalisation entwickeln und eine multifaktorielle Ätiologie und Pathogenese aufweisen. Zusammenfassend lassen sich diese Krankheitsbilder jedoch mit ihrem gemeinsamen Endpunkt – einer schleichenden progressiven Degeneration des hyalinen Knorpels in synovialen Gelenken mit einer entzündlichen Reaktion der Synovia und des angrenzenden Knochengewebes (50,51).

Neben der Osteoarthrose der Wirbelsäule und des Knies zählt die Coxarthrose zu den drei häufigsten Arthrosen des Bewegungsapparates (52). Obgleich allgemeine beeinflussende genetische-, molekulare- und Umweltfaktoren an der Entstehung der Arthrose beteiligt sind, lassen sich auch patientenspezifische Einflüsse wie Alter, Geschlecht, Trauma und Gelenkmorphologie im Hinblick auf die Entwicklung einer gelenksspezifischen Arthrose nachweisen (51).

3.3.1. Pathogenese

Die exakte Entwicklung der pathologischen Prozesse im kranken hyalinen Knorpel ist bis heute noch nicht vollständig nachvollziehbar. Im Grunde gehen die derzeitigen Modelle von einem Ungleichgewicht verschiedener anaboler und kataboler Prozesse aus (50). Als Ursprung der Störung dieses Äquilibriums wird ein fortschreitender, konstanter biomechanischer Stress unter Einbeziehung individueller und allgemeiner Risikofaktoren angesehen (53).

Durch repetitiven Scherstress und der damit verbundenen Umbauvorgänge im hyalinen Knorpel kommt es zu Mikroläsionen, welche zu einer verminderten Expression von Kollagen II und Proteoglykanen führt. Die damit verbundene Aufweichung (Chondromalazie) des Knorpels wird von einer Ausschüttung pro-inflammatorischer Zytokine und Proteinasen begleitet, welche aufgrund des niedrigen Regenerationspotentials des nicht vaskularisierten hyalinen Knorpels nach und nach zum Knorpeluntergang und einem arthrotischen Umbauprozess führen. Im Gegensatz dazu lässt sich bei repetitiver Erhöhung des hydrostatischen Drucks eine vermehrte Expression von Kollagen Typ II und Proteoglykanen nachweisen (54).

Dieser schleichende Prozess des Knorpelschwunds ist aufgrund der fehlenden nervalen Innervation des Knorpels weitgehend schmerzlos. Nativ-radiologisch ist er als Verschmälerung des Gelenkspaltes nachvollziehbar. Bedingt durch die veränderte Belastbarkeit des Gelenkknorpels reagiert der subchondrale Knochen ebenfalls mit einer gesteigerten Umbauaktivität. Nativ-radiologisch ist dadurch eine verstärkte Sklerose des subchondralen Knochens sowie der Trabekel sichtbar. Im weiteren Krankheitsfortschritt findet sich bedingt durch die zunehmende mechanische

Belastung des Gelenks eine verminderte Knorpeldecke mit teilweise porösem subchondralen Knochen und Mikrorissen in der Oberfläche. Begleitend zeigen höhere Arthrostadien auch vollständige Einbrüche des subchondralen Knochens mit konsekutiv ausgeprägter knöcherner Zystenbildung.

Diese zerstörte Gelenksbarriere öffnet nun auch dem bidirektionalen Durchfluss von proinflammatorischen Zytokinen und Wachstumsfaktoren, vornehmlich gebildet durch die hypertrophierte Synovia, Tür und Tor für die weitere Ausbildung eines Circulus vitiosus. Radiologisch ist dieser Prozess vor allem im Kernspintomogramm mit der Ausbildung des typischen diffusen Knochenmarködems nachzuvollziehen. Die Aktivierung der synovialen Entzündungsreaktion mit ihrer begleitenden Gelenksschwellung und überschießenden Produktion der Synovialflüssigkeit ist letztendlich einer der Gründe der zunehmenden klinischen Symptomatik der Arthrose (50,51,53).

Die regenerativen Versuche des Körpers die Homogenität des Gelenks wiederherzustellen, werden auch in den nicht belasteten Gelenksabschnitten sichtbar. Hier findet sich eine zunehmende Proliferation des Knochengewebes, die sich in den typischen knöchernen Anbauten (Osteophyten) widerspiegelt. Die weiter fortschreitende Entzündungsreaktion spiegelt sich in der Ausbildung von Kontrakturen der Gelenkscapsel und der zunehmenden abnutzungsbedingten Inkongruenz der Gelenke mit nachfolgender Subluxationsstellung wider. Letztlich folgt auf diese Prozesse die vollständige Ankylosierung des Gelenks (51).



Abbildung 3 Beckenübersichtsaufnahme a.p., Vollbild einer fortgeschrittenen Arthrose des rechten Hüftgelenks. © Bildarchiv Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg am Asklepios Klinikum Bad Abbach

3.3.2. Klassifikation der Arthrose

Entgegen der früheren Lehrmeinung einer altersabhängigen Abnutzung geht man heute von einem multifaktoriellen Geschehen in der Arthroseentstehung aus. Prinzipiell können primäre und sekundäre Arthrosen unterschieden werden. Zu den primären werden Arthrosen gezählt, die keine klare Ursache in der Entstehung aufweisen. Die sekundär entstandenen Arthrosen bilden sich jedoch auf Basis eines zugrundeliegenden pathologischen Prozesses. Hierzu zählen angeborene oder posttraumatische knöcherne Deformitäten oder systemische Erkrankungen wie Gicht, Hyperparathyreoidismus oder septische Arthritiden. Auch nach der Krankheitsaktivität kann die Arthrose eingeteilt werden. Der typischerweise phasenhafte Verlauf von klinischen Symptomen wie Schmerz, Schwellung, Überwärmung und Bewegungseinschränkung wird auch als „aktivierte Arthrose“ bezeichnet. Demgegenüber ist die „latente Arthrose“ als symptomatisch inaktiv zu stellen. Eine weitere Unterscheidung kann hinsichtlich des Gelenkbefalls unternommen werden. So wird der Befall von >3 Gelenken unter dem Begriff der Polyarthrose subsummiert. Dieses Krankheitsbild kann auch als generalisierte Arthrose bezeichnet werden. Der Befall von einem oder zwei Gelenken derselben Extremität, respektive als Mono- oder Diarthrosen bezeichnet, können auch unter lokalisierter Arthrose zusammengefasst werden (55,56).

3.3.3. Ätiologie der Coxarthrose

Wie bereits eingangs erwähnt kommen eine Vielzahl von verschiedenen Risikofaktoren für die Entstehung einer Osteoarthrose infrage. Da die einzelnen Faktoren in Abhängigkeit voneinander auftreten können, ist eine Systematik der Risikofaktoren nicht ohne Überschneidungen erzielbar. Nach Murphy NJ. et al. (53) kann man eine Unterteilung der Risikofaktoren in zwei Bereiche vornehmen: Risikofaktoren auf Ebene des Gelenks und personenbezogene Risikofaktoren. Die nachfolgende Tabelle 1 stellt eine Übersicht der Risikofaktoren dar.

Gelenksfaktoren	Morphologie	Hüftdysplasie, Femoro-acetabuläres Impingement
	Weichteile	Muskuläre Athrophie, Hypermobilitätsyndrome
	Zustand	Posttraumatische Deformität, M. Perthes, Epiphyseolysis capitis femoris, Osteochondrosis dissecans, Labrumläsionen
Personenfaktoren	Alter	Altersgebrechlichkeit, Alter >65a
	Geschlecht	Frauen nach der Menopause
	Gewicht	Adipositas/Metabolisches Syndrom
	Genetik	Familiäre Häufung
	Ethnie	Kaukasische Abstammung
	Beruf	Hohe Stoßbelastungen, High-Impact Sport, Kontaktsport
	Ernährung	Diabetes mellitus Typ II, Hyperurikämie, Hypercholesterinämie

Tabelle 1 Risikofaktoren zur Entwicklung einer Hüftgelenksarthrose nach Murphy NJ. et al. (53)

In Zusammenschau lässt sich der multifaktorielle Charakter der Arthrose anschaulich darstellen und demzufolge ist nicht nur das variable Auftreten, sondern auch der unterschiedliche klinische Verlauf dieser im Regelfall zyklisch fortschreitenden Krankheit nicht verwunderlich.

3.3.4. Klinische Präsentation

In der Regel verursacht die Arthrose typische Beschwerden, jedoch können diese auf Basis der multifaktoriellen Ätiopathogenese und des stadienhaften Verlaufes beträchtlich variieren. Als Leitsymptom einer jeden Arthrose gilt der Schmerz. Dieser nimmt seinen Ausgangspunkt vom betroffenen Gelenk und kann auch bis zu anderen nicht betroffenen Gelenken ausstrahlen.

Die Schmerzqualitäten können nicht eindeutig zugeordnet werden, obwohl ein brennender Schmerz am wenigsten mit der Arthrose zu assoziieren ist. Zu unterscheiden sind auch Schmerzen bedingt durch die verminderte Beweglichkeit des Gelenkes und der bedingten Zunahme an Kontrakturen, welche zu einer Überlastung der umgebenden Weichteile und angrenzenden Gelenken führt. Als weiteres typisches Zeichen gilt der morgendliche Anlaufschmerz. Hierbei kommt es zu einer Steifigkeit nach längeren Ruhephasen und einem notwendigen Einlaufen des Gelenks. Die Patienten geben meist nach einigen Bewegungen eine deutliche Besserung der Gelenkbeweglichkeit an (56). Im Gegensatz dazu dauert die Einschränkung der Beweglichkeit von Gelenken im Rahmen der aktiven rheumatoiden Arthritis typischer Weise über 30 Minuten an (51).

In weiterer Folge ist auch das Auftreten eines typischen Nachtschmerzes im betroffenen Gelenk wegweisend. Am Beispiel des Hüftgelenks macht dieser das Schlafen auf der betroffenen Seite nahezu unmöglich. Die schleichende, jedoch progrediente Einschränkung der Alltagsbewegungen, wie Schuhe binden, Treppensteigen und das Verrichten der täglichen Hausarbeit, wird vor allem aufgrund der fehlenden Beweglichkeit erschwert. Die Patienten berichten häufig über deutliche Einbußen im alltäglichen Leben und einer damit verbundenen Einschränkung der Lebensqualität. Es existieren zwar zahlreiche Einteilungen der Arthrose, meist auf Basis der radiologischen Erscheinungsformen (Kellgren u. Lawrence (57), Altman et al. (58)), leider korrelieren sie im klinischen Alltag wenig mit der Krankheitsaktivität und dem Leidensdruck der Patienten. Fürst et al. gibt hier eine klinisch anwenderfreundliche, tabellarische Übersicht, dargestellt in der nachfolgenden Tabelle 2, der relevanten Symptome in den verschiedenen Stadien der Arthrose (56).

Stadium	Symptomatik
Initialstadium	Schwäche, plötzliche Kraftlosigkeit Ermüdungshinken, Überlastungsschmerz Plötzlich stechender Schmerz bei endgradigen Bewegungen (Impingement) ausgedehnte Perioden der Rekonvaleszenz
Manifeste Arthrose	Anlaufschmerz nach Ruhestellungen, mit schmerzfreiem Intervall und anschließendem Belastungsschmerz Schonhinken, beginnende Bewegungseinschränkung (Extension und Innenrotation) Überlastung der periartikulären Strukturen
Aktivierte Arthrose	andauernder Ruheschmerz Schonhaltung (Bein adduziert und flektiert) Kapselschwellung, Erguss, Leistendruckschmerz
Periarthropathia coxae	schmerzhafte Verspannungen der periartikulären Muskulatur, Insertionstendinosen, Ketten-tendomyosen (LWS – Becken – Beinmuskulatur) Myofasziale Triggerpunkte mit der Folge weit ausstrahlender Schmerzen Kälteempfindlichkeit – Besserung durch Wärme Bursitis trochanterica, andere Bursitiden

Tabelle 2 Symptome der Coxarthrose nach Erkrankungsstadien nach Fürst G. in Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Tschauner C., Georg Thieme Verlag 2014, S. 312 (25)

3.3.5. Diagnostik

Die Anamnese gibt bereits einen guten Eindruck von Risikofaktoren und dem individuellen Leidensdruck des Patienten. Wie bereits im Abschnitt 3.3.3 Ätiologie der Coxarthrose erwähnt, werden die beeinflussenden Risikofaktoren abgefragt. Hauptaugenmerk wird auf die Symptome der einzelnen Stadien gelegt. Sowohl nach den allgemein gültigen Kriterien des „American College of Rheumatology“ (ACR) (59), als auch nach der aktuellen S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (19), gelten für die Diagnose der Osteoarthrose folgende Kombinationen aus klinischen und radiologischen Ergebnissen:

1. Hüftschmerz und Einschränkung der Hüft-Innenrotation $< 15^\circ$ (Sens. 86 %, Spez. 75 %) und entweder Blutkörperchensenkung (BKS) ≤ 45 mm/Std. (Sens. 89 %, Spez. 91 %) oder Flexion $\leq 115^\circ$ (Sens. 86 %, Spez. 75 %)

oder

2. Hüftschmerz und Einschränkung der Hüft-Innenrotation $\geq 15^\circ$ mit schmerzhafter Innenrotation und Morgensteifigkeit der Hüfte ≤ 60 min. (Sens. 86 %, Spez. 75 %) und Alter $> 50a$.

oder

3. Hüftschmerz und 2 der folgenden 3 Punkten:

- BKS < 20 mm/Std.
- femorale und/oder azetabuläre Osteophyten
- Gelenkspaltverschmälerung (superior, axial und/oder medial) (Sens. 89 %, Spez. 91 %).

Im Anschluss an eine adäquate Anamnese folgt die klinische Untersuchung im klassischen Ablauf von Inspektion, Palpation, Funktionsprüfung, sowie orientierende neurologische Untersuchung der unteren Extremität. Auch speziell für das Hüftgelenk wichtige Punkte wie das Gangbild, Trophik und Insuffizienz der Muskulatur und daraus resultierendes Hinken (Trendelenburg-, Duchenne-Zeichen) oder Kontrakturen (Thomas-Handgriff), das Bewegungsausmaß des Hüftgelenks und angrenzender Gelenke in der Neutral-0-Methode sowie im Seitenvergleich, Beckenstand und die Beinachse sollten erfasst werden (60).

Zur Vervollständigung der Diagnose ist heutzutage eine bildgebende Diagnostik unumgänglich. Als unerlässlich und als Goldstandard geltend ist die konventionelle Röntgenuntersuchung in 2 Ebenen. Eine Aufnahme in antero-posteriorer Ausrichtung im Stehen sowie eine axiale Aufnahme nach Lauenstein (61). Die klassischen nativradiologischen Anzeichen einer Arthrose sind:

- Verschmälerung des Gelenkspalts
- Subchondrale Sklerosierung
- Ausbildung von osteophytären Anbauten
- Subchondrale Zysten (Geröllzysten)

Die Sonographie als mittlerweile einfach zugängliche apparative Untersuchung besitzt mit ihrer fehlenden Strahlenbelastung und der guten Beurteilbarkeit des periartikulären Weichteilgewebes sowie der Abgrenzung zu rheumatoiden Schwellungszuständen einen mittlerweile unumstrittenen Stellenwert in der Diagnostik.

Die Computertomographie (CT) hingegen wird eher in speziellen Fragestellungen, vor allem bei fortgeschrittenen Arthrosen mit Destruktion des subchondralen Knochens im Rahmen der präoperativen Planung angewendet.

Die Kernspintomographie (MRT) stellt ebenso nicht das radiologisch diagnostische Hilfsmittel der Wahl dar. Dennoch kommt ihr durch die objektive Erfassung der Weichteile und der hohen Auflösung und Darstellung von präarthrotischen Knorpeldefekten und der Abgrenzung zur Knochennekrose ein erheblicher Stellenwert zu.

Ergänzend und zur Abgrenzung von einem infektiösen oder tumorösen Geschehen ist noch die Szintigraphie zu erwähnen. Den dritten Pfeiler der Arthrosediagnostik stellt die laborchemische Untersuchung dar. Bisher erfolgt hier die Abgrenzung zu gelenksdestruierenden Erkrankungen wie das Vorliegen einer bakteriellen Gelenksinfektion oder Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises. Die Analyse von häufig normwertigem C-reaktivem Protein (CRP) und der BKS kommt neben der Erfassung der Leukozytenzahl häufig zum Einsatz. Die weitere Analyse von eventuell vorliegendem Gelenkspunktat gibt ebenso Aufschluss auf das Vorliegen einer Gichtarthropathie oder septischer Arthritis (19,56).

Nach erfolgter Erhebung von umfassenden Befunden ist zur Einleitung einer adäquaten Therapie eine Einteilung des Schweregrades sinnvoll. Die älteste wurde bereits 1952 von Kellgren und Lawrence (62) entwickelt und stellt eine rein radiologische Bewertung der Arthrose in fünf Schweregraden dar. Sie wird in modifizierter Form heute noch angewendet (57):

Grad 0	Kein Anzeichen einer Osteoarthrose
Grad I	Gelenkspaltverschmälerung möglich, Osteophyten möglich
Grad II	Gelenkspaltverschmälerung sicher, Osteophyten möglich, minimale Sklerose
Grad III	Deutliche Gelenkspaltverschmälerung, geringe Osteophyten, geringe Sklerose
Grad IV	Aufgebrauchter Gelenkspalt, große Osteophyten, Sklerose, Zysten, ausgeprägte Deformierung.

Tabelle 3 Grade der Osteoarthrose nach Kellgren und Lawrence 1957 (57)

Ab dem Grad 2 spricht man in der Regel von einem Vorliegen einer Arthrose. Nachteil dieser Einteilung ist die fehlende Korrelation von klinischem Bild und radiologischer Darstellung. So divergieren die subjektiven Beschwerden erheblich, wenn beispielsweise gerade die Phase einer latenten Arthrose erreicht wurde.

Neuere Einteilungen durch multidimensionale Punktesysteme erlauben mittlerweile eine gute Vergleichbarkeit in klinischen und epidemiologischen Studien. Zu den am häufigsten verwendeten Systemen zählen der mehrfach modifizierte Score nach Merle d'Aubigné (63,64) und der Harris-Hip-Score (65). Zur Beurteilung des postoperativen Bewegungs- und Schmerzergebnisses wird neben dem Harris Hip-Score auch der „Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index“ (WOMAC) (66) eingesetzt. Letzterer ist ein Fragebogen, welcher vom Patienten selbst ausgefüllt wird und das subjektive Bewegungs- und Schmerzausmaß des Patienten dokumentiert.

3.3.6. Therapie

Die verfügbaren therapeutischen Modalitäten lassen sich in drei Teile gliedern. Die nicht-medikamentöse, medikamentöse und chirurgische Therapie. Leider entspricht die Therapie der Arthrose immer einem „palliativen“ Charakter, da erst mit Einsetzen von Symptomen eine Therapie eingeleitet werden kann. Aus diesem Grund wird der Prävention der Osteoarthrose ein großer Stellenwert zugemessen. Gleichzeitig erschwert die differente Ätiopathogenese eine adäquate Risikoreduktion und kann nur bei frühzeitiger Diagnose wesentliche Vorteile bringen.

Die Modifikation von Lifestyle-Faktoren wie Gewicht, sportliche Aktivität und möglicherweise Ernährung stellen leicht umzusetzende Maßnahmen dar, auch wenn ihnen in der gängigen Literatur eine eher geringe Effektstärke zugerechnet wird (51). Aus orthopädischer Sicht ist in den letzten Jahren zunehmend der Aspekt der Gelenkmorphologie in den Vordergrund gerückt. Mit der Weiterentwicklung der minimalinvasiven Chirurgie und vielfältigen arthroskopischen Operationsmethoden sowie der diagnostischen Möglichkeiten unter Anwendung der Kernspintomographie, wird der Gelenksarthroplastik ein großer Stellenwert zugerechnet (53). So findet sich auch in der Leitlinie zur Coxarthrose der deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädischer Chirurgie ein starker Konsens in der Behandlung von präarthrotischen Gelenkzuständen wie zum Beispiel dem femoro-acetabulärem Impingement (FAI) (19). Auch in dem sich entwickelnden Hüftgelenk von heranwachsenden Menschen gibt es klare Empfehlung einer Intervention wie etwa beim Vorliegen einer Hüft dysplasie. Hier sind Eingriffe am Hüftgelenk durch „Neu-Einstellen“ der Hüftpfanne beispielsweise mittels der periacetabulären Osteotomie nach Ganz (67) oder ähnlichen Verfahren äußerst vielversprechend.

Der nicht-medikamentösen Therapie in der inzipienten Arthrose werden vorrangig Bewegungstherapien zugeschrieben. Gelenksschonender sportlicher Aktivität unter reduziertem Gewicht und zyklischem Trainingsregime wird ein wesentlicher Stellenwert in der positiven Beeinflussung der Arthrose zugesprochen (51). Es gilt der Grundsatz – „Viel Bewegung ohne Belastung“.

Ein etabliertes konservatives Therapiekonzept lässt sich unter dem Begriff physikalische Therapie zusammenfassen. Sie beinhaltet sowohl die aktive

physiotherapeutische Therapie (Krankengymnastik), als auch manuelle Methoden und passive-physikalische Anwendung. Mit der aktiven Bewegungstherapie lassen sich sowohl pathologische Bewegungsabläufe auflösen als auch die gesamte Beweglichkeit fördern, um eine einheitliche Optimierung des Bewegungsablaufs zu erreichen. Unter Anwendung von manualen Methoden ist mitunter die spezielle Ursache von pathologischen Bewegungsabläufen behandelbar. Hierzu zählen beispielsweise Techniken der Traktion – Dehnen, Lösen, Straffen. Die wohl bekannteste passiv-physikalische Anwendung wird wohl die Massage sein. Obgleich es eine Vielzahl an physikalischen Therapien gibt, ist deren Wirksamkeit in klinischen Studien bisher nur wenig belegt (25,53).

Schließlich werden noch allgemeine orthopädische Hilfsmittel der nicht-medikamentösen Säule zugerechnet. Zu diesen zählen vor allem Orthesen wie Schuhausgleich und diverse Hilfsmittel – allen voran die Unterarmgehstützen (25). Diese erste Säule wird derzeit als Kernelement der konservativen Therapie in der Arthrose gesehen, da es eine individuell angepasste Therapie für die vorrangigen Symptome der Arthrose zulässt.

Die zweite Säule der konservativen Therapie, die medikamentöse Behandlung, wird im Regelfall nicht eigenständig, sondern additiv zu den physikalischen Maßnahmen angewendet. In der modernen Pharmakologie steht eine Vielzahl an Medikamenten zur Verfügung, welche im Laufe der Zeit variable Ergebnisse in den klinischen Studien erzielt haben. Die Unterscheidung der einzelnen Gruppen lässt sich in oral-, topisch- und intraartikulär-verfügbare Arzneimittel vornehmen. Nach ihrer Wirkung unterscheidet man auch rein schmerzlindernde von „symptomatic slow-acting Drugs in osteoarthritis“ (SYSADO). Letztere werden im anglo-amerikanischen Sprachraum auch als „disease modifying osteoarthritis drugs“ (DMOAD) bezeichnet (53).

Es herrscht starker Konsens über den Einsatz von Analgetika, sofern andere physikalische Maßnahmen zu keiner Schmerzlinderung führen (19). Als bekannteste Vertreter werden hier die „Nicht Steroidalen Antirheumatika“ (NSAR) verwendet. Das hauptsächlich im anglo-amerikanischen Sprachraum verwendete Paracetamol wird hier als Basismedikament empfohlen (51). In Deutschland wird vorrangig auf Ibuprofen, Acetylsalicylsäure (ASS) und Diclofenac zurückgegriffen (68). Neben den klassischen NSAR wird den selektiven Cox-2 Hemmern eine verbesserte Wirkung im

Rahmen des arthrotischen Prozesses zugeschrieben. In Abwägung des individuellen Risikoprofils der Patienten gilt prinzipiell der Grundsatz mit der minimalsten Dosis so kurzfristig wie möglich in der Schmerzbehandlung auszukommen. Es existieren bis dato noch keine ausreichenden Langzeitstudien, um den Erfolg der NSAR und Cox-2 Hemmer über längere Zeit zu belegen (51,53).

Im Hinblick auf die aktivierte Arthrose mit ihren ausgeprägten Ruheschmerzen findet sich in den derzeitigen Leitlinien Konsens in der Anwendung von Stufe 2 Analgetika, z.B. Tramadol oder Tilidin, nach WHO (69) (siehe Anhang, Abbildung 9), jedoch mit der Limitierung, dass diese lediglich als Überbrückung bis zu einer operativen Versorgung eingenommen werden sollten. Die Verordnung von Opiaten sollte in Fällen von einer nicht ausreichenden therapeutischen Schmerzbekämpfung mit NSAR und Kontraindikationen bei einer operativen Versorgung erfolgen (19,51).

Im Sinne des modifizierten WHO-Stufenschemas (69) für nicht-Tumorschmerz ist auch die Gabe von zentral wirksamen Ko-Analgetika zur Behandlung des chronifizierten Schmerzes zu diskutieren. Zuletzt konnte im Rahmen der Arthrose des Kniegelenks eine gute Wirkung bei der Therapie mit Duloxetin, einem Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, gezeigt werden (70,71). Obgleich eine Anwendung in der Hüftarthrose noch nicht wissenschaftlich getestet wurde, werden diese adjuvanten Analgetika in der Stufenbehandlung des chronischen Schmerzes empfohlen (19,69). Zu der Gruppe der SYSADO/DMOAD's werden beispielsweise Glucosaminsulfat, Chondroitinsulfat und die Hyaluronsäure gezählt. Die überwiegende Mehrzahl der Studien beschäftigte sich mit deren Einfluss auf das Schmerzausmaß in der Gonarthrose. Aufgrund der großen Heterogenität der Studien konnten bisher nur widersprüchliche Resultate gezeigt werden. So konnte Rozendaal, R.M., et al. (72), in einer Placebo-kontrollierten Studie über zwei Jahre keinen Nachweis einer analgetischen Wirkung oder Verbesserung der Funktion von Glucosaminsulfat nachweisen. Gleichmaßen sind die Ergebnisse eines Knorpelschützenden oder gar regenerativen Effektes bisher nicht belegt (51).

Die Anwendung von pflanzlichen Arzneimitteln zur analgetischen Behandlung ist gleichermaßen wie in der Gruppe der SYSADO/DMOAD's aufgrund der unzureichenden Datenlage derzeit nur eingeschränkt zu interpretieren. Unter der Anwendung von beispielsweise Kurkuma-Extrakten lassen sich Hinweise auf eine

Verbesserung der analgetischen Situation in der Kniegelenksarthrose nachweisen (73). Ähnlich verhält es sich mit unverseifbare Bestandteile aus Avocado und Soja (ASU), hier konnte in einzelnen Studien eine Verbesserung der Beweglichkeit und der Schmerzen in der Coxarthrose gezeigt werden (74), jedoch ist derzeit eine breite Empfehlung zur Anwendung der Phytopharmaka auf Basis dieser Datenlage nicht gegeben (19).

Abschließend sei noch die intraartikuläre Injektion von Arzneimitteln zu erwähnen, allen voran, die Injektion mit Glucocorticoiden. Die Effekte der Schmerzlinderung erreichen erfahrungsgemäß ihr Maximum nach 1 Woche und halten variabel an. Als problematisch anzusehen sind die allgemeinen Risiken der Injektion, wie eine mögliche septische Arthritis, sowie die unter Umständen erhöhte Infektrate bei im Anschluss notwendiger operativer Versorgung des betroffenen Gelenks. Gleichermäßen schwer zu interpretieren ist die Injektion mittels Hyaluronsäure. Hierzu gibt es wiederum widersprüchliche Ergebnisse, wobei festgehalten werden muss, dass sich die Studienlage nahezu ausschließlich mit der intraartikulären Injektion im Rahmen der Gonarthrose beschäftigt (51).

3.4. Hüftendoprothetik

„The Operation of the century: total hip replacement“ lautet der Titel eines im renommierten Journal The Lancet, 2007 veröffentlichten Artikels (75). Eindrucksvoll wird hier die Entwicklung der Endoprothetik von ihren Anfängen bis in die Neuzeit mit allen Tücken und Aussichten aufgearbeitet. Als im wahrsten Sinne finaler Pfeiler der Coxarthrose steht die Resektion der arthrotischen Gelenksanteile und Implantation eines künstlichen Neogelenks zur Verfügung. Obgleich die Kosten einem beträchtlichem Anteil der gesundheitsökonomischen Ausgaben entsprechen, ist mit der Entwicklung von modernen Implantaten und Techniken bei einer implantatsbezogenen Überlebensrate nach 14 Jahren von bis zu 92% (15) und der ursächlichen Beseitigung der Arthrose im ersetzten Gelenk, die Wirksamkeit dieser Therapie unumstritten.

3.4.1. Entwicklungsgeschichte

Bevor man den enormen Verdiensten bereits vergangener Chirurgen und Wegbereitern der modernen Endoprothetik huldigt, ist auch der Entwicklung der medizinischen Voraussetzungen, genauer gesagt der Anästhesie, zumindest eine Erwähnung wert. Die durch William Thomas Green Morton 1846 in den USA erstmalig erfolgreich durchgeführte Allgemeinnarkose mit anschließender Verbreitung der Methode im europäischen Raum durch Henry Jacob Bigelow, wurden die Möglichkeiten einer chirurgischen Versorgung befeuert. Auch die durch Joseph Lister propagierte Antisepsis in 1867 trug zu einer deutlichen Verbesserung der operativen Zustände bei (76).

Der erste erfolgreiche Gelenkersatz dürfte sich der Geschichte nach bereits im Altertum ereignet haben. Nach Wessinghage D. (76) fand Themistocles Gluck einen Hinweis auf die erste erfolgreiche Implantation einer Elfenbeinprothese an der Schulter von Pelops, Sohn des Tantalos, welcher von seinem Vater geopfert wurde und von dessen Schulter Demeter aß. Es war eine Parze, genauer Klotho, welche den Leichnam wiederbelebte und die fehlende Schulter mit einer Prothese aus Elfenbein ersetzte.

Einzelfälle, erstmals im 16. Jahrhundert beschrieben, berichten von Gelenkresektionen im Rahmen von offenen Verletzungen und Infektionen (76). Wegweiser der Resektionsarthroplastik war ein schottischer Chirurg Charles White, der im Jahre 1768 einem 14-jährigen die Schulter nach Entwicklung einer Osteomyelitis vollständig entfernte. Dies gelang mit Erfolg, der Arm war lediglich kürzer, jedoch beweglich. Hier sei Anthony White noch zu nennen, der 1821 als erster eine Resektion eines Hüftkopfes nach erlittener Hüftluxation vornahm.

Mit zunehmender Erfahrung, dass eine umfangreiche Resektion zu einem Verlust der Standfestigkeit an der unteren Extremität führte und eine zu sparsame Resektion die Ankylose des Gelenks förderte wurde von Verneuil 1863 vorgeschlagen, die separierten Gelenkfläche durch Einlage von Gewebe zu trennen, um eine weitere Verwachsung zu verhindern. Nach erstmalig gelungener Interposition eines Muskellappens in einem resezierten Gelenk durch Helferich, wurden in den darauffolgenden Jahren verschiedene Gewebearten, wie Haut, Periost, Sehnen,

Schweineblasen, Rinderbauchfell und sogar Metall, Gummi oder Holz als Platzhalter implantiert (26).

Die mit mehr oder weniger gutem Erfolg durchgeführte Interpositionsarthroplastik wurde durch die im Jahre 1885 propagierte Idee von Themistocles Gluck einen Gelenkersatz, mittels frisch amputierten Leichengelenken oder aus Elfenbein gefertigten Gelenken, durchzuführen in Frage gestellt. Unter den ungünstigen Bedingungen des notwendigen Gelenkersatzes aufgrund der häufigen Gelenkstuberkulose waren die Operationen leider nur von kurzweiligem Erfolg gekrönt. Immerhin konnten bei einem Teil der Implantate eine histologische Verbindung von Knochen und Elfenbein im Sinne einer Transsubstantiation, der Verbindung von Gewebe verschiedener Organismen, nachgewiesen werden. Auch die Innovation der Verbindung von Prothese und Knochen mittels eines erhitztem Gemisch aus „Colophonium mit Bimmsstein oder Gyps“ – dem ersten Knochenzement, verdanken wir Themistocles Gluck (76).

Auf Basis des doch sehr variablen Erfolges von Elfenbeinprothesen griff Smith-Petersen 1923 in Boston auf die Interpositionsarthroplastik zurück und erzielte nach anfänglichen Fehlschlägen, aufgrund der verwendeten Materialien, 1939 mit seinem „Vitallium Cup“, welcher auf den Femurkopf ohne Fixierung aufgesteckt wurde, gute Erfolge. Es folgten die ersten Versuche des Femurkopfersatzes durch eine Plexiglas Prothese, entwickelt von den Gebrüder Jean und Robert Judet 1950. Aufgrund der fulminanten Gewebsreaktionen und fehlender Primärstabilität mit daraus resultierender frühzeitiger Lockerung konnte sich auch diese nicht durchsetzen. Moore und Bohlmann stellten 1943 einen Femurkopfersatz aus Chrom-Kobalt Legierung vor, welcher mit einem langen gefensterten Stiel im Schaft verankert wurde. Trotz der guten Materialverträglichkeit kam es zur Ausdünnung des Acetabulums bis hin zur vollständigen Penetration und Protrusion der Prothese ins kleine Becken (26). Das Problem der Lockerung wurde durch einen in der Zahnheilkunde verwendeten „dental acrylic“ Zement, welcher erstmals 1953 von Edward J. Haboush verwendet wurde, verbessert. Im Hinblick auf die Komplikation der Protrusion der Prothese bei Verwendung eines reinen Femurkopfersatzes, entwickelte Philip Wiles die erste Totalendoprothese durch additiven Ersatz der Gelenkspfanne. Es folgten Weiterentwicklungen der ersten Metall-Metall-Gleitpaarungen (76).

Die wohl weitreichendsten Veränderungen erzielte John Charnley aus Manchester. Nicht nur stellte er die Idee der sogenannte „Low-friction“ Prothese zur Verbesserung der Abriebproblematik und die Entwicklung des hochverdichteten Polyethylens als Gleitpaarung zwischen einem Metallkopf und eines Polyethylen-Inlays vor, sondern er entwickelte auch den Knochenzement weiter und etablierte dessen Einsatz zum Erreichen einer Primärstabilität nach Implantation der Totalendoprothesen. Auch die anfänglichen Misserfolge bei einer erhöhten Infektionsrate wurden durch die Weiterentwicklung der perioperativen Hygiene mittels der Implementation von Reinraumkabinen, antibiotikahaltigem Knochenzement und der perioperativen Antibiotikaphylaxe überwunden (26).

Die weitreichenden Verbesserungen von Charnley galten lange Zeit als Goldstandard in der Endoprothetik, jedoch fanden sich in Langzeitstudien immer häufiger aseptische Lockerungen. Ein weiteres Problem stellten die Abriebpartikel dar, welche sich in teils verheerenden Fremdkörpergranulomen ablagern und sogenannte Pseudotumore bilden. Die Lösung des erhöhten Abriebs konnte mit der Weiterentwicklung der verwendeten Materialien und der Einführung von Keramikkomponenten von Boutin 1970 deutlich verbessert werden (77). Um dem Problem der aseptischen Lockerung zu begegnen versorgten bereits 1951 Mc Kee, Watson und Farrar die vorrangig betroffene ersetzte Gelenkspfanne mit Schrauben. Im Jahre 1964 erprobte Ring die Fixierung der zementfreien Prothese unter Zuhilfenahme von langen Schrauben im Becken.

Auf Basis der von Charnley propagierten Oberflächenvergrößerung durch den verwendeten Knochenzement, entwickelte Judet eine aus Kobalt-Chrom-Nickel Verbindung bestehende Prothese mit poröser Oberfläche, die eher an ein korrodiertes Metall erinnert. Nicht nur die Oberflächenstruktur wurde vergrößert, auch die Form des Prothesenschaftes, welcher bis 1970 geradlinig war, wurde von Maurice Müller mit einem gebogenen Schaftdesign und einem Kragen ersetzt. Die Verwendung einer Titanlegierung und porösen Oberfläche sowie einer konischen Schraubpfanne gepaart mit einem Polyethylen-Inlay durch Zweymüller in 1980 revolutionierte erneut die Endoprothetik. Es folgten weiter Verbesserungen durch Spotorno's 1983 eingeführte sphärische Pfannenkomponente oder Morscher und Mathy's 1974 entwickelten isoelastischen Prothesenstil. Schütt und Grundei entwickelten 1983 einen

anatomischen Prothesenschaft, der eine metalligierte spongiöse Oberfläche aufwies. Es folgte eine Vielzahl an Verbesserungen der Prothesenkomponenten, die mit unterschiedlichsten Materialien eine kontinuierlich verbesserte Standzeit erzielten (26,75).

3.4.2. Minimalinvasivität

An Ende des 20. Jahrhunderts wurde eine Debatte über eine neue Technik in der Orthopädischen Chirurgie entfacht. Die propagierte minimalinvasive Technik (engl. Minimal invasive Surgery – MIS), zuvor nur vereinzelt in speziellen Kliniken durchgeführt, ist jedoch nicht mit einer singulären gewebeschonenden Operationsmethodik gleichzusetzen, sondern subsumiert vielmehr eine heterogene Familie verschiedener Operationstechniken.

In der heutigen Zeit stehen durch konstante Weiterentwicklung auf Basis der vielversprechenden propagierten Vorteile der MIS eine Vielzahl an operativen Möglichkeiten der Implantation einer Hüfttotalendoprothese zur Verfügung. Obgleich der rasanten Entwicklung dieser Techniken fehlt eine vereinheitlichte Definition (78,79). Eine gängige Definition ist die Hautschnittlänge, welche zumindest unter 10 cm sein sollte (75), jedoch variiert diese nach Studienlage von 3 cm bis 8 cm beträchtlich (79).

Bei genauer Betrachtung entsprechen viele der heute verwendeten minimalinvasiven Techniken in der Tat reduzierten Versionen der bekannten Standard Zugänge, mit dem einzigen Unterschied von kleineren Hautschnitten und einem teilweise schonenderen Umgang mit den periartikulären Weichteilen. Es werden bekannte Muskellücken und Wege genützt, wobei keine der geschonten Strukturen bisher als Schlüssel zu einer schnelleren Rekonvaleszenz identifiziert werden konnte (79).

Die Vor- und Nachteile der MIS werden in der Literatur weiterhin kontrovers diskutiert. So werden der verbesserte kosmetische Aspekt, geringere Weichteiltraumata, ein konsekutiv verminderter Blutverlust und verringerte postoperative Schmerzen als Vorteile diskutiert (75,79,80). Demgegenüber berichtet die Literatur über ein erhöhtes Risiko der Fehlpositionierung der Implantate aufgrund der fehlenden Übersicht, sowie

über eine flachere Lernkurve und dem damit verbundenem Anstieg des perioperativen Risikos (78,80). Die Kontroverse der propagierten Vorteile ist weiterhin Bestandteil der derzeitigen Forschung. Das Fehlen von Langzeitbeobachtungen und entsprechend gepowerten Studien führt auch zu keinen klaren Empfehlungen in den Leitlinien der gebildeten Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society (22).

Diese aufwändige Technik ist nicht nur von angepassten anatomischen Zugängen gekennzeichnet, auch die korrekte Lagerung, Schnittführung und ein an das begrenzte chirurgische Sichtfeld angepasstes Instrumentarium sind unumgänglich. Die limitierte Sicht führte auch zu verstärktem Einsatz computergestützter Navigation beim Einbringen des Implantats (81), jedoch birgt auch dieser Fortschritt keinen allumfassenden Schutz vor der postoperativen Fehlpositionierung der Implantate (82).

Eine grobe Einteilung der minimalinvasiven Operationszugängen lässt sich durch die Anzahl der notwendigen Inzisionen vornehmen. Sogenannte „two – incision“ Techniken werden von der „single – incision“ Technik unterschieden. Entwickelt wurde die „two – incision“ Technik 2003 von Berger et al. Angesichts des hohen technischen Anspruchs, der verlängerten Operationsdauer und Notwendigkeit von einer speziellen Ausstattung bei erhöhter Komplikationsrate empfiehlt beispielsweise das „National Institute for Clinical Excellence“ (NICE) des Vereinigten Königreichs, dass die Durchführung speziellen Zentren vorbehalten sein soll (75).

Zu den „single – incision“ Techniken zählen die weiter verbreiteten Adaptationen von konventionellen Operationszugängen. Eine minimalinvasive Erweiterung des anterioren Zugangs nach Smith-Petersen wurde bereits 1980 von Light und Keggi (83) publiziert und beworben. Im deutschsprachigen Raum wurde der Zugang sowohl in Rückenlage als auch Seitenlage von Rachbauer (84) beschrieben. Der Zugang unterscheidet sich im Wesentlichen durch eine verkürzte Hautinzision und die Verwendung von gewinkelten Instrumenten von der konventionellen Methode nach Smith-Petersen. Hier ordnet sich auch der von Michel (8) entwickelte MicroHip® Zugang ein, welcher in Seitenlage die Hyperextension des zu operierenden Beines und eine vom Trochanter major ausgehende und auf die Spina iliaca ant. sup. zielende circa 8 cm messende Inzision nutzt. Hier werden ebenfalls speziell gewinkelte Instrumente verwendet, um eine bessere Darstellung des Gelenkes zu ermöglichen (8).

Ähnliches gilt für modifizierte antero-laterale Zugänge nach Watson-Jones (31). So beschreibt Graf und Azizbaig- Mohajer (85) einen Variante in Rückenlage. Von Bertin und Röttinger (9) wird im Gegensatz zum MicroHip© Zugang, erstmals die Positionierung in Seitenlage und Hyperextension des zu operierenden Beines beschrieben, jedoch unter Verwendung des bekannten intermuskulären Intervalls eines antero-lateralen Zuganges. Weitere Autoren haben bis heute eine Vielzahl an Varianten des ursprünglich von Watson-Jones beschriebenen Zuganges publiziert (5,86,87).

Ein von Higuchi et al. (88) titulierter antero-lateraler Zugang stellt eher einen „minimal invasiven“ transglutealen Zugang, ähnlich wie ihn Hardinge (34) beschreibt, dar. Hier wird ein Split des M. gluteus medius stumpf vorgenommen, jedoch im Verbund mit dem Ursprung des M. vastus lateralis wird dieser mit dem Messer kurzstreckig am anterioren Rand des Femur abgelöst (88).

Die minimalinvasive Variante des posterolateralen Zuganges wurde von Goldstein und Branson (89) beschrieben. Hier folgt die tiefe Präparation dem Vorderrand des M. gluteus maximus und der hinteren Begrenzung des Tractus iliotibialis. Nach scharfer kurzstreckiger Ablösung des Vorderrandes des M. gluteus maximus werden entsprechend eines posterioren Zuganges die kurzen Außenrotatoren abgelöst. Die Lagerung erfolgt hier ebenfalls in Seitenlage.

Abschließend sei noch der „minimal invasive“ posteriore Zugang erwähnt. Hier zeigt sich im Wesentlichen keine Änderung der anatomischen Präparation zum konventionellen posterioren Zugang. Lediglich die Hautinzision ist <10 cm lang (79,90). Die behandelten minimalinvasiven Zugänge weisen wie eingangs erwähnt eine durchaus schwierige Vergleichbarkeit aufgrund einer fehlenden einheitlichen Unterscheidung zwischen „minimal invasiv“ und „mini - incision“ auf. Die Vertreter dieser Techniken beschreiben jeweils ein verbessertes postoperatives Ergebnis bei der Anwendung von MIS-Techniken. Trotz der unklaren Datenlage zeigt sich eine gemeinsame Tendenz der möglichen Verkürzung des stationären postoperativen Aufenthalts. Ob hier der gewählte operative Zugang ausschlaggebend für eine frühzeitige postoperative Genesung ist, oder welche anderen Faktoren beitragen, ist weiterhin Gegenstand gegenwärtiger Forschung.

4. Fragestellung und Ziel

Im europäischen Raum gilt der Hüftzugang nach Bauer (32) weiterhin als der am häufigsten verwendete operativer Standardzugang in der Hüfttotalendoprothetik. Diese klassische Methode wird erfolgreich seit Jahrzehnten angewendet und ist aufgrund der äußerst günstigen Sichtverhältnisse ein bevorzugter Zugang. Obgleich der invasiven operativen Vorgangsweise müssen moderne minimalinvasive Varianten sowohl die Nachteile der konventionellen Methode überwinden als auch eine zumindest vergleichbare Komplikationsrate vorweisen, um sich als zulässiger operativer Standard zu beweisen.

In der rezenten Literatur wird regelmäßig die schmerzarme postoperative Mobilisierung der mittels minimalinvasiven Verfahren versorgten Patienten hervorgehoben und eine frühzeitig suffiziente Mobilisation mit allen begleitenden Vorteilen abgeleitet (5,6,91–93). Dies gibt Anlass zur Evaluierung der perioperativen Schmerzreduktion des an der orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg am Asklepios Klinikum Bad Abbach angewandten modifizierten minimallinvasiven Variante des antero-lateralen Zugangs nach Röttinger (9) im direkten Vergleich mit dem konventionellen transglutealen Zugang nach Bauer (32).

Primär Hypothese:

Der gewählte operative Zugang hat keinen Einfluss auf den Unterschied in der postoperativen Schmerzskala bei Belastung.

Sekundär Hypothese:

Der gewählte operative Zugang hat keinen Einfluss auf die Gabe von postoperativen Opiaten.

5. Material und Methoden

5.1. Studiendesign

Es erfolgt eine monozentrische retrospektive Auswertung aller Patienten, welche an der Orthopädischen Klinik der Universität Regensburg in Bad Abbach zwischen 01.04.2013 und 31.03.2017 mittels einer primären Hüfttotalendoprothese operativ versorgt wurden und einer Datenerhebung im Rahmen des „QUIPS“-Projektes (94,95) (Qualitätsverbesserung in der postoperativen Schmerztherapie), registriert im Deutschen Register für Klinische Studien (NR. DRKS00006153), zugestimmt hatten.

Im Rahmen des multizentrischen QUIPS- Projektes wurden an teilnehmenden Kliniken Parameter hinsichtlich des Schmerzausmaßes vor und am ersten postoperativem Tag nach Implantation einer Totalendoprothese gesammelt. Das Projekt evaluiert auf regelmäßiger Basis mithilfe eines validierten Fragebogens die postoperative Qualität des Ergebnisses aus Sicht des Patienten und gibt Rückmeldung über die postoperative Schmerzentwicklung an der beteiligten Klinik. Ins Leben gerufen wurde dieses ambitionierte Projekt von der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und wurde durch die örtliche Ethikkommission mit der Genehmigungsnummer 1184-08/03 genehmigt.

In weiterer Folge wurden die Patienten nach den nachfolgenden Inklusionskriterien eingeschlossen und anschließend in zwei Gruppen, entsprechend des gewählten operativen Zuganges – Anterolateral vs. Transglutealer Zugang eingeteilt und der weiteren statistischen Auswertung zugeführt.

5.2. Ethische Grundsätze

Die Studie wurde der Ethikkommission der Universität Regensburg vorgestellt und einer Durchführung zugestimmt (EK-Zeichen, 20-2110-104). Alle Patientendaten wurden mit einer randomisiert generierten alphanumerischen Identifikationsnummer pseudonymisiert und anschließend ausgewertet. Die eingeschlossenen Patienten

hatten keinen direkten Nutzen von der Studie. Allerdings ist bei einer rein retrospektiven Auswertung lediglich das Risiko des Bekanntwerdens der sensiblen Patientendaten zu befürchten, welches durch die Pseudonymisierung und Zugriffsbeschränkung zu den Originaldaten entgegnet wurde.

5.3. Datenerhebung

Demographische Daten wie Alter, Geschlecht, ASA-Klassifikation (siehe Anhang Tabelle 7 (96)), Operationsdauer, Operationsart nach dem Operationen- und Prozedurenschlüssel anhand der Internationalen Klassifikation der Prozeduren in der Medizin (OPS-2020) (97) wurden aus den hausinternen Patientenakten extrahiert.

Im Rahmen des „QUIPS“ Projektes (94,95) wurden als teilnehmende Klinik unter Anwendung des standardisierten QUIPS Fragebogens unter anderem Minimum-, Maximum- und postoperativer Aktivitätsschmerz anhand der Numerischen-rating-Skala (98) bewertet (NRS: NRS 0 = kein Schmerz, NRS 10 = schlimmster vorstellbarer Schmerz).

Ferner wird das Vorliegen eines präoperativ bestehenden Schmerzes mittels „Ja“ und „Nein“ Antwort, sowie dessen Ausmaß ebenfalls mittels der NRS ermittelt. Postoperativ werden mittels „Ja“- und „Nein“-Antworten die vorhandenen Schmerzen bei Belastung erhoben, sowie deren korrespondierenden Intensitäten anhand der NRS ermittelt.

Die Art und Verwendung der postoperativen Schmerzmedikation wurde unter Abgleich mit der Patientenakte erhoben und gemäß der WHO-Schmerzskala (99) klassifiziert, wobei als „Nicht-Opioide“ Medikamente der WHO-Stufe 1 definiert wurden und als „Opioide“ eine Zusammenfassung der WHO-Stufe 2 und 3 erfolgte. Das Medikament wurde als „erhalten“ oder „nicht erhalten“ registriert.

5.4. Studienpopulation und Patientenselektion

Die primäre Auslesung der Patientendaten im Studienzeitraum ergab 734 Patienten, die in diesem Zeitraum mittels einer Hüfttotalendoprothese operativ versorgt wurden und der Datenerhebung im Rahmen des QUIPS Projektes eingewilligt hatten. Die rohen Patientendaten umfassten insgesamt 130 verschiedene Werte. Es erfolgte neben einer Selektion der studienrelevanten Parametern eine Vereinheitlichung der Datenstruktur zur Implementierung einer Datenmatrix in R (R Core Team 2019, Vienna, Austria) (100). Im nächsten Schritt wurden die nachstehenden Ein- und Ausschlusskriterien zur weiteren Patientenselektion angewandt.

Eingeschlossen wurden Patienten, welche

- (1) auf Basis einer Coxarthrose eine Hüfttotalendoprothese erhielten,
- (2) entweder mittels eines antero-lateralen minimalinvasiven Zuganges oder transglutealen Bauer-Zuganges operativ versorgt wurden,
- (3) zwischen 01.04.2013 und 31.03.2017 an der Orthopädischen Klinik der Universität Regensburg in Bad Abbach behandelt wurden,
- (4) einer Datenerhebung im Rahmen des QUIPS-Projektes zugestimmt hatten,
- (5) an der zu operierenden Seite keine Vor-Operationen durchgeführt wurden,
- (6) keine intraoperativen Komplikationen erlitten haben,
- (7) ohne einen operativen Verfahrenswechsel oder ein additives operatives Verfahren versorgt wurden,
- (8) unter alleiniger Spinalanästhesie operativ versorgt wurden,
- (9) postoperativ lediglich eine orale oder intravenöse Analgesie erhielten.

Nach Anwendung der Einschlusskriterien konnten insgesamt 567 Patienten in die Studiengruppe eingeschlossen werden. Es befanden sich 341 Patienten in der Anterolateralen Gruppe, welche mittels einer minimalinvasiven anterolateralen Technik versorgt wurden, und 226 Patienten in der Lateralen Gruppe, welche mittels eines konventionellen transglutealen-Zugangs operativ versorgt wurden.

Der Prozess der Datenaufbereitung sowie der Patientenselektion sind in den nachfolgenden Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

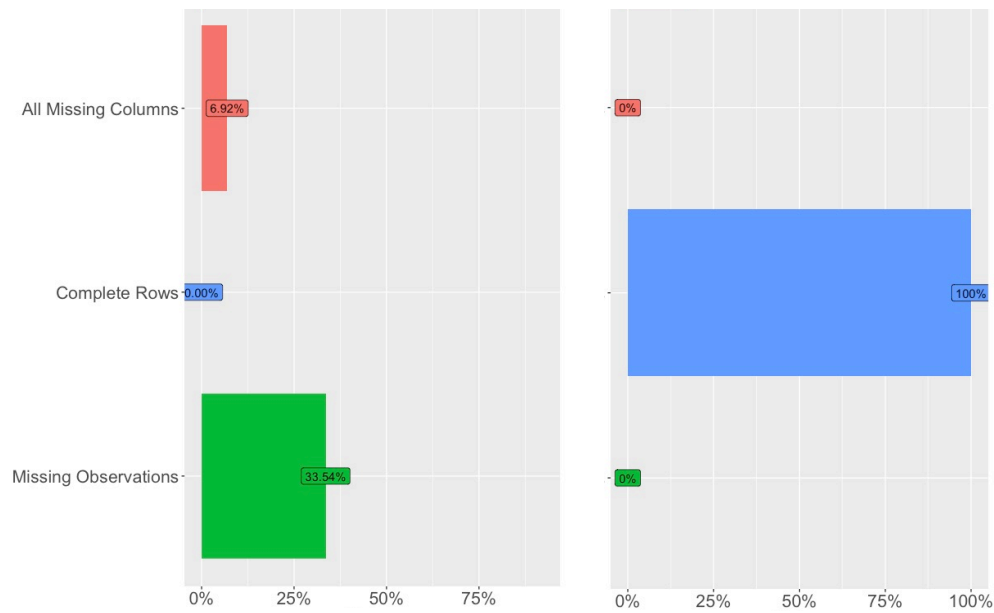


Abbildung 4 Rohdatenübersicht vor (links) und nach (rechts) Bereinigung

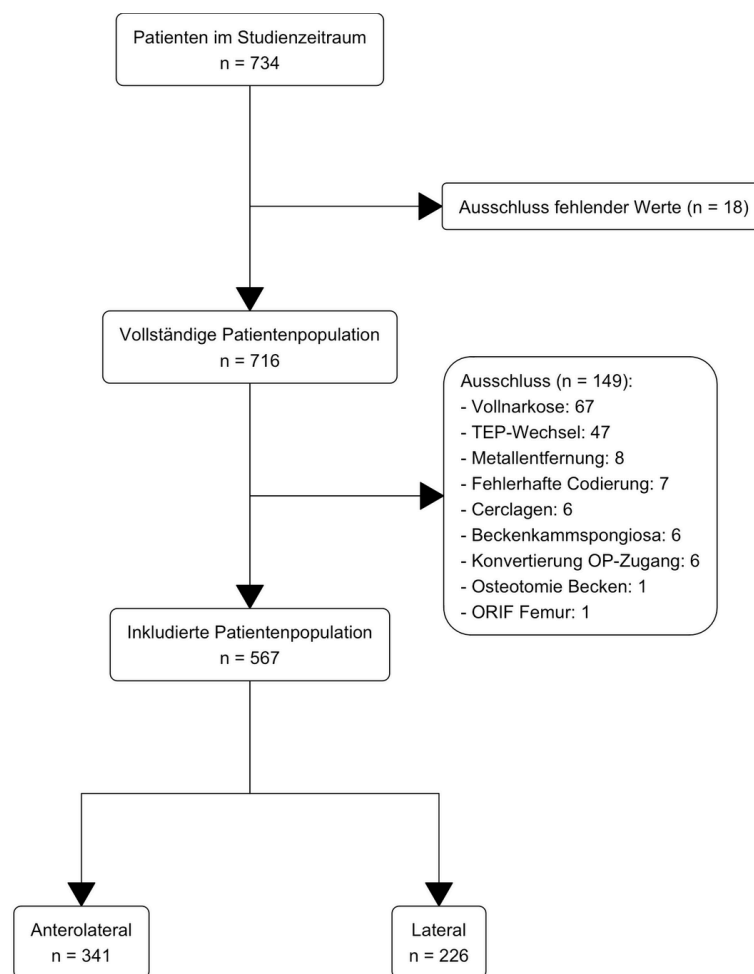


Abbildung 5 Rekrutierungsprozess

5.5. Prothesensystem

Verwendet wurden Implantate der Firma DePuy Orthopaedics Inc. (Warsaw, IN, USA). Die zementfreie Pfanne, PINNACLE-System mit POROCOAT®-Oberflächenbeschichtung, wurde in Kombination mit einem Polyethylen-Inlay verwendet. Als zementfreier Schaft wurde das Hydroxylapatit beschichtete CORAIL®-System verwendet.

5.6. Operationstechnik

Es erfolgte nach Einleitung der Regionalanästhesie und Gabe einer Single-Shot Antibiose mittels Cefazolin 2g die Lagerung des Patienten in Rückenlage bei einem konventionell gewählten Zugang und in Seitenlage bei Anwendung der minimalinvasiven antero-lateralen Technik.

Es folgte anschließend die standardisierte sterile Desinfektion und das Abdecken in typischer orthopädischer Technik. Die Schnittführung und weitere Präparation des konventionellen Zuganges wurde entsprechend des bereits beschriebenen operativen transglutealen Zuganges durchgeführt. In Anlehnung an das minimalinvasive Verfahren nach Röttinger (9) erfolgte in der Anterolateralen Gruppe ein Hautschnitt ausgehend vom ventralen Aspekt des Trochanter majors, in Projektion des Oberschenkelhalses in Richtung der Crista iliaca von circa 8 cm. Anschließend erfolgt die Inzision des Tractus iliotibialis streng in Faserrichtung, gefolgt von stumpfem Aufsuchen des muskelfreien Intervalls zwischen M. tensor fasciae latae und M. gluteus medius und profund dazu minimus. Einsatz von gewinkelten Stumpfen Hohmann Haken um die Kapsel des Hüftgelenks und Exposition derselben. Eröffnen und Resektion der Kapsel und Absetzen des Oberschenkelhalses mit der oszillierenden Säge.

Nach dem Bergen des Kopfes folgte die Präparation des Acetabulums und Auffräsen desselben in aufsteigendem Durchmesser sowie Einschlagen der DePuy Pinnacle® Pfanne pressfit mit gewinkeltem Einschläger. Nach Einsetzen des Inlays wird das Bein in einen sterilen Sack hyperextendiert und senkrecht zum Boden gelagert (90° außenrotiert). Im Anschluss an ein vorausgehendes sparsames muskuläres Release

und der Präparation der Osteotomieebene am Oberschenkelhals erfolgte die Präparation des Markraumes mittels Proberaffeln in aufsteigender Größe, bis ein fester corticaler Sitz erreicht wird und Rotationsstabilität bestand.

Es folgte das Aufsetzen des Probierhalses und -kopfes in entsprechend geplanter Größe, sowie die anschließende Reposition und radiologische Kontrolle. Bei korrekter Implantatlage erfolgte die erneute Luxation und das Einbringen der endgültigen Implantate, eines DePuy Corail® AMT Schafts mit entsprechendem Kopf. Abschließend erfolgt die subfasziale Einlage einer Redondrainage und der schichtweise Faszien- und Wundverschluss. Die Anlage eines sterilen Wundverbandes sowie eines Ganzbeinkompressionsverbandes beendete die Operation.

5.7. Postoperatives Management

Die Thromboseprophylaxe erfolgte mit Certoparin–Natrium (Mono-Embolex®, Novartis Pharma GmbH, Nürnberg, Germany) 6 Stunden postoperativ in einmal täglicher Dosierung. Die Patienten wurden nach Abklingen der Spinalanästhesie bereits vollbelastend mobilisiert. Der Zug der Redondrainagen erfolgte üblicherweise nach 48h. Die postoperative Analgesie richtete sich nach dem WHO Stufenschema (69) sowie Klassifikation der Schmerzangaben nach dem NRS-Schema. Als Basis Medikation erhielten die Patienten Ibuprofen 600mg (IBU-ratiopharm®, ratiopharm GmbH, Ulm) oral dreimal täglich oder Metamizol 500mg (Novalgin®, Sanofi-Aventis Deutschland GmbH, Frankfurt) oral viermal täglich. Die Ulcusprophylaxe erfolgte durch die Gabe von Pantoprazol 20mg (Pantozol®, Nycomed Germany Holding GmbH, Konstanz) oral einmal täglich. Als zweite Stufe wurde oral Tilidinhydrochlorid / Naloxonhydrochlorid in der Dosierung 50mg/4mg bis zu 3xtäglich (Tilidin-ratiopharm® plus, ratiopharm GmbH, Ulm) verwendet. Gemäß der dritten WHO-Stufe erfolgte eine orale Analgesie mittels Oxycodon hydrochlorid / Naloxon hydrochlorid (Oxycodon comp – Hexal® 10mg/5mg, Hexal AG, Holzkirchen). Bei postoperativer Übelkeit und Erbrechen wurde eine analoges intravenöses Stufenschema unter begleitender Antiemetika-Gabe angewendet.

5.8. Statistik

Alle statistischen Analysen und graphischen Darstellungen wurden unter Verwendung der freien Softwareumgebung R (100) unter Anwendung von RStudio (Version 1.1.423, © 2009-2018 Rstudio, Inc.) durchgeführt. Für die Analyse der primären Hypothese wurden zweiseitige p-Werte $<0,05$ als statistisch signifikant angesehen. Die p-Werte aller anderen deskriptiven Analysen dienten nur beschreibenden Zwecken, eine Multiplizitätskorrektur nach Bonferoni-Holm wurde zur Veranschaulichung angewendet.

Metrische Variablen wie Alter etc. wurden mittels minimal- (Min), maximal- (Max), und Durchschnittswerten (Mean) in Tabellen angegeben. Ausgewählte metrische Variablen wurden grafisch in Histogrammen und / oder Boxplots angezeigt. Für kategoriale Variablen wie Geschlecht etc. wurden absolute und relative Häufigkeiten in Tabellen angegeben. Ausgewählte kategoriale Variablen wurden grafisch in (gestapelten) Balkendiagrammen angezeigt. Diskrete Variablen wurden mittels linearer ANOVA, ordinale Variablen mittels Trend-Tests und kategoriale Daten mit Hilfe des Chi-Quadrat Tests deskriptiv ausgewertet.

Zur Testung der Primärhypothese wurde ein lineares Regressionsmodell mit der metrisch transformierten präoperativen Schmerzskala als abhängige Variable und der Operationszugang, das Patientenalter, das Patientengeschlecht, die präoperative Schmerzskala sowie der ASA Score als unabhängige Variablen erstellt.

Die sekundäre Hypothese wurde durch Anpassung eines logistischen Regressionsmodells vorgenommen. Als abhängige Variable wurde die binäre Variable der Opiatgabe eingesetzt und als unabhängige Variablen der gewählte Operationszugang, das Patientenalter, das Patientengeschlecht, die präoperative Schmerzskala sowie der ASA Score gewählt.

6. Ergebnisse

In der deskriptiven Auswertung, zusammengefasst in Tabelle 4 und grafisch in Abbildung 6 aufgearbeitet, konnten insgesamt 567 Patienten erfasst werden. Der Gruppe des anterolateralen Zugangs konnten 341 (60,1%) Patienten, der des transglutealen konventionellen Zugangs konnten 226 (39,9%) Patienten zugeordnet werden.

Bei einem durchschnittlichen Alter von 64 Jahren des gesamten Kollektivs, zeigen sich vergleichbare Werte in den beiden Gruppen (Anterolateral \bar{x} 65 Jahre; Transgluteal \bar{x} 63 Jahre). Der jüngste operativ versorgte Patient war 25 Jahre, der älteste 95 Jahre und beide wurden mittels eines anterolateralen minimalinvasiven Verfahrens versorgt. Insgesamt zeigt sich ein leicht höherer Anteil des weiblichen Geschlechts (Anterolateral 53,4%, Transgluteal 50,4%), wobei vor allem innerhalb der Transglutealen Gruppen ein nahezu ausgeglichenes Geschlechterverhältnis herrscht.

Die präoperative Risikoeinschätzung mit dem ASA Score zeigt eine ausgeglichene Verteilung in den Gruppen, bei einem Median von 2 Punkten. Lediglich die dritte Quartile der Transglutealen Gruppe ist mit einem ASA Score von 3 um einen Punkt erhöht. Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) der Operationsdauer zeigt sich mit einer verkürzten Operationszeit von durchschnittlich 65 Minuten in der Anterolateralen Gruppe zur Transglutealen Gruppe von durchschnittlich 72 Minuten.

Die präoperative mediane Schmerzangabe der Patienten zeigte in beiden Gruppen eine NRS von 7 Punkten. Eine postoperative Reduktion der Schmerzen zeigt sich anhand der signifikanten Verringerung im Median von einem Schmerzpunkt auf der NRS ($p < 0,01$) in der minimalinvasiven Anterolateralen Gruppe.

In der postoperativen Einnahme von Analgetika konnte unabhängig der Wirkstoffgruppen kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. So lässt sich jedoch erwartungsgemäß eine überwiegende Gabe zumindest eines Nicht Opioid-Analgetikums (Gesamte Patienten 89,4%) zur Schmerzbehandlung feststellen. Die modulierende Schmerzkomponente der Klasse der Co-Analgetika wurde im gesamten Kollektiv selten verordnet (Gesamte Patienten 4,9%).

Tabelle 4 Deskriptive univariate Auswertung nach OP Zugang – Multiplizitätskorrektur nach Bonferroni-Holm

	Anterolateral (N=341)	Transgluteal (N=226)	Total (N=567)	p value
Alter				0.20 ¹
Mean	64.77	62.83	63.99	
Q1,Q3	55.00, 75.00	55.00, 75.00	55.00, 75.00	
Max	95.00	85.00	95.00	
Min	25.00	35.00	25.00	
ASA Score				1.00 ²
Median	2.00	2.00	2.00	
Q1,Q3	2.00, 2.00	2.00, 3.00	2.00, 3.00	
1	64 (18.8%)	36 (15.9%)	100 (17.6%)	
2	195 (57.2%)	129 (57.1%)	324 (57.1%)	
3	80 (23.5%)	60 (26.5%)	140 (24.7%)	
4	2 (0.6%)	1 (0.4%)	3 (0.5%)	
Geschlecht				1.00 ³
Weiblich	182 (53.4%)	114 (50.4%)	296 (52.2%)	
Männlich	159 (46.6%)	112 (49.6%)	271 (47.8%)	
OP Dauer (min.)				< 0.01 ¹
Mean	65.00	72.25	67.89	
Q1,Q3	53.00, 75.00	55.00, 84.75	54.00, 77.00	
Max	143.00	153.00	153.00	
Min	32.00	31.00	31.00	
NRS vor OP				0.20 ²
Median	7.00	7.00	7.00	
Q1,Q3	5.00, 8.00	6.00, 8.00	6.00, 8.00	
1	1 (0.3%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)	
2	3 (0.9%)	0 (0.0%)	3 (0.5%)	
3	10 (2.9%)	1 (0.4%)	11 (1.9%)	
4	29 (8.5%)	10 (4.4%)	39 (6.9%)	
5	43 (12.6%)	34 (15.0%)	77 (13.6%)	
6	58 (17.0%)	47 (20.8%)	105 (18.5%)	
7	82 (24.0%)	42 (18.6%)	124 (21.9%)	
8	72 (21.1%)	58 (25.7%)	130 (22.9%)	
9	36 (10.6%)	25 (11.1%)	61 (10.8%)	
10	7 (2.1%)	9 (4.0%)	16 (2.8%)	
NRS nach OP				< 0.01 ²
Median	2.00	3.00	2.00	
Q1,Q3	1.00, 3.00	1.00, 4.00	1.00, 3.00	
0	134 (39.3%)	60 (26.5%)	194 (34.2%)	
1	68 (19.9%)	38 (16.8%)	106 (18.7%)	
2	80 (23.5%)	54 (23.9%)	134 (23.6%)	
3	26 (7.6%)	30 (13.3%)	56 (9.9%)	
4	14 (4.1%)	15 (6.6%)	29 (5.1%)	
5	14 (4.1%)	17 (7.5%)	31 (5.5%)	
6	3 (0.9%)	6 (2.7%)	9 (1.6%)	
7	0 (0.0%)	4 (1.8%)	4 (0.7%)	
8	1 (0.3%)	2 (0.9%)	3 (0.5%)	
9	1 (0.3%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)	
Ko-Analgetikum				1.00 ³
Ja	18 (5.3%)	10 (4.4%)	28 (4.9%)	
Nein	323 (94.7%)	216 (95.6%)	539 (95.1%)	
Nicht Opioid				0.45 ³
Ja	311 (91.2%)	196 (86.7%)	507 (89.4%)	
Nein	30 (8.8%)	30 (13.3%)	60 (10.6%)	
Opioid				1.00 ³
Ja	103 (30.2%)	77 (34.1%)	180 (31.7%)	
Nein	238 (69.8%)	149 (65.9%)	387 (68.3%)	

1. Linear Model ANOVA (adjusted for multiple comparisons)
2. Trend test for ordinal variables (adjusted for multiple comparisons)
3. Pearson's Chi-squared test (adjusted for multiple comparisons)

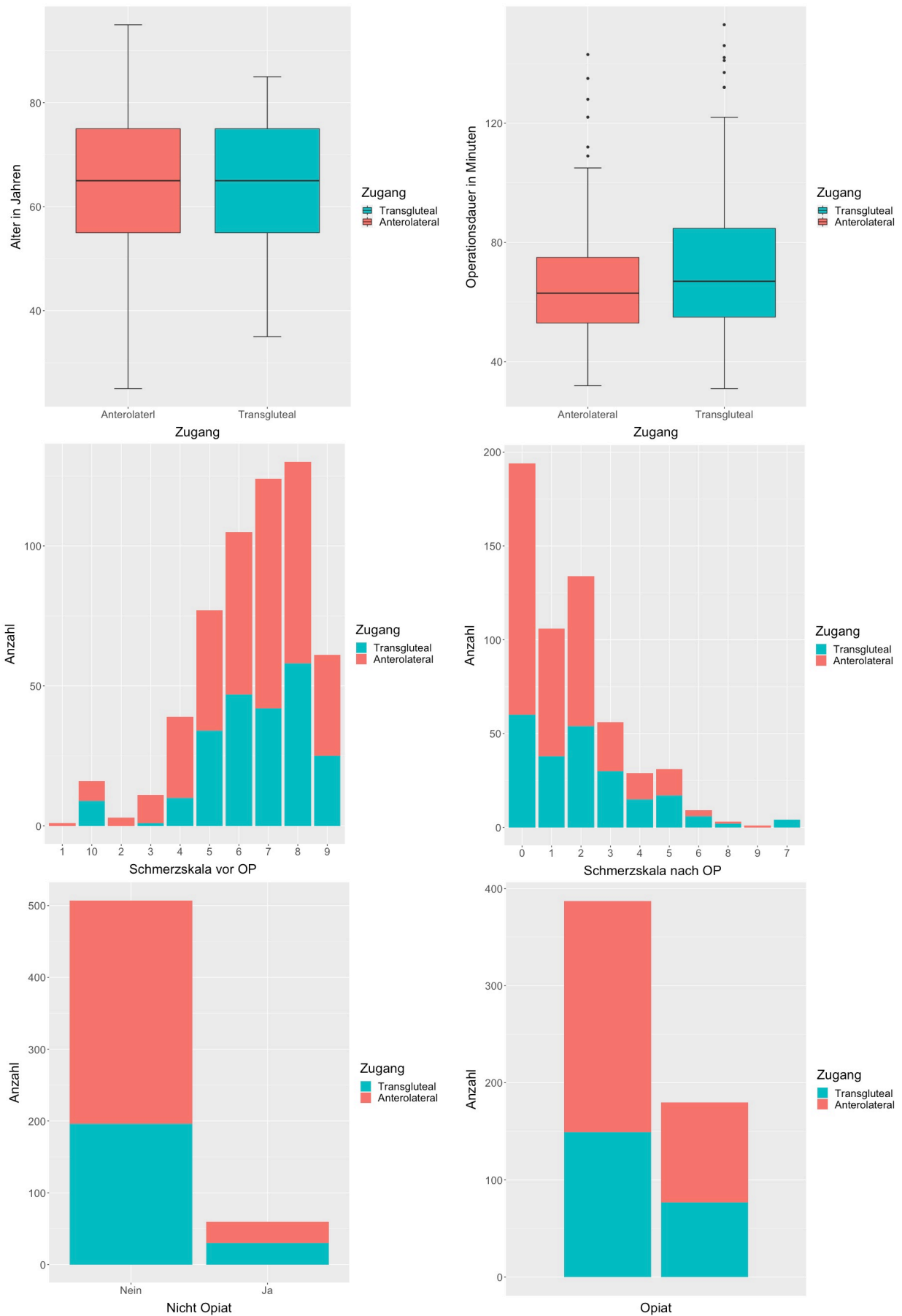


Abbildung 6 Visuelle Darstellung der wesentlichen deskriptiven Parameter

6.1. Postoperative Schmerzen

In Anbetracht der Primärhypothese, ob die Wahl des operativen Zuganges einen Einfluss auf die postoperative Schmerzentwicklung hat, wurde ein lineares Regressionsmodell berechnet, um den Einfluss der unabhängigen Variablen OP-Zugang, Alter, Geschlecht, NRS vor OP, ASA Score und OP Dauer in Minuten an der abhängigen Variable NRS nach OP vorherzusagen.

Ein signifikantes Modell ($F [6;560] = 8,74; p < 0,01$) mit einem R^2 von 0,09 konnte berechnet werden. Bei Verwendung eines minimalinvasiven Operationszuganges wird ein durchschnittliches Schmerzlevel von knapp 2 auf der NRS angegeben. Die Anwendung des konventionellen transglutealen Operationszuganges ($\text{Beta} = 0,58; t\text{-Wert} = 4,01; p < 0,001$) zeigt eine signifikant schmerzverstärkende Assoziation postoperativ. Somit ist der transgluteale Zugang mit einer circa 30-prozentigen Erhöhung der NRS-Angabe assoziiert.

Auch das Vorliegen eines höheren ASA Score ($\text{Beta} = 0,370; t\text{-Wert} = 3,33; p < 0,001$) ist mit einem gesteigerten postoperativen NRS in Verbindung zu setzen.

Interessanterweise reduziert das höhere Alter eines Patienten ($\text{Beta} = -0,026; t\text{-Wert} = -3,65; p < 0,001$) den postoperativen Schmerzlevel auf der NRS. Einen weiteren signifikanten Einfluss auf ein vermindertes postoperatives Schmerzlevel zeigt das Vorliegen des männlichen Geschlechts ($\text{Beta} = -0,3; t\text{-Wert} = -2,13; p = 0,03$).

Keinen Einfluss auf die postoperative NRS hat sowohl der NRS vor OP ($\text{Beta} = 0,0675; t\text{-Wert} = 1,55; p = 0,12$) als auch die Operationsdauer ($\text{Beta} = 0,001; t\text{-Wert} = 0,3; p = 0,765$). In Anbetracht des insgesamt gering erklärbaren Einflusses des Modells von 9% an der Varianz der postoperativen NRS wurde ein Ausreißer-bereinigtes Modell errechnet, welches jedoch vergleichbare R^2 Werte ohne Identifikation anderer Prädiktoren aufwies. Die grafische Aufarbeitung der identifizierten Ausreißer ist in Abbildung 10 und 11 im Anhang dargestellt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse des linearen Regressionsmodells in tabellarischer und graphischer Form aufgearbeitet (Tabelle 5, Abbildung 7).

Tabelle 5 Lineares Regressionsmodell NRS nach OP

	Beta	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,90	0,727	3,07	0,597	3,18*	0,002
OP Zugang: Transgluteal	0,580	0,296	0,864	0,145	4,01*	<0,001
Alter	-0,026	-0,04	-0,012	0,007	-3,65*	<0,001
Geschlecht: Männlich	-0,301	-0,578	-0,024	0,141	-2,13*	0,033
NRS vor OP	0,068	-0,018	0,153	0,044	1,55	0,123
ASA Score	0,370	0,152	0,589	0,111	3,33*	0,001
OP Dauer in Minuten	0,001	-0,006	0,008	0,004	0,3	0,765

Observationen: 567

R² 0,09

Adjusted R² 0,08

Residual Std. Error 1.646 (df = 560)

F Statistic 8,740* (df = 6; 560) (p = <0,001)

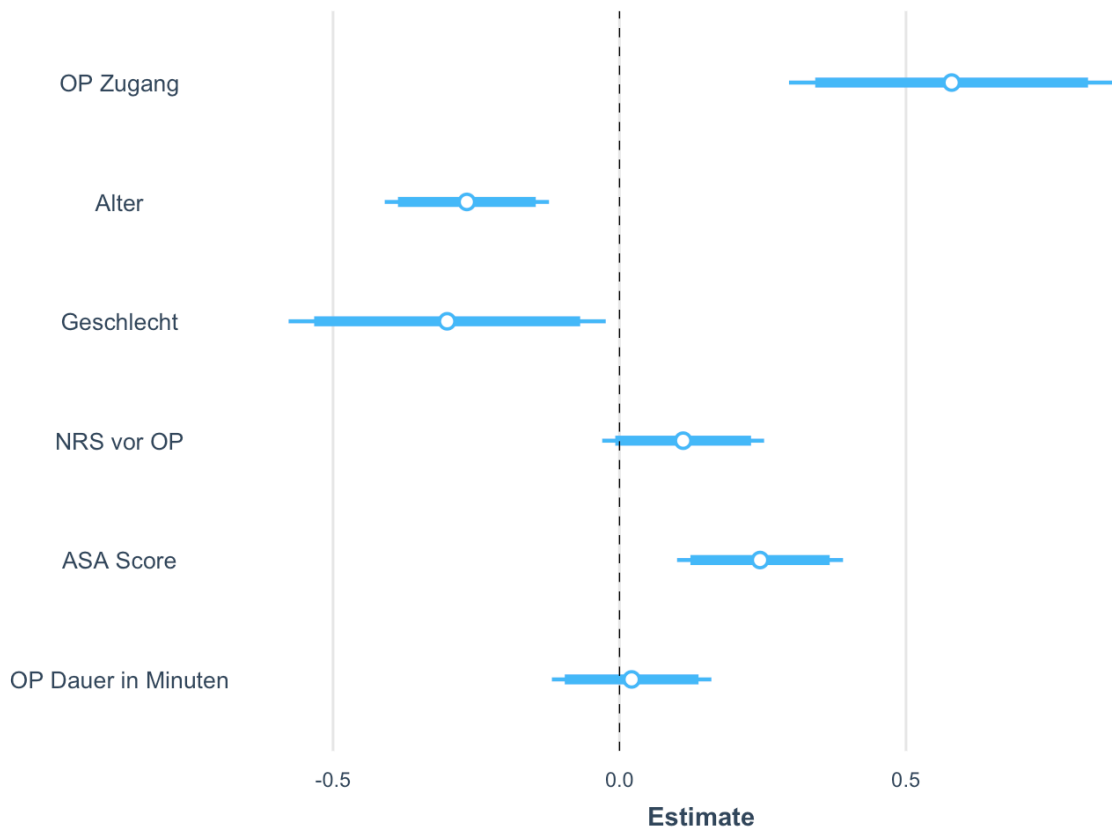


Abbildung 7 Beta-Werte des Linearen Regressionsmodells NRS nach OP

6.2. Postoperative Verabreichung von Opiaten

Im Hinblick auf die Testung der Sekundärhypothese wurde ein logistisches Regressionsmodell berechnet. Der Einfluss des gewählten operativen Zuganges, des Alters, Geschlechts, präoperativem Schmerzausmaßes gemessen an der NRS, des ASA Score und der Operationsdauer in Minuten auf die postoperative Gabe von Opiaten wurde analysiert. Die Variable Gabe von Opiaten wurde mittels einer Dummy-Codierung („ja“ = 0 und „nein“ = 1) verschlüsselt.

Lediglich für das Patientenalter (Beta = -0,034; SE = 0,01; z/Wald = -3,56; p < 0,001) konnte ein signifikant prädiktiver Wert gezeigt werden. Die geschätzte Odds ratio des Patientenalters ist mit einer 3-prozentig geringeren postoperativen Gabe von Opiaten (OR = 0,97; 95% CI [0,95 – 0,99]) für jedes Patientenjahr bei gleichbleibendem Effekt der übrigen Covariaten assoziiert.

Das errechnete Modell zeigt insgesamt einen guten prädiktiven Wert bei einem signifikanten χ^2 Test (χ^2 (6) = 18,79; p 0,0045). Auch nach Durchführung des χ^2 -Anpassungstest nach Hosmer-Lemeshow (χ^2 (8) = 6,529; p 0,588) zeigt sich bei fehlender Signifikanz eine akzeptable Güte des Modells. Die Variablen Geschlecht und ASA Score weisen einen grenzwertig signifikanten Effekt auf die postoperative Gabe an Opioiden auf. Hier lässt sich möglicherweise eine verringerte Rate an Opiatverordnung bei Männern und eine erhöhte bei Patienten mit einem höheren ASA Score vermuten.

In Anbetracht des insgesamt gering erklärbaren Einflusses des Modells, ersichtlich durch R^2 nach Cox Snell (0,032) und Nagelkerke (0,046), zwischen 3 und 5% an der Varianz der postoperativen Gabe von Opiaten wurde ein Ausreißer bereinigtes Modell errechnet. Hier zeigen sich jedoch vergleichbare R^2 Werte und eine lediglich geringe Verbesserung des prädiktiven Wertes, jedoch mit signifikanter Identifikation der grenzwertig Prädiktoren Geschlecht und ASA Score. Die grafische Aufarbeitung der identifizierten Ausreißer ist in Abbildung 12 und 13 im Anhang dargestellt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse des linearen Regressionsmodells in tabellarischer und graphischer Form aufgearbeitet (Tabelle 6, Abbildung 8).

Tabelle 6 Logistisches Regressionsmodell Opioidgabe

	Beta	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0,910	2,49	0,529	11,8	0,792	1,15	0,250
OP-Zugang: Transgluteal	0,126	1,13	0,779	1,65	0,191	0,660	0,509
Alter	-0,034	0,97	0,948	0,985	0,01	-3,56	<0,001
Geschlecht: Männlich	-0,321	0,73	0,501	1,05	0,188	-1,71	0,087
NRS vor OP	0,043	1,04	0,931	1,17	0,059	0,734	0,463
ASA Score	0,253	1,29	0,963	1,73	0,149	1,70	0,090
OP Dauer in Minuten	-0,004	0,996	0,987	1,01	0,005	-0,774	0,439

Observationen: 567

Log Likelihood: -344,945, R^2 Cox and Snell = 0,032, R^2 Nagelkerke = 0,046

Residual Deviance: 689,889 (df = 560)

Null Deviance: 708,682 (df = 566)

$\chi^2(6) = 18,79$, $p = 0,0045$

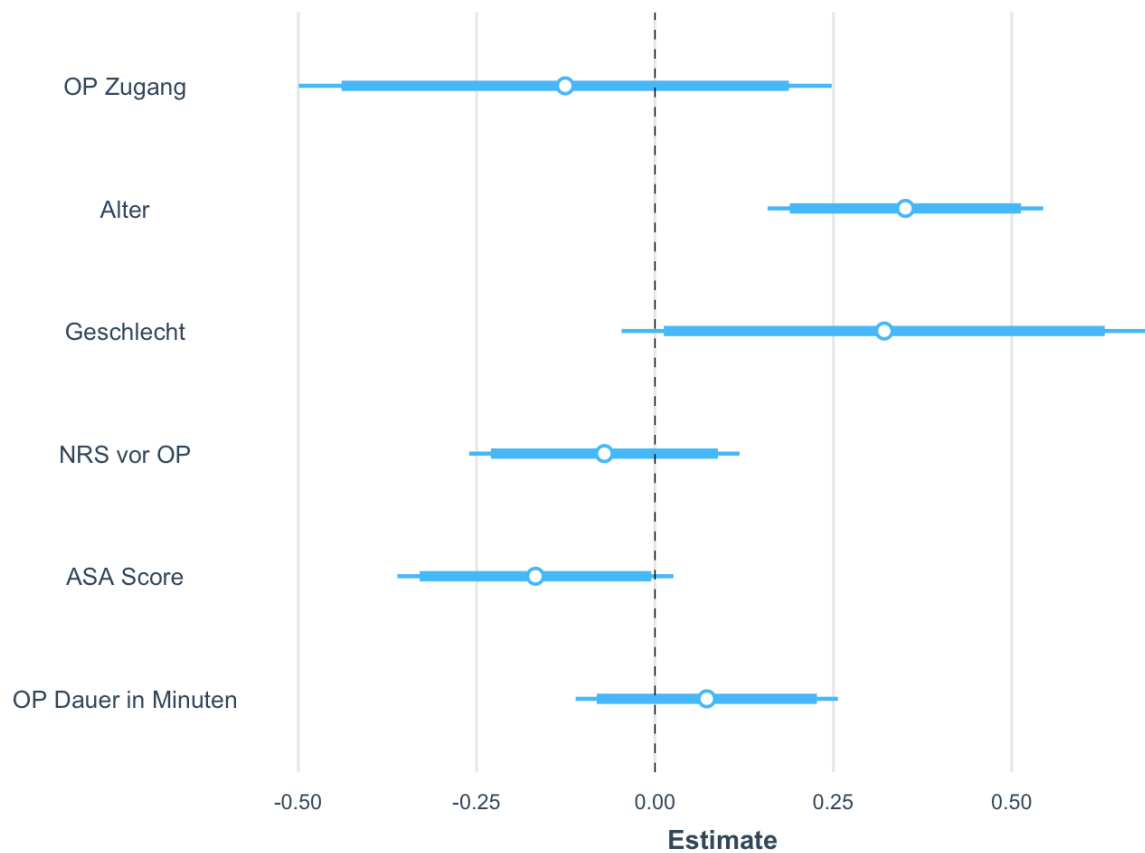


Abbildung 8 Beta Werte des logistischen Regressionsmodells - Opioidgabe

7. Diskussion

Die minimalinvasive Chirurgie ist mittlerweile fester Bestandteil des Repertoires der modernen Chirurgie. Die Vielschichtigkeit dieser Technik wird auch in den nächsten Jahren noch eine breite Basis für Diskussionen bieten. Nicht zuletzt, da mit Einführung in der orthopädischen Chirurgie Ende des 20. Jahrhunderts eine gefeierte operative Methode, der ein Plateau in ihrer Entwicklung nachgesagt wurde, weiter verbessert werden soll. Eine in weiterer Folge nicht ausreichend fundierte Bewerbung einer solchen „neuen Technik“ und der damit verbundenen breiten Popularisierung der betroffenen Patienten, mag zu der anfänglichen Skepsis und Spaltung der orthopädischen Gesellschaft beigetragen haben (78).

In Anbetracht der notwenigen Evidenz einer Überlegenheit oder zumindest Ebenbürtigkeit gegenüber etablierten Verfahren wurden in der Reifungsphase der minimalinvasiven Technik eine Vielzahl an Studien durchgeführt, welche retrospektiv erwartungsgemäß zu doch mitunter vielfältigen Konklusionen gekommen sind. So kann in frühen Meta-Analysen kein eindeutiger Effekt der neuen Technik, aufgrund des heterogenen Studiendesigns, sowie der differenten Endpunkte und verwendeten Zugänge nachgewiesen werden (101–103).

In der publizierten Literatur werden eine Vielzahl an Vorteilen der Minimalinvasivität wie ein geringeres Weichteil-/Muskeltrauma, verringerter Blutverlust, geringere postoperative Schmerzen und ein konsekutiv verringerter Analgetika-Verbrauch sowie eine verbesserte Rekonvaleszenz mit besserem klinischen Outcome in der Beweglichkeit, des Gangbildes und nicht zuletzt dem kosmetischen Aspekt berichtet (6,80,104). Gleichmaßen werden die Gefahren dieser operativen Methode, wie Prothesenkomponenten-Fehlpositionierung, verlängerte Operationszeit, die flache Lernkurve, erhöhte Rate an Nervenverletzungen und iatrogene Frakturen aufgrund der verminderten Sicht durch das eingeschränkte Operationsfenster aufgezeigt (78,80,105).

Die Vielzahl an Ergebnissen und Meinungen werden jedoch auf die differenten Vergleiche an operativen Techniken, allen voran dem anatomischen Zugang und den

angewendeten perioperativen Behandlungsprotokollen zurückgeführt. Weiterhin ungeklärt ist die Definition eines minimalinvasiven Zuganges, die sich offiziell auf einen rein kosmetischen Aspekt, einer Schnittlänge <10 cm, bezieht (75,78,79). Diese sollte besonders nach Veröffentlichung der randomisiert kontrollierten doppel-blind Studie von Goosen J. et al. (3), welche nach Abschluss der minimalinvasiven Operation den Hautschnitt auf die Länge eines konventionellen Zuganges erweiterten und dennoch einen leichten Vorteil des minimalinvasiven posterolateralen Zuganges im Harris Hip Score aufzeigen konnten, überdacht werden.

Die ausgesprochenen Empfehlungen nach Studien mit einem prospektiven Design und entsprechender Power zeigten in den durchgeführten prospektiv randomisiert kontrollierten Studien der folgenden Jahre eine zumindest gleichwertige Komplikationsrate der minimalinvasiven Operationsmethode gegenüber den konventionellen Methoden. Anzumerken ist hierbei, dass es anscheinend einen konstant replizierbaren Vorteil in der frühen Rehabilitationsphase gibt. In Abhängigkeit des gewählten Studiendesigns scheint dieser jedoch nach 6 bis 12 Wochen postoperativ unerheblich zu sein und spätestens nach einem Jahr postoperativ dürfte eine Gleichwertigkeit des klinischen Outcomes mit den konventionellen Methoden bestehen (6,80,104).

Nichtsdestotrotz ist genau dieser Unterschied für die zukünftigen Ausblicke in der Hüftendoprothetik von Vorteil. Die stetig wachsende Anzahl und das immer jüngere Patientengut sowie deren deutlich erhöhter Anspruch in Kombination mit der Entwicklung „aufgeklärter“, „informierter“ Patienten, schafft die Nachfrage für minimalinvasive Operationsmethoden (106). Ein nicht außer Acht zu lassender Aspekt ist auch der zunehmende wirtschaftliche Druck, bedingt durch kontinuierliche Abwertung der Erlösbewertung bei Implantation einer Hüfttotalendoprothese nach dem deutschen DRG-System (Diagnosis Related Group). So wird insbesondere eine Verkürzung der stationären Verweildauern als wesentlichster Aspekt in der Einsparung von Kosten angesehen. Diese gelingt bereits in vielen europäischen und internationalen Ländern durch Umsetzung von multimodalen ERAS® Konzepten (107). Es fehlen derzeit noch weitere Studien, die sich eingehend mit der Frage und der tatsächlichen Quantifizierung des Nutzens dieser frühzeitigen Rekonvaleszenz beschäftigen. Wie bereits 1988 von Harper und Lyles (108) beschrieben, ist unter

anderem der körperliche Abbau bei verlängerter Liegedauer oder eingeschränkter Beweglichkeit mit der Entwicklung von Muskelatrophien, Einschränkung der Lungenfunktion und das erhöhte Risiko der Entwicklung eines thrombo-embolischen Events, als Hauptgrund einer verzögerten postoperativen Rehabilitation und Krankenhausaufenthalts beschrieben (109).

Hinsichtlich der postoperativen Schmerzentwicklung wird die Durchführung eines Hüftgelenkersatzes mit einem durchschnittlichen NRS von 4,95 (SD 2,53) an 11. Stelle der schmerzhaftesten Operationen gelistet (110). Die Erfahrungen von Pagnano M. et al. (111) zeigen, dass vor allem die ersten 36 Stunden postoperativ für die weitere Entwicklung eines chronischen postoperativen Schmerzes kritisch sind. Diese bedeutende akute postoperative Phase wurde bereits in mehreren Studien als treibender Faktor der postoperativen Schmerzchronifizierung bestätigt (112). In Anbetracht des nicht unbeträchtlichen Ausmaßes von 7% bis 23% (113) chronischer postoperativer Schmerzen nach Implantation einer Hüftprothese rückt die Frage der möglichen Einflussfaktoren und Verbesserung der perioperativen analgetischen Konzepte in den Mittelpunkt. Diese vulnerable kurze postoperative Phase hat großes Potential einer verlängerten Hospitalisierung sowie postoperativen Unzufriedenheit der Patienten vorzubeugen, auch wenn lediglich eine Aufklärung der Patienten über den Schmerzverlauf vorgenommen werden kann (114).

Obgleich in der aufwändigsten Variante – der ambulanten Hüfttotalendoprothese – ein multimodales Konzept zur Ermöglichung der Rahmenbedingungen eines solchen Eingriffes bereits etabliert und angewendet wurde, ist im Speziellen der Einfluss der Wahl des operativen Zuganges in der frührehabilitativen Phase auch in den publizierten Leitlinien der ERAS® (22) weiterhin nicht klar geklärt.

In den letzten Jahren wurde dem Aufruf zur Unterscheidung der anatomischen Varianten des minimalinvasiven Operationszuganges Folge geleistet und es konnten in prospektiv randomisiert kontrollierten Studien die frühzeitigen Vorteile der einzelnen Zugänge hinsichtlich der Schmerzreduktion gezeigt werden. So konnten Dorr LD et al. (4) im direkten Vergleich des minimalinvasiven posterioren Zuganges mit seinem konventionellen Korrelat eine postoperative Reduktion um nahezu einen Punkt auf der subjektiven verbalen Schmerzskala von 0 bis 10 feststellen. Goebel S et al. (91) verglichen einen minimal invasiven anterioren Zugang mit dem klassischen

transglutealen Zugang und stellten ebenfalls am ersten postoperativen Tag eine Reduktion in der Schmerzskala um einen Punkt fest. Beachtenswert ist jedoch der Umstand, dass eine verstärkte Schmerzempfindung im Rahmen der Physiotherapie der minimalinvasiven Gruppe zu beobachten war (91). Dieser Umstand ist möglicherweise durch das differente postoperative Schema der Belastung zu erklären, da in der Gruppe der minimalinvasiv versorgten Patienten ab dem Drainagenzug sofort zu einer Vollbelastung übergegangen sind, wohingegen die konventionell versorgten Patienten teilbelastend mobilisiert wurden. Brismar B. et al. (115) stellten in einer randomisierten Single-center Studie zwischen der Anwendung eines anterioren Zuganges und eines lateralen transglutealen Zuganges ebenfalls einen signifikanten Unterschied im Schmerzempfinden der rehabilitativen Frühphase fest.

Betrachtet man, in Anlehnung an den in dieser Arbeit untersuchten minimalinvasiven anterolateralen Hüftzugang, die publizierte Literatur, so konnten beispielsweise Repantis T. et al. (116) im direkten Vergleich eines minimal invasiven anterolateralen Zuganges mit dem konventionellen Watson-Jones Zugang unter teilweiser Ablösung des M. gluteus medius und minimus eine Schmerzreduktion 2 Wochen und 4 Jahre postoperativ feststellen. Auch Müller et al. (117) erreichten unter Anwendung einer minimalinvasiven anterolateralen Operationsmethode eine Reduktion der Schmerzen auf der NRS um circa einen Punkt, welche jedoch keine statistische Signifikanz erreichte. Die festgelegten postoperativen Erhebungen erfolgten 3 Monate und 12 Monate nach Operation.

Auffällig in der verfügbaren Literatur ist naturgemäß der Versuch eine Überlegenheit des Langzeiteffektes eines minimalinvasiven Operationszuganges aufzuzeigen. Wie bereits eingangs erwähnt, ist die bisher einheitliche Conclusio, dass keine Differenzen in der Spätphase bestehen. In Anbetracht dessen findet sich in der veröffentlichten Studie von Yang et al. (118) ein guter Vergleich zu den hier gefundenen Ergebnissen. Hier zeigen die Autoren eine Überlegenheit des minimalinvasiven anterolateralen Zuganges nach Röttinger (9) gegenüber einem posterolateralen auf der visuellen Analogskala in den ersten 24 Stunden postoperativ. Die Reduktion betrug nahezu 20 mm (50.34 ± 13.73 posterolateral – 30.76 ± 21.77 anterolateral) (118). Dies ist im Einklang mit der hier berichteten Reduktion von einem Punkt auf der NRS (Anterolateral NRS nach OP: 2 – Transgluteal NRS nach OP: 3, $p < 0,01$). Als

Unterschied zu den Resultaten von Yang et al. (118) ist neben dem überlegenen Studiendesign, das postoperative Procedere anzumerken. Während Yang et al. (118) die Patienten allem Anschein nach am dritten postoperativen Tag vollbelastend mobilisierten und das analgetische Protokoll eine begleitende patientenkontrollierte Analgesie (Patient-controlled-analgesia, PCA) mit intravenösem Fentanyl in den ersten drei Tagen postoperativ vorsah, wurden die Patienten der vorliegenden Arbeit bereits in den ersten 24 Stunden mobilisiert und anhand dessen der postoperative NRS gemessen. Des Weiteren wurden Patienten ausgeschlossen, die ein additives analgetisches Verfahren abgesehen einer oralen oder intravenösen Analgetikagabe benötigten.

Im Gegensatz dazu findet die Arbeitsgruppe um Wohlrab et al. (119) keinen Unterschied in der postoperativ erhobenen VAS (Standard 35,8 mm vs. Minimalinvasiv 34,2 mm). Aufgrund der fehlenden Informationen bezüglich des postoperativen analgetischen Procederes und dem Zeitpunkt der Mobilisation bei einem vergleichbar kleinem Patientengut (n=40) lassen sich schwer weitere Schlüsse bezüglich der fehlenden Signifikanz ziehen.

Im Hinblick auf die univariate Auswertung der Daten fällt auch eine signifikante Reduktion der Operationsdauer von durchschnittlich 7 Minuten auf, welche sich jedoch als nicht einflussreich auf die postoperativen Schmerzen in der linearen Regression erwies. Auch in der Literatur finden sich bezüglich der Operationsdauer unterschiedliche Ergebnisse. So konnten 5 Studien (4,86,120–122), wovon 4 einen posterioren oder posterolateralen Zugang wählten und eine Studie einen anterolateralen Zugang, keinen Unterschied in der Operationszeit feststellen. Im Gegensatz dazu berichten andere 4 Studien (3,10,123,124), 3 unter Verwendung eines anterolateralen und 1 anterioren minimalinvasiven Zugangs, über eine verlängerte Operationszeit der minimalinvasiven Methode. Diese Erkenntnisse stehen im Kontrast zu den hier berichteten Resultaten, die eine signifikant verkürzte Operationsdauer bei Anwendung der minimalinvasiven anterolateralen Variante zeigen konnte. Lediglich Mazoochian F. et al. (125) und Kim YH. (126) konnten mit einem minimalinvasiv modifizierten lateralen Zugang nach Hardinge (34) und einem minimalinvasivem posterolateralen Zugang eine verkürzte Operationsdauer feststellen. Diese doch eindrucksvolle Variabilität in den Operationszeiten könnten wie

bereits von Jung et al. (6) postuliert, Ausdruck einer Lernkurve im Umgang mit der minimalinvasiven Variante sein. Bezugnehmend auf die hier präsentierten Resultate der Orthopädischen Klinik der Universität Regensburg in Bad Abbach wäre eine mögliche Erklärung der unterschiedlichen Operationszeiten, die unterschiedlich großen Gruppen mit einer erhöhten Anzahl an Patienten in der minimalinvasiv versorgten Studiengruppe. Auch ist aufgrund des retrospektiven Designs ein Selection Bias nicht vollends auszuschließen, da der behandelnde Chirurg möglicherweise präoperativ beim Vorliegen einer schwierigen anatomischen Konfiguration des Oberschenkelhalses im Sinne einer ausgeprägten Coxa vara oder erschwerenden demographische Daten wie einem stark erhöhten Body-Mass-Index (BMI) einen transglutealen Operationszugang wählte.

Der zweite Parameter mit einem beträchtlichen, signifikanten Einfluss auf die postoperative Schmerzentwicklung ist das Patientenalter (Beta = -0,026; t-Wert = -3,65; $p < 0,001$). Hier zeigt sich ein protektiver Effekt des höheren Patientenalters in der Entwicklung postoperativer Schmerzen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit einer publizierten Studie von Gerbershagen H. et al. (110), welche dreißig verschiedene chirurgische Operationen an insgesamt 22.963 Patienten verglichen. Im Gegensatz zu einer Studie, publiziert von Greimel et al. (114), welche die Einflussfaktoren auf den durchschnittlich erhobenen postoperativen Schmerz in der ersten Woche und zwischen der zweiten und vierten Woche nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese in minimalinvasivem anterolateralen Verfahren untersuchte. Hier lässt sich kein Einfluss des Alters auf den durchschnittlichen postoperativen Verlauf nachweisen. Sowohl der Unterschied in der Studienpopulation und Fallzahl als auch das prospektive Design machen eine Vergleichbarkeit schwer. Dennoch lässt sich diskutieren, ob der protektive Faktor Alter nur von temporärer Bedeutung ist. Betrachtet man die altersphysiologische Veränderung der Schmerzverarbeitung, so kann man von einem höheren Grenzwert der Wahrnehmung von schädlichen Stimulationen in der älteren Bevölkerung ausgehen. Dieser Fakt würde wiederum erklären, warum die postoperative Schmerzperzeption in der älteren Bevölkerung bis zu einem gewissen Maß als vermindert wahrgenommen wird und bei Jüngeren eine erhöhte Analgesie zum Erreichen desselben Schmerzlevels notwendig ist (110,127). Die Komplexität der Schmerzkaskade mit Einfluss von sowohl physiologischen und

psychischen Faktoren als auch von kulturellen und sozialen Aspekten erschwert jedoch die Interpretation eines einzelnen Bausteins wie dem Alter.

Ähnlich gestaltet sich die Aussage des Geschlechtereinflusses auf die postoperative Schmerzentwicklung. In der hier berichteten Studienpopulation lässt sich bei Männern ein niedriger postoperativer Schmerz feststellen ($\text{Beta} = -0,3$; $t\text{-Wert} = -2,13$; $p = 0,03$). Dieser nicht unbeträchtliche Effekt kann in der rezenten Literatur nicht konstant nachgewiesen werden (110). Bezüglich der postoperativen Schmerzwahrnehmung nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese zeigt sich dennoch eine Tendenz erhöhter Schmerzen bei Frauen (128,129). Die ausgeglichene Geschlechterverteilung in den hier repräsentierten Daten machen einen Selection Bias bei bekannter Prädominanz des weiblichen Geschlechts in der Population der von Arthrose betroffenen Patienten unwahrscheinlich. Das „Institute of Medicine (US) Committee on Advancing Pain Research“ formulierte drei Thesen, warum ein Geschlechterspezifischer Unterschied in der Schmerzempfindung besteht. (1) Es sei für Frauen sozial akzeptabler Schmerzen bekannt zu geben, (2) Frauen seien exponiert gegenüber diversen Risikofaktoren der Schmerzerzeugung und (3) sowohl Genetische- als auch Umweltfaktoren zeigen Einfluss auf die individuelle Schmerzwahrnehmung, dies wird im Allgemeinen unter der „Vulnerabilitäts-Theorie“ (130) zusammengefasst.

Neben den zuvor genannten Faktoren existieren auch differente physiologische Reaktionen der Schmerzverarbeitung. So ist auch die Wirksamkeit von Analgetika auf die jeweilige Schmerzcharakteristik innerhalb der Geschlechter unterschiedlich. Beispielsweise erfahren Frauen eine höhere analgetische Wirksamkeit bei der Gabe von Opiaten als Männer und wiederum die scheinen bei der Gabe von Ibuprofen in der Schmerzhemmung zu profitieren (131). Bei der standardisierten Gabe von Ibuprofen als „first-line“ Therapie im hier angewendeten postoperativen analgetischen Schema, könnte man einen Einfluss des Geschlechtes in der Opiatgabe erwarten, welche sich jedoch in dem unbereinigten Modell nicht bestätigte.

Als letzter Parameter zeigt der ASA Score einen signifikanten Einfluss auf die postoperative Schmerzentwicklung ($\text{Beta} = 0,370$; $t\text{-Wert} = 3,33$; $p < 0,001$). Es lässt sich somit bei steigendem ASA-Score eine Zunahme der NRS vorhersagen. Die Bildung des ASA Score repräsentiert die physiologische Gesundheit des Patienten

und berechnet sich auf Basis der Anzahl und Aktualität von verschiedenen Komorbiditäten (96). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass der ASA Score als Stellvertreter-Variable für das Vorliegen eines heterogenen Patientenkollektivs steht, welches aufgrund verschiedener zugrundeliegender Leiden eine differente Schmerzperzeption mit sich bringt. Auch das Vorliegen von zusätzlichen muskuloskeletalen Komorbiditäten, wie chronischen Rückenschmerzen, Polyarthrosen oder eines Metabolischem Syndroms, die im Rahmen eines orthopädischen Patientenkollektivs nicht unüblich sind, können möglicherweise durch die intraoperative Lagerung zu einer postoperativen Schmerzverstärkung beitragen (132–135). Das präoperative Vorliegen von hohen chronischen Schmerzen korrelierte auch in der Literatur mit einem erhöhten postoperativen Schmerzlevel (114). Auch ein weiterer nicht unerheblicher Bias bezüglich der Erhebung des ASA Score muss in Betracht gezogen werden. Die bekannte Inkonsistenz der präoperativen Einschätzungen und Vergabe des ASA Score durch verschiedene Begutachter ist ein weiterer möglicher Bias (136,137). Obgleich der unauffälligen statistischen Kolinearität zwischen den in die Regressionsanalyse integrierten Variablen, ist auch der bekannte Zusammenhang, dass ein naturgemäß erhöhtes Auftreten von Komorbiditäten bei älteren Patienten einen erhöhten ASA Score ergibt, als möglicher Bias in Betracht zu ziehen. Bisher stellt dieser Einfluss den ersten signifikanten Einfluss des ASA Score auf die postoperativen Schmerzen in der derzeitig publizierten orthopädisch relevanten Literatur dar.

Die Sekundärhypothese dieser Arbeit befasste sich als Erweiterung zur Primären mit der konsekutiv vermehrten postoperativen Applikation von Analgetika. Die Annahme lag nicht fern, dass der schmerzlindernde Einfluss von minimalinvasiven Operationsmethoden im postoperativen Verlauf zu einem niedrigeren Verbrauch von insbesondere opiathaltigen Medikamenten führt. Hier zeigt sich jedoch bereits in der univariaten Auswertung kein Unterschied des Opiatverbrauchs in den beiden Operationsgruppen.

Nach Berechnung eines logistischen Regressionsmodells findet sich lediglich ein Einfluss des Patientenalters auf die postoperative Gabe von Opioiden (OR = 0,97; 95% CI [0,95 - 0,99]). Folglich werden bei Patienten höheren Alters weniger Opiate in der postoperativen Frühphase eingesetzt. Betrachtet man das Ergebnis des linearen

Regressionsmodells, so ist dieser Fund wenig verwunderlich, da ein höheres Alter postoperativ mit einem niedrigeren Schmerzlevel assoziiert ist. Dieses Erkenntnis deckt sich auch mit den Ergebnissen in der Literatur (110,138,139). Bei allem Anschein nach herrschender Klarheit sei hier der zurückhaltende Gebrauch von Stufe III Arzneimitteln nach WHO bei älteren Patienten an unserer Klinik erwähnt. Die potentiellen Gefahren einer Opiattherapie vor allem im hohen Alter, bestehend aus der Entwicklung eines Durchgangssyndroms und der Atemdepression sowie einer additiven Hypotonie bei bereits bestehender postoperativer Anämie, führen insgesamt zu einem sehr kritischen Gebrauch (140). Folglich lässt sich auch hier ein möglicher struktureller Bias in der Datenerfassung nicht ausschließen.

Bezüglich des nicht signifikanten Einflusses auf den postoperativen Opioidverbrauch in Abhängigkeit des gewählten operativen Zuganges findet man auch in der Literatur divergierende Ergebnisse. Mouilhade et al. (124) findet im Vergleich eines konventionellen anterolateralen und minimalinvasiven anterolateralen Zugang nach Röttinger (9) einen signifikant niedrigeren Morphinverbrauch in den ersten 24h postoperativ zu Gunsten der minimalinvasiven Variante. Anzumerken ist hier, dass es sich bei dem verwendeten konventionellen anterolateralen Zugang um einen modifizierten transglutealen Zugang, angelehnt an den von Hardinge (34) beschriebenen, handelt. Zusätzlich wird nicht näher auf das verwendete postoperative analgetische Regime eingegangen. In der Studie von Goebel et al. (91) konnte ein Vergleich eines minimalinvasiven anterioren mit einem konventionellen transglutealen Zugang eine signifikante Reduktion der Rescue-Medikation, bestehend aus Piritramid, verabreicht via PCA, innerhalb der ersten 24 Stunden nachweisen. Neben einem penibel aufgelisteten standardisierten postoperativen Schmerzprotokoll fand sich jedoch kein Unterschied des gesamten Analgetika Bedarfs nach 24h bis zum Entlassungszeitpunkt. Im untersuchten Kollektiv von Ogonda et al. (121) wurden Patienten mittels eines posterioren Mini-Inzisions- (<10 cm) und eines posterioren Standard-Inzisions-Zugangs (16 cm) operativ versorgt. Die Autoren bemerkten, dass der einzige Unterschied in der Technik der verkürzte Hautschnitt und die Inzision der Fascia lata war. Ein standardisiertes postoperatives Schmerzprotokoll wurde verwendet und sah sowohl eine PCA-Morphin-Administration in den ersten 12 Stunden postoperativ als auch eine anschließende Basis-Schmerzmedikation mittels Tramadol und einem Kombinationspräparat aus Codein und Paracetamol vor. Die Autoren

konnten keinen Einfluss auf den postoperativen Morphinverbrauchs nachweisen. Eine Auswertung des gesamten Analgetikaverbrauchs erfolgte nicht. Ein Vergleich eines minimalinvasiven anterolateralen Röttinger (9) Zugangs mit einem konventionellem transglutealen Hardinge (34) Zuganges durch Martin et al. (123) zeigte zwar eine Tendenz eines niedrigeren Analgetika Verbrauchs, welche sich jedoch im Rahmen des gesamten postoperativen Aufenthalts als nicht statistisch signifikant darstellte. Das verwendete standardisierte postoperative Schmerzprotokoll sah eine intravenöse Verabreichung von Paracetamol in den ersten 48h postoperativ vor. Anschließend wurde eine orale Gabe von Paracetamol eingeleitet und als Rescue-Medikation die intravenöse Gabe von Tramadol und intramuskuläre Gabe von Piritramid gefolgt von oralem Hydromorphon angewendet.

Die Diskrepanz in den einzelnen Studien zeigt sowohl einen deutlichen Unterschied im postoperativen Schmerzprotokoll der jeweiligen Klinik als auch die bereits vermuteten kurzfristigen Vorteile bezüglich eines minimalinvasiven anterolateralen Operationszuganges auf. Dies würde den Effekt auf den verminderten Opiatverbrauchs in der Studie von Mouilhade et al. (124) erklären und ebenso den nicht signifikanten Unterschied in der oben beschriebenen Studie von Martin et al. (123). Bezugnehmend auf den nicht signifikanten Unterschied in den ersten 24h postoperativ des hier ausgewerteten Patientenkollektivs, ist möglicherweise die Zusammenfassung der Medikation nach Stufe II und III nach WHO ausschlaggebend für das differente Ergebnis. In Betracht zu ziehen ist auch ein Bias bei der Anwendung des jeweiligen Stufenschemas, da die Verabreichung der ersten beiden Stufen nach WHO im Allgemeinen durch die behandelnde examinierte Krankenschwester erfolgt.

Zuletzt sei noch der grenzwertige Einfluss des Geschlechts und des Alters im Opiatmodell zu erwähnen. Nach Korrektur von Extremwerten und Ausreißern lässt sich in den beiden Variablen ein Einfluss auf die Gabe von postoperativen Opiaten nachweisen. Entsprechend des signifikanten Einflusses des männlichen Geschlechts auf verminderte NRS Werte postoperativ und invers für den ASA Score kann dies als Bestätigung des Einflusses der Variablen angesehen werden.

Insgesamt ist jedoch der bereits erwähnte geringe R^2 Wert sowohl im linearen als auch logistischen Regressionsmodell kritisch zu sehen. Diese Basisvariablen dürften wohl signifikant mit den postoperativen Schmerzen und korrespondierend mit dem

Schmerzmittelverbrauch assoziiert sein, jedoch scheinen weit mehr Einflüsse auf diese Outcome-Parameter einzuwirken. Die derzeitigen Bemühungen zur Etablierung eines multimodalen perioperativen Konzeptes im Rahmen des Hüftgelenkersatzes haben gemeinsam den Zweck der perioperativen Schmerzreduktion und Reduktion des Analgetikabedarfs, um eine schnelle und sichere Rehabilitation zu gewährleisten (141). Die derzeitigen Leitlinien der ERAS® (22) können hier einen klaren Überblick der in Frage kommenden Strategien geben und geben Aufschluss über die hier vergleichsweise geringe Varianz der errechneten Regressionsmodelle. Wie von Karlsen et al. (141) in einem aufschlussreichen systematischen Review beschrieben, ist die reine chirurgische Technik allem Anschein nach nicht ausreichend ausschlaggebend, der komplexen Empfindung des Schmerzes zu entgegnen. In Zukunft wird es notwendig sein, verschiedene multimodale perioperative Schmerzkonzepte in prospektiv- randomisierten Studien miteinander zu vergleichen.

8. Zusammenfassung

Der minimalinvasive antero-laterale Zugang nach Röttinger (9) zur Implantation einer Hüfttotalendoprothese gilt als sicheres Verfahren, eine weichteilschonende Operation zu ermöglichen. Im Gegensatz zum standardmäßig verwendeten transglutealen Zugang weist er neben einer guten Visualisierung der notwendigen Strukturen eine echte minimalinvasive Komponente ohne notwendige Durchtrennung einer anatomischen Struktur auf.

In der vorgelegten Dissertation konnte der Beitrag zu einer Ausbildung geringerer Schmerzen während der ersten postoperativen Belastung durch Verwendung dieses operativen Zuganges aufgezeigt werden. Im direkten Vergleich von zwei gebildeten Gruppen, zugeordnet nach der verwendeten operativen Technik, aus einem Kollektiv von insgesamt 567 Patienten zeigt sich nicht nur die Verwendung der operativen Technik als einflussreich, sondern es konnten auch ein höheres Patientenalter und das männliche Geschlecht als modulierende Faktoren der postoperativen Schmerzarmut identifiziert werden.

In weiterer Folge wurde auch ein verminderter Analgetikaverbrauch, im speziellen der Opiate, bei Anwendung einer schonenderen Operationstechnik erwartet. Aufschlussreich war hier ein alleiniger Einfluss eines höheren Patientenalters auf eine verringerte Opiatgabe, welche als Folge der niedrigeren postoperativen Schmerzwerte der älteren Patienten zu werten ist.

Abschließend kann man auf Basis der hier präsentierten Daten die verwendete minimalinvasive Technik des antero-lateralen Zugangs als weiteren Baustein eines notwendigen multimodalen perioperativen Schmerzprotokolls zur postoperativen Schmerzbewältigung nach Implantation einer Hüftgelenksendoprothese sehen.

9. Anhang

QUIPS Ergebnis-Fragebogen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

nachdem Sie sich zur Teilnahme entschlossen haben, bitten wir Sie nun den Fragebogen auszufüllen. Vielen Dank.

Bei den folgenden Fragen geht es um Ihre **Schmerzen seit Ihrer Operation**.

1. Wie stark waren Ihre Schmerzen seit der Operation, wenn Sie sich belastet haben, zum Beispiel bei **Mobilisierung, Bewegen, Waschen, Husten, Durchatmen**? Kreuzen Sie bitte die Zahl auf der Skala an, die für Ihren Belastungsschmerz zutrifft („0“ bedeutet Schmerzfreiheit und „10“ stärkster vorstellbarer Schmerz).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kein Schmerz					Stärkster vorstellbarer Schmerz					

2. Bitte kreuzen Sie hier den **stärksten Schmerz** an, den Sie seit Ihrer Operation hatten:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kein Schmerz					Stärkster vorstellbarer Schmerz					

3. Bitte kreuzen Sie hier den **geringsten Schmerz** an, den Sie seit Ihrer Operation hatten:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kein Schmerz					Stärkster vorstellbarer Schmerz					

Die nächsten vier Fragen beziehen sich darauf, ob bestimmte Tätigkeiten oder Ihre Stimmung seit der Operation **durch den Schmerz beeinträchtigt** sind.

Mit „beeinträchtigt“ ist gemeint: die Tätigkeit ist **unmöglich** oder **nur unter großer Mühe möglich**.

Sind Sie durch die Schmerzen beeinträchtigt:

4. bei **Bewegung**?

☐ Ja ☐ Nein

5. beim **Husten oder tiefen Luftholen**?

☐ Ja ☐ Nein

6. beim **Schlafen**?

☐ Ja ☐ Nein

7. in Ihrer **Stimmung**?

☐ Ja ☐ Nein

8. Haben Sie sich seit der Operation sehr **müde** gefühlt?

☐ Ja ☐ Nein

9. Haben Sie seit der Operation unter **Übelkeit** gelitten?

☐ Ja ☐ Nein

10. Haben Sie seit der Operation unter **Schwindel** gelitten?

☐ Ja ☐ Nein

11. Wurden Sie über die verschiedenen **Möglichkeiten Ihrer Schmerztherapie** informiert?

☐ Ja ☐ Nein

12. Wurden Sie in dem von Ihnen gewünschten Maß an **Entscheidungen** zu Ihrer **Schmerztherapie beteiligt**?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gar nicht										Völlig ausreichend

13. Hätten Sie sich **MEHR Schmerztherapie** gewünscht, als Sie erhalten haben?

☐ Ja ☐ Nein

14. Bitte kreuzen Sie an, wie **zufrieden** Sie mit dem Ergebnis Ihrer **Schmerztherapie** seit Ihrer Operation sind:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Völlig unzufrieden										Sehr zufrieden

15. Haben Sie **nicht-medikamentöse** Methoden zur **Schmerzlinderung** benutzt oder erhalten?

☐ Ja ☐ Nein

Falls ja, welche?

- | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Kühlkompressen | <input type="checkbox"/> Wärme | <input type="checkbox"/> Meditation | <input type="checkbox"/> Tiefes Atmen |
| <input type="checkbox"/> Akupunktur | <input type="checkbox"/> Beten | <input type="checkbox"/> Umhergehen | <input type="checkbox"/> Massage |
| <input type="checkbox"/> Ablenkung (z. B. fernsehen, lesen) | <input type="checkbox"/> Vorstellungsbilder | <input type="checkbox"/> Entspannung | <input type="checkbox"/> TENS |
| <input type="checkbox"/> Gespräche mit medizinischem Personal | <input type="checkbox"/> Gespräche mit Freunden/Verwandten | | (Transkutane elektrische Nervenstimulation) |

16. Hatten Sie **ständige Schmerzen**, die **drei Monate oder länger** andauerten, bevor Sie wegen dieser Operation ins Krankenhaus gekommen sind?

☐ Ja ☐ Nein

a. Falls ja, **wie stark** waren diese Schmerzen meistens?

Bitte kreuzen Sie den Wert an, der Ihre Schmerzintensität am besten widerspiegelt.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kein Schmerz										Stärkster vorstellbarer Schmerz

b. Falls ja, **wo** traten diese **ständigen Schmerzen** auf?

- ☐ an der Körperstelle, die operiert wurde
☐ an einer anderen Körperstelle
☐ beides (Operationsstelle und woanders)

Vom Befragenden auszufüllen:

Patient wurde interviewt:

☐ Ja ☐ Nein

Modifiziertes WHO Stufenschema

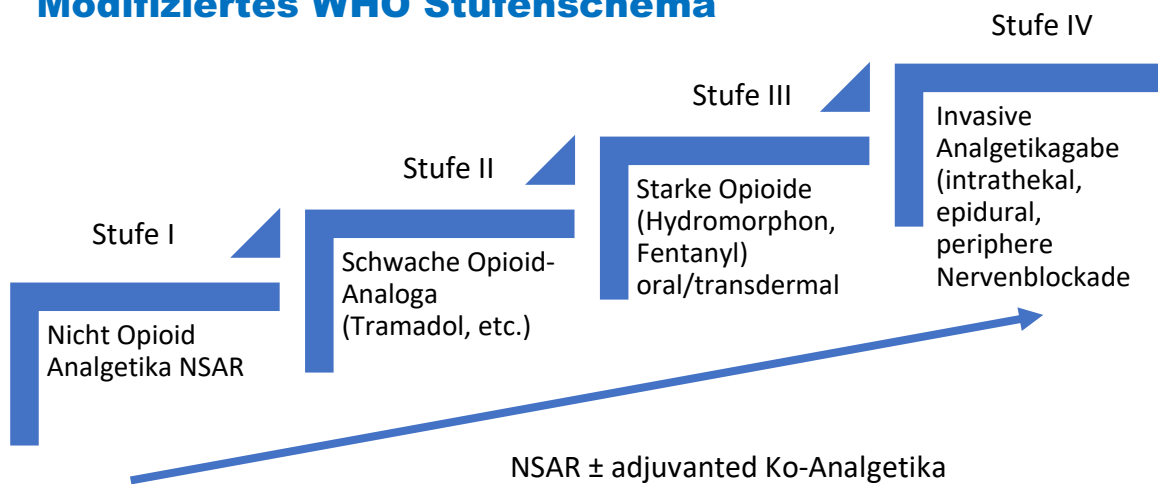


Abbildung 9 Modifiziertes WHO Stufenschema nach Yang J. et al. (69)

Tabelle 7 ASA Klassifikation nach Irlbeck T. et al. (96)

ASA	Definition	Beispiele
I	Normaler Patient	Gesunder Patient
II	Patient mit milden systemischen Erkrankungen	Milder Diabetes mellitus, Raucher, kompensierte Arterielle Hypertonie
III	Patient mit schweren systemischen Erkrankungen	Dekompensierter Diabetes mellitus, COPD, BMI >40, Dialyse, thromboembolische Ereignisse oder angiologische Erkrankungen >3 Monate (Myokardinfarkt, Transitorisch-ischämische-Attacke)
IV	Patient mit schweren systemischen Erkrankungen und immanenter Lebensgefahr	KHK oder thromboembolische Ereignisse, Stentimplantation <3 Monate, Sepsis
V	Moribunder Patient, der ohne Operation eine geringe Überlebenswahrscheinlichkeit hat	Rupturiertes Aortenaneurysma, massives Trauma, ischämische Darmerkrankung, Organversagen
VI	Hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden	

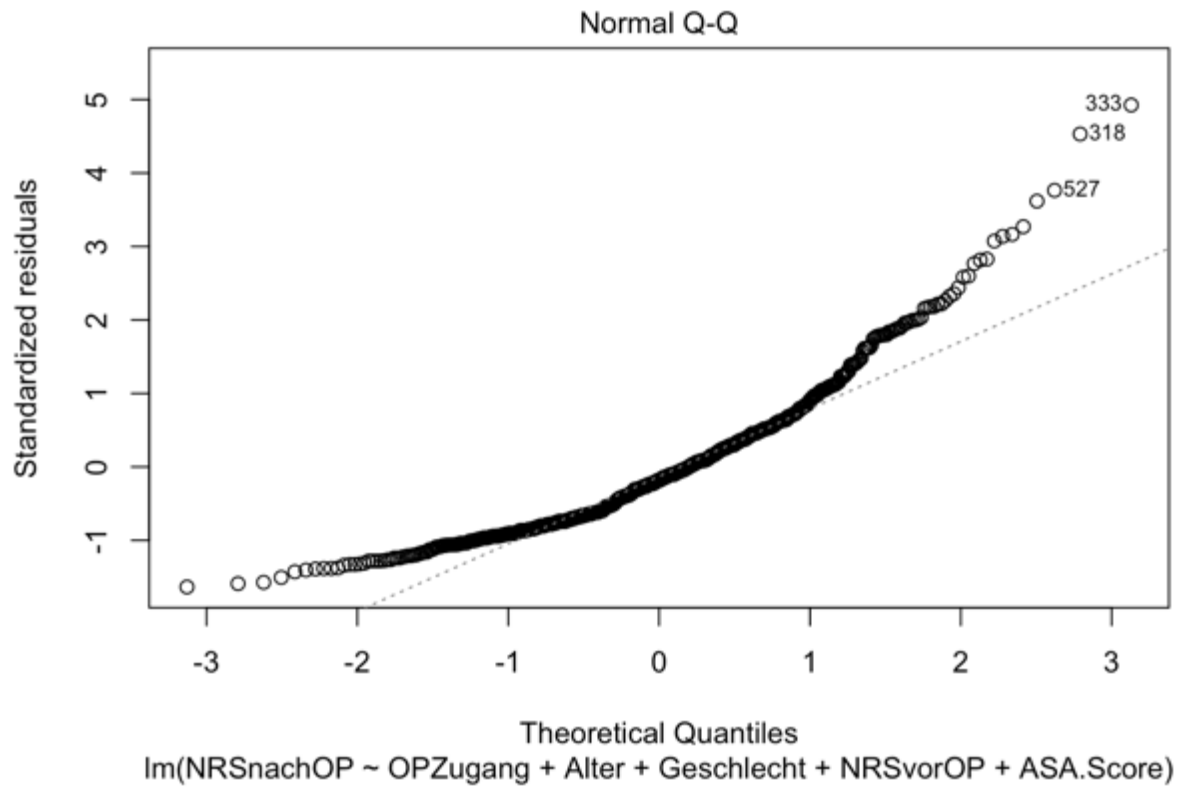


Abbildung 10 QQ-Plot der standardisierten Residuen des unbereinigten linearen Regressionsmodells

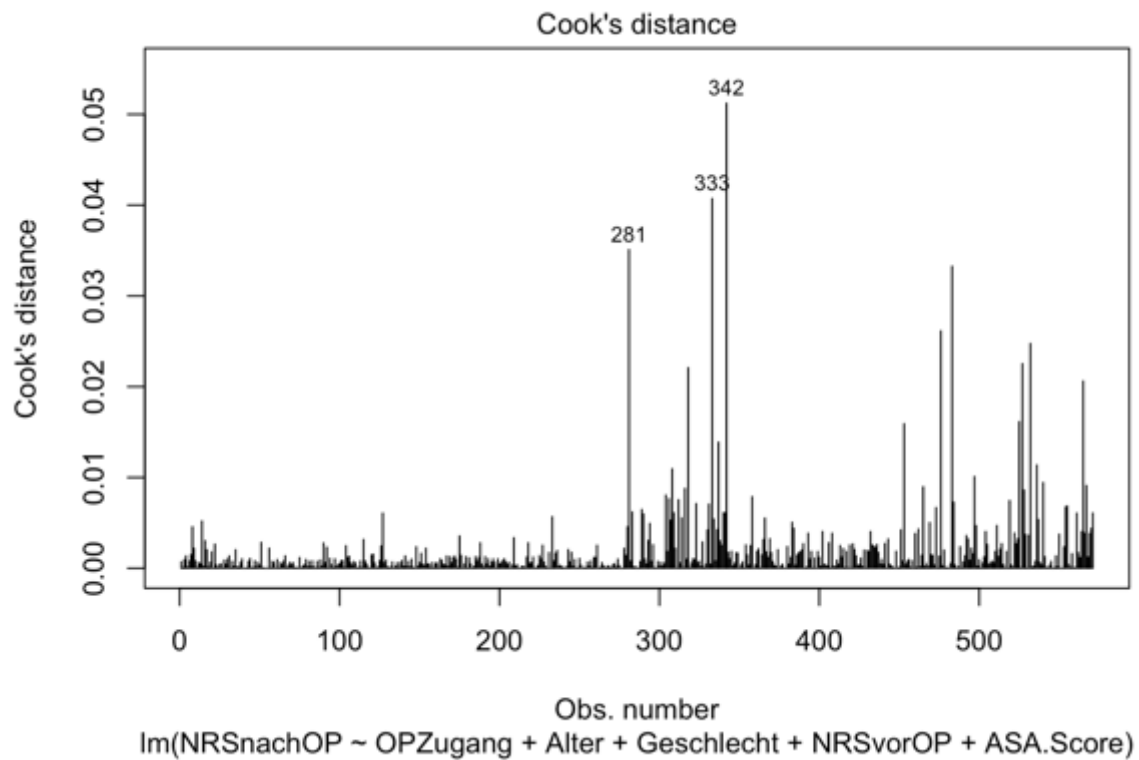


Abbildung 11 Anzahl der Ausreißer nach Cook-distance des unbereinigten linearen Regressionsmodells

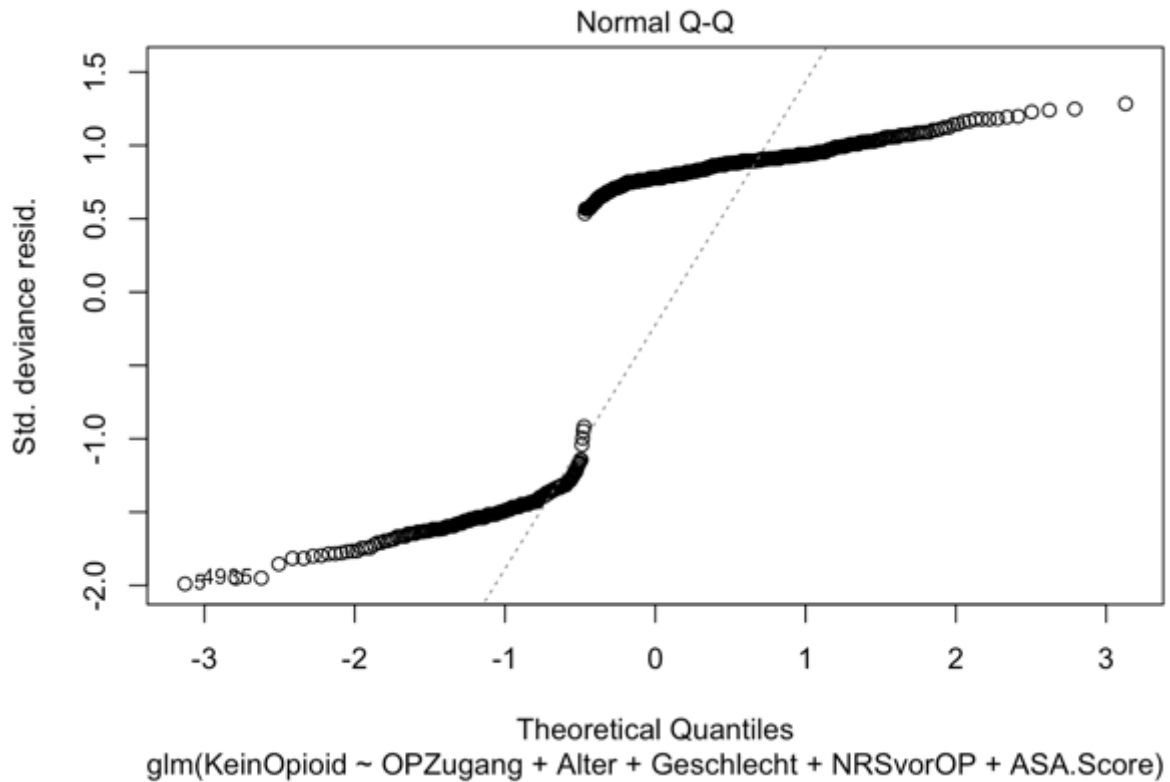


Abbildung 12 QQ-Plot der standardisierten Residuen des unbereinigten logistischen Regressionsmodells

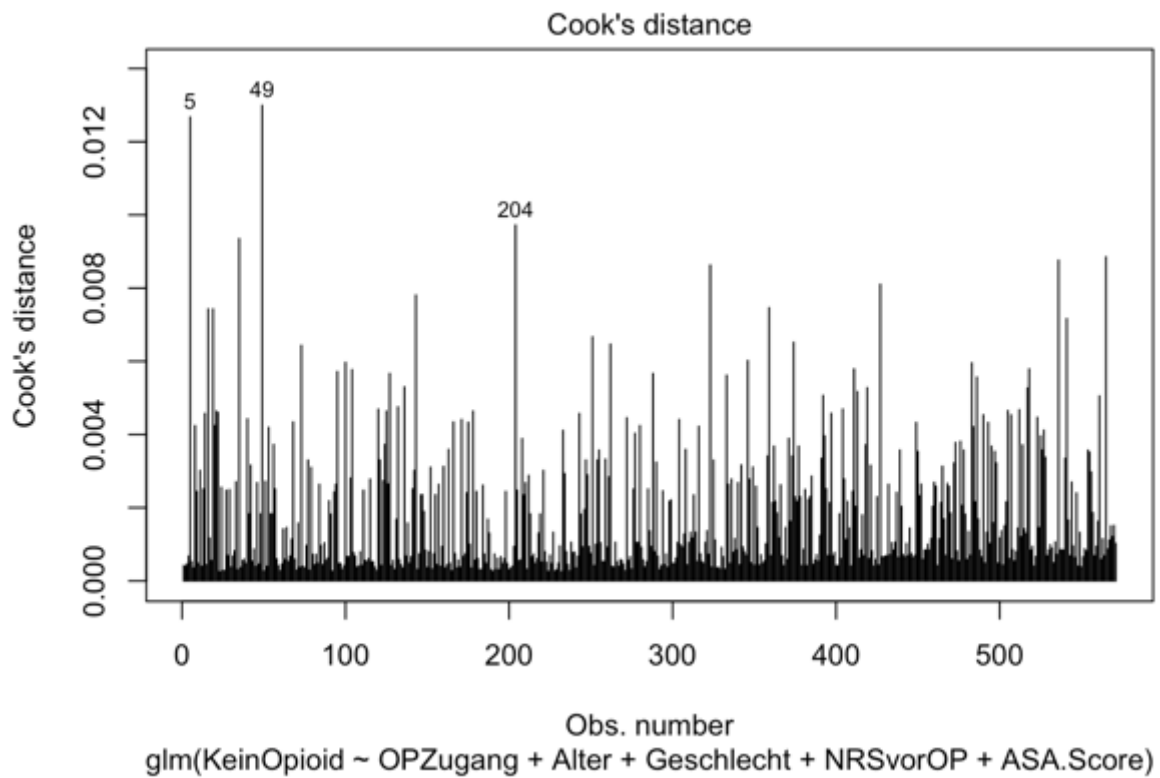


Abbildung 13 Anzahl der Ausreißer nach Cook-distance des unbereinigten logistischen Regressionsmodells

10. Literaturverzeichnis

1. Seidlitz C, Kip M. Einführung in das Indikationsgebiet und Verfahren. In: Weißbuch Gelenkersatz [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. p. 1–15. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53260-7_1
2. OECD. Health care utilisation. 2016; Available from: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/data/data-00542-en>
3. Goosen JHM, Kollen BJ, Castelein RM, Kuipers BM, Verheyen CC. Minimally Invasive versus Classic Procedures in Total Hip Arthroplasty: A Double-blind Randomized Controlled Trial. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2011 Jan 30;469(1):200–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11999-010-1331-7>
4. Dorr LD, Maheshwari A V., Long WT, Wan Z, Sirianni LE. Early Pain Relief and Function After Posterior Minimally Invasive and Conventional Total Hip Arthroplasty. J Bone Jt Surg [Internet]. 2007 Jun;89(6):1153–60. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-200706000-00001>
5. Wohlrab D, Hagel A, Hein W. Vorteile der minimalinvasiven implantation von hüfttotalendoprothesen in der frühen postoperativen rehabilitationsphase. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2004;
6. Jung J, Anagnostakos K, Kohn D. Klinische ergebnisse nach minimal-invasiver hüftendoprothetik. Orthopade. 2012.
7. Cheng T, Feng JG, Liu T, Zhang XL. Minimally invasive total hip arthroplasty: a systematic review. Int Orthop [Internet]. 2009 Dec 11;33(6):1473–81. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00264-009-0743-z>
8. Michel MC, Witschger P. MicroHip: A minimally invasive procedure for total hip replacement surgery A modified Smith-Petersen approach. Hip Int [Internet]. 2006;16(Suppl. 3):40–7. Available from: <http://www.hip-int.com/article/microhip-a-minimally-invasive-procedure-for-total-hip-replacement-surgery-a-modified-smith-petersen-approach-art005613>
9. Bertin KC, Röttinger H. Anterolateral Mini-incision Hip Replacement Surgery. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2004 Dec;429:248–55. Available from: <http://journals.lww.com/00003086-200412000-00038>
10. Sendtner E, Borowiak K, Schuster T, Woerner M, Grifka J, Renkawitz T.

- Tackling the learning curve: comparison between the anterior, minimally invasive (Micro-hip®) and the lateral, transgluteal (Bauer) approach for primary total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 2011 May 20;131(5):597–602. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-010-1174-4>
11. Heine J. Über die Arthritis deformans. *Virchows Arch Pathol Anat Physiol Klin Med* [Internet]. 1926 Oct;260(3):521–663. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/BF01889359>
 12. Lidgren L. The bone and joint decade 2000-2010. *Bull World Health Organ* [Internet]. 2003;81(9):629. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14710501>
 13. Fuchs J, Kuhnert R, Scheidt-Nave C. 12-Monats-Prävalenz von Arthrose in Deutschland. *J Heal Monit* [Internet]. 2017; Available from: <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-054>
 14. Sun Y, Stürmer T, Günther K, Brenner H. Inzidenz und Prävalenz der Cox- und Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* [Internet]. 2008 Mar 18;135(03):184–92. Available from: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1039578>
 15. Ferguson RJ, Palmer AJ, Taylor A, Porter ML, Malchau H, Glyn-Jones S. Hip replacement. *Lancet* [Internet]. 2018 Nov;392(10158):1662–71. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067361831777X>
 16. Rothbauer F, Zerwes U, Bleß H-H, Kip M. Häufigkeit endoprothetischer Hüft- und Knieoperationen. In: *Weißbuch Gelenkersatz* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. p. 17–41. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53260-7_2
 17. Alexander Grimberg, Volkmar Jansson, Oliver Melsheimer AS. Endoprothesenregister Deutschland (EPRD): Jahresbericht 2019 [Internet]. 2019 [cited 2020 Oct 1]. Available from: <https://www.eprd.de/de/>
 18. Pilz V, Hanstein T, Skripitz R. Projections of primary hip arthroplasty in Germany until 2040. *Acta Orthop* [Internet]. 2018 May 4;89(3):308–13. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17453674.2018.1446463>
 19. Matziolis G. S2k-Leitlinie Koxarthrose [Internet]. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC). 2019 [cited 2020 Nov 1].

- Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-001l_S2k_Koxarthrose_2019-07_1.pdf
20. Weißer M, Rosery H, Schönfelder T. Gesundheitsökonomische Aspekte. In: Weißbuch Gelenkersatz [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. p. 111–26. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53260-7_5
 21. Molloy IB, Martin BI, Moschetti WE, Jevsevar DS. Effects of the Length of Stay on the Cost of Total Knee and Total Hip Arthroplasty from 2002 to 2013. J Bone Jt Surg [Internet]. 2017 Mar;99(5):402–7. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-201703010-00006>
 22. Wainwright TW, Gill M, McDonald DA, Middleton RG, Reed M, Sahota O, et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations. Acta Orthop [Internet]. 2020 Jan 2;91(1):3–19. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17453674.2019.1683790>
 23. Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen [Internet]. Waldeyer - Anatomie des Menschen. Berlin, Boston: DE GRUYTER; 2012. 103–104; 315–317 p. Available from: <https://www.degruyter.com/view/books/9783110228632/9783110228632/9783110228632.xml>
 24. Haas NP, Krettek C, editors. Tscherne Unfallchirurgie: Hüfte und Oberschenkel [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-68741-2>
 25. Tschauner C. Orthopädie und Orthopädische Chirurgie [Internet]. Becken, Hü. Wirth CJ, Zichner L, editors. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004. 6–9 p. Available from: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-002-6231>
 26. Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, editors. AE-Manual der Endoprothetik [Internet]. AE-Manual der Endoprothetik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-14646-6>
 27. Hueter C. Fünfte Abteilung: die Verletzung und Krankheiten des Hüftgelenkes. In: Hueter C, editor. Grundriss der chirurgie. 2nd ed. Leipzig: FCW Vogel; 1883. p. 129–200.

28. Rachbauer F, Kain MSH, Leunig M. The History of the Anterior Approach to the Hip. Orthopedic Clinics of North America. 2009.
29. Smith-Petersen M. A NEW SUPRA-ARTICULAR SUBPERIOSTEAL APPROACH TO THE HIP JOINT. J Bone Jt Surg. 1917;2(8):592–5.
30. Hoppenfeld S, De Boar P, Buckley R. Surgical exposures in orthopaedics: The anatomic approach. Fifth Edit. Philadelphia: Wolters&Kluwer; 2016.
31. Watson-Jones R. Fractures of the neck of the femur. Br J Surg. 1936;
32. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S, Oberthaler W. The Transgluteal Approach to the Hip Joint. Arch Orthop Trauma Surg. 1979;
33. McFarland B, Osborne G. APPROACH TO THE HIP: A Suggested Improvement on Kocher's Method. J Bone Joint Surg Br. 1954;
34. Hardinge K. The direct lateral approach to the hip. J Bone Joint Surg Br [Internet]. 1982 Feb;64-B(1):17–9. Available from: <http://online.boneandjoint.org.uk/doi/10.1302/0301-620X.64B1.7068713>
35. CHARNLEY J, FERREIRA S. TRANSPLANTATION OF THE GREATER TROCHANTER IN ARTHROPLASTY OF THE HIP. J Bone Joint Surg Br. 1964;
36. Harris WH. Extensive exposure of the hip joint. CLINORTHOP. 1973;
37. Glassman AH, Engh CA, Bobyn JD. A technique of extensile exposure for total hip arthroplasty. J Arthroplasty [Internet]. 1987 Jan;2(1):11–21. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540387800268>
38. McLauchlan J. The stracathro approach to the hip. J Bone Jt Surg - Ser B. 1984;
39. Pai VS. A comparison of three lateral approaches in primary total hip replacement. Int Orthop [Internet]. 1998 Jan 23;21(6):393–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s002640050193>
40. Cashman JP, Cashman WF. Comparison of Complications in Transtrochanteric and Anterolateral Approaches in Primary Total Hip Arthroplasty. Orthopedics [Internet]. 2008 Nov 1;31(11):1085–8. Available from: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/01477447-20081101-04>
41. Langenbeck B. Über die Schussverletzungen des Hüftgelenks. Arch f Klin Chir [Internet]. 1874;16:263. Available from: <https://archive.org/details/ArchivFrKlinischeChirurgie.V.16.1874./page/n269/mode/2up>

42. Kocher ET. Chirurgische Operationslehre [Internet]. 5. mehrfac. Jena: Gustav Fischer Verlag; 1907. 440–445 p. Available from:
<https://archive.org/details/chirurgischeope03kochgoog/page/n482/mode/2up>
43. MOORE AT. The self-locking metal hip prosthesis. J Bone Joint Surg Am. 1957;
44. Anyanwu E, Ekezie J, Obikili E, Onyemaechi N. Anatomical basis for surgical approaches to the hip. Ann Med Health Sci Res [Internet]. 2014;4(4):487. Available from: <http://www.amhsr.org/text.asp?2014/4/4/487/139278>
45. Hoskins W, Dowsey MM, Spelman T, Choong PFM. Early surgical complications of total hip arthroplasty related to surgical approach. ANZ J Surg [Internet]. 2020 Oct 20;90(10):2050–5. Available from:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ans.16149>
46. Gibson A. POSTERIOR EXPOSURE OF THE HIP JOINT. J Bone Joint Surg Br [Internet]. 1950 May;32-B(2):183–6. Available from:
<http://online.boneandjoint.org.uk/doi/10.1302/0301-620X.32B2.183>
47. Marcy GH, Fletcher RS. MODIFICATION OF THE POSTEROLATERAL APPROACH TO THE HIP FOR INSERTION OF FEMORAL-HEAD PROSTHESIS. J Bone Jt Surg [Internet]. 1954 Jan;36(1):142–3. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-195436010-00021>
48. Ludloff K. Zur blutigen Einrenkung der angeborenen Hüftluxation. Zeitschrift für Orthopädische Chir. 1908;22:272–6.
49. Ferguson AB. Primary open reduction of congenital dislocation of the hip using a median adductor approach. J Bone Jt Surg - Ser A. 1973;
50. Zustin J. Pathologie des Bewegungsapparates. In: Krenn V, Rüther W, editors. Pathologie des Bewegungsapparates [Internet]. Berlin, Boston: DE GRUYTER; 2011. p. 67–75. Available from:
<https://www.degruyter.com/view/books/9783110221909/9783110221909/9783110221909.xml>
51. Bijlsma JWW, Berenbaum F, Lafeber FPJG. Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice. Lancet [Internet]. 2011 Jun;377(9783):2115–26. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673611602432>
52. Engelhardt M. Epidemiologie der arthrose in Westeuropa. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 2003.
53. Murphy NJ, Eyles JP, Hunter DJ. Hip Osteoarthritis: Etiopathogenesis and

- Implications for Management. Adv Ther [Internet]. 2016 Nov 26;33(11):1921–46. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12325-016-0409-3>
54. Smith RL, Carter DR, Schurman DJ. Pressure and shear differentially alter human articular chondrocyte metabolism: a review. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2004 Oct;(427 Suppl):S89-95. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15480081>
 55. Wirth CJ, Mutschler W, Kohn D, Pohlemann T, editors. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie [Internet]. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2014. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-23558>
 56. Lüring C, Tingart M, Grifka J. Orthopädie und Unfallchirurgie [Internet]. Grifka J, Kuster M, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. 282–297 p. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-13111-0>
 57. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. Ann Rheum Dis [Internet]. 1957 Dec 1;16(4):494–502. Available from: <https://ard.bmj.com/lookup/doi/10.1136/ard.16.4.494>
 58. Altman RD, Hochberg M, Murphy WA, Wolfe F, Lequesne M. Atlas of individual radiographic features in osteoarthritis. Osteoarthr Cartil [Internet]. 1995 Sep;3 Suppl A:3–70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8581752>
 59. Altman R, Alarcón G, Appelrouth D, Bloch D, Borenstein D, Brandt K, et al. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. Arthritis Rheum [Internet]. 1991 May;34(5):505–14. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/art.1780340502>
 60. Buckup K, Buckup J, editors. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-001-45>
 61. Möller TB, Reif E, editors. Hüfte axial nach Lauenstein. In: Taschenatlas Einstelltechnik [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2015. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/abstract/10.1055/b-0035-103381>
 62. KELLGREN JH, LAWRENCE JS. Rheumatism in miners. II. X-ray study. Br J Ind Med [Internet]. 1952 Jul;9(3):197–207. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14944740>

63. Merle d'Aubigné R, Cauchoix J, Ramadier J. Evaluation chiffrée de la fonction de la hanche. Application à l'étude des résultats des opérations mobilisatrices de la hanche. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1949;35:5–12.
64. Biau DJ, Brand RA. Robert Merle d'Aubigné, 1900–1989. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 2008/10/22. 2009 Jan 22;467(1):2–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18941853>
65. Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am* [Internet]. 1969 Jun;51(4):737–55. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5783851>
66. Bellamy N. Pain assessment in osteoarthritis: Experience with the WOMAC osteoarthritis index. *Semin Arthritis Rheum* [Internet]. 1989 May;18(4):14–7. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0049017289900103>
67. GANZ R, KLAUE K, VINH TS, MAST JW. A New Periacetabular Osteotomy for the Treatment of Hip Dysplasias Technique and Preliminary Results. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 1988 Jul;(232):26–36. Available from: <http://journals.lww.com/00003086-198807000-00006>
68. Scheidt-Nave C, Knopf H. Gebrauch von apothekenpflichtigen, nicht verschreibungspflichtigen Analgetika in der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung von Arzneimitteln mit den Wirkstoffen Acetylsalicylsäure(ASS), Diclofenac, Ibuprofen, Paracetamol [Internet]. Available from: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Drogen_und_Sucht/Berichte/Abschlussbericht/Abschlussbericht-RKI-I.pdf
69. Yang J, Bauer BA, Wahner-Roedler DL, Chon TY, Xiao L. The Modified WHO Analgesic Ladder: Is It Appropriate for Chronic Non-Cancer Pain? *J Pain Res* [Internet]. 2020 Feb;Volume 13:411–7. Available from: <https://www.dovepress.com/the-modified-who-analgesic-ladder-is-it-appropriate-for-chronic-non-ca-peer-reviewed-article-JPR>
70. Chappell AS, Desai D, Liu-Seifert H, Zhang S, Skljarevski V, Belenkov Y, et al. A Double-blind, Randomized, Placebo-controlled Study of the Efficacy and Safety of Duloxetine for the Treatment of Chronic Pain Due to Osteoarthritis of

- the Knee. *Pain Pract* [Internet]. 2011 Jan;11(1):33–41. Available from:
<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1533-2500.2010.00401.x>
71. Chappell AS, Ossanna MJ, Liu-Seifert H, Iyengar S, Skljarevski V, Li LC, et al. Duloxetine, a centrally acting analgesic, in the treatment of patients with osteoarthritis knee pain: A 13-week, randomized, placebo-controlled trial. *Pain* [Internet]. 2009 Dec;146(3):253–60. Available from:
<http://journals.lww.com/00006396-200912050-00009>
 72. Rozendaal RM, Koes BW, van Osch GJVM, Uitterlinden EJ, Garling EH, Willemsen SP, et al. Effect of Glucosamine Sulfate on Hip Osteoarthritis. *Ann Intern Med* [Internet]. 2008 Feb 19;148(4):268. Available from:
<http://annals.org/article.aspx?doi=10.7326/0003-4819-148-4-200802190-00005>
 73. Haroyan A, Mukuchyan V, Mkrtchyan N, Minasyan N, Gasparyan S, Sargsyan A, et al. Efficacy and safety of curcumin and its combination with boswellic acid in osteoarthritis: a comparative, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *BMC Complement Altern Med* [Internet]. 2018 Dec 9;18(1):7. Available from:
<https://bmccomplementalternmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-017-2062-z>
 74. Christensen R, Bartels EM, Astrup A, Bliddal H. Symptomatic efficacy of avocado–soybean unsaponifiables (ASU) in osteoarthritis (OA) patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoarthr Cartil* [Internet]. 2008 Apr;16(4):399–408. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1063458407003184>
 75. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet* [Internet]. 2007 Oct;370(9597):1508–19. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673607604577>
 76. Wessinghage D. Historical aspects of joint replacement – a bibliographical study. *Orthopade* [Internet]. 2000 Dec 14;29(12):1067–71. Available from:
<http://link.springer.com/10.1007/s001320050561>
 77. Boutin P. [Total arthroplasty of the hip by fritted aluminum prosthesis. Experimental study and 1st clinical applications]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* [Internet]. 1972;58(3):229–46. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4265757>
 78. BERRY DJ, BERGER RA, CALLAGHAN JJ, DORR LD, DUWELIUS PJ,

- HARTZBAND MA, et al. MINIMALLY INVASIVE TOTAL HIP ARTHROPLASTY. J Bone Jt Surgery-American Vol [Internet]. 2003 Nov;85(11):2235–46. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-200311000-00029>
79. Vail TP, Callaghan JJ. Minimal Incision Total Hip Arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg [Internet]. 2007 Dec;15(12):707–15. Available from: <http://journals.lww.com/00124635-200712000-00004>
 80. Wörner M, Weber M, Lechler P, Sendtner E, Grifka J, Renkawitz T. Minimalinvasive Operationstechniken in der Hüftgelenkttotalendoprothetik. Orthopade [Internet]. 2011 Dec 19;40(12):1068–74. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00132-011-1846-y>
 81. Boylan M, Suchman K, Vigdorchik J, Slover J, Bosco J. Technology-Assisted Hip and Knee Arthroplasties: An Analysis of Utilization Trends. J Arthroplasty [Internet]. 2018 Apr;33(4):1019–23. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540317310380>
 82. Weber M, Woerner ML, Sendtner E, Völlner F, Grifka J, Renkawitz TF. Even the Intraoperative Knowledge of Femoral Stem Anteversion Cannot Prevent Impingement in Total Hip Arthroplasty. J Arthroplasty. 2016;
 83. Light TR, Keggi KJ. Anterior approach to hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 1980 Oct;(152):255–60. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7438611>
 84. Rachbauer F, Nogler M. Direct Anterior Approach to the Hip. In: Hozack WJ, Krismer M, Nogler M, Bonutti PM, Rachbauer F, Schaffer JL, et al., editors. Minimally Invasive Total Joint Arthroplasty [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2004. p. 29–32. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-59298-0>
 85. Graf R, Azizbaig-Mohajer M. Der minimalinvasive Hüftgelenkersatz in Rückenlage mit hochgelagertem kontralateralem Bein. Oper Orthop Traumatol [Internet]. 2006 Oct;18(4):317–29. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00064-006-1180-4>
 86. Jerosch J, Theising C, Fadel ME. Antero-lateral minimal invasive (ALMI) approach for total hip arthroplasty technique and early results. Arch Orthop Trauma Surg [Internet]. 2006 Apr 8;126(3):164–73. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-006-0113-x>

87. Schneider M, Kawahara I, Breusch SJ. Modifizierter Hardinge-Zugang mit Kurzinzision. Orthopade [Internet]. 2006 Jul;35(7):751–60. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00132-006-0968-0>
88. Higuchi F, Gotoh M, Yamaguchi N, Suzuki R, Kunou Y, Ooishi K, et al. Minimally invasive uncemented total hip arthroplasty through an anterolateral approach with a shorter skin incision. J Orthop Sci [Internet]. 2003 Nov;8(6):812–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0949265815329523>
89. Goldstein WM, Branson JJ. Posterior-lateral approach to minimal incision total hip arthroplasty. Orthop Clin North Am [Internet]. 2004 Apr;35(2):131–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0030589803001081>
90. Wenz JF, Gurkan I, Jibodh SR. Mini-incision total hip arthroplasty: a comparative assessment of perioperative outcomes. Orthopedics [Internet]. 2002 Oct;25(10):1031–43. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401009>
91. Goebel S, Steinert AF, Schillinger J, Eulert J, Broscheit J, Rudert M, et al. Reduced postoperative pain in total hip arthroplasty after minimal-invasive anterior approach. Int Orthop [Internet]. 2012 Mar 25;36(3):491–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00264-011-1280-0>
92. R.A. V, A. R. Total hip replacement through a minimally invasive, anterolateral approach with the patient supine. Oper Orthop Traumatol. 2007;
93. Saxer F, Studer P, Jakob M, Suhm N, Rosenthal R, Dell-Kuster S, et al. Minimally invasive anterior muscle-sparing versus a transgluteal approach for hemiarthroplasty in femoral neck fractures-a prospective randomised controlled trial including 190 elderly patients. BMC Geriatr. 2018;
94. Meißner W. QUIPS: Quality improvement in postoperative pain management. Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes. 2011;
95. Meissner W, Mescha S, Rothaug J, Zwacka S, Goettermann A, Ulrich K, et al. Quality Improvement in Postoperative Pain Management – Results From the QUIPS Project. Dtsch Aerzteblatt Online [Internet]. 2008 Dec 12; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2008.0865>
96. Irlbeck T, Zwißler B, Bauer A. ASA-Klassifikation: Wandel im Laufe der Zeit und Darstellung in der Literatur. Anaesthesist. 2017;66(1):5–10.
97. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im

Auftrag des Bundesinstituts für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) unter Beteiligung der Arbeitsgruppe. ICD-10-GM Version 2020, Systematisches Verzeichnis, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, Stand: 20. September 2019 [Internet]. Köln, Germany: www.dimdi.de; 2019. Available from: <https://www.dimdi.de/dynamic/downloads/klassifikationen/ops/version2020/ops2020syst-pdf.zip>

98. Haefeli M, Elfering A. Pain assessment. *European Spine Journal*. 2006.
99. World Health Organization. *Cancer Pain Relief: With a Guide to Opioid Availability* [Internet]. 2nd ed. World Health Organization, editor. 1996. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37896>
100. R Core Team; R Foundation for Statistical Computing. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria; 2019.
101. Wall SJ, Mears SC. Analysis of Published Evidence on Minimally Invasive Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty* [Internet]. 2008 Oct;23(7):55-58.e1. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540308005263>
102. Mahmood A, Zafar MS, Majid I, Maffulli N, Thompson J. Minimally invasive hip arthroplasty: a quantitative review of the literature. *Br Med Bull* [Internet]. 2007 Sep 3;84(1):37–48. Available from: <https://academic.oup.com/bmb/article-lookup/doi/10.1093/bmb/ldm029>
103. Reininga IHF, Zijlstra W, Wagenmakers R, Boerboom AL, Huijbers BP, Groothoff JW, et al. Minimally invasive and computer-navigated total hip arthroplasty: a qualitative and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2010 Dec 17;11(1):92. Available from: <https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-11-92>
104. Roth A. [The minimally invasive anterolateral approach. A review of the literature]. *Orthopade* [Internet]. 2012 May;41(5):377–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22581147>
105. Migliorini F, Biagini M, Rath B, Meisen N, Tingart M, Eschweiler J. Total hip arthroplasty: minimally invasive surgery or not? Meta-analysis of clinical trials. *International Orthopaedics*. 2019.
106. Mason JB. *The New Demands by Patients in the Modern Era of Total Joint*

- Arthroplasty. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2008 Jan 3;466(1):146–52.
Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11999-007-0009-2>
107. Nöth U, Rackwitz L, Clarius M. Herausforderungen der Fast-Track-Endoprothetik in Deutschland. Orthopade [Internet]. 2020 Apr 18;49(4):334–7.
Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00132-020-03887-8>
 108. Harper CM, Lyles YM. Physiology and Complications of Bed Rest. J Am Geriatr Soc [Internet]. 1988 Nov;36(11):1047–54. Available from:
<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1532-5415.1988.tb04375.x>
 109. Sharma V, Morgan PM, Cheng EY. Factors Influencing Early Rehabilitation After THA: A Systematic Review. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2009 Jun 10;467(6):1400–11. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11999-009-0750-9>
 110. Gerbershagen HJ, Pogatzki-Zahn E, Aduckathil S, Peelen LM, Kappen TH, van Wijck AJM, et al. Procedure-specific Risk Factor Analysis for the Development of Severe Postoperative Pain. Anesthesiology [Internet]. 2014 May 1;120(5):1237–45. Available from:
<https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/120/5/1237/13793/Procedurespecific-Risk-Factor-Analysis-for-the>
 111. Pagnano MW, Hebl J, Horlocker T. Assuring a Painless Total Hip Arthroplasty: A Multimodal Approach Emphasizing Peripheral Nerve Blocks. J Arthroplasty [Internet]. 2006 Jun;21(4):80–4. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540306002798>
 112. Kehlet H, Jensen TS, Woolf CJ. Persistent postsurgical pain: risk factors and prevention. Lancet [Internet]. 2006 May;367(9522):1618–25. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067360668700X>
 113. Beswick AD, Wylde V, Gooberman-Hill R, Blom A, Dieppe P. What proportion of patients report long-term pain after total hip or knee replacement for osteoarthritis? A systematic review of prospective studies in unselected patients. BMJ Open [Internet]. 2012 Feb 22;2(1):e000435. Available from:
<https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2011-000435>
 114. Greimel F, Dittrich G, Schwarz T, Kaiser M, Krieg B, Zeman F, et al. Course of pain after total hip arthroplasty within a standardized pain management concept: a prospective study examining influence, correlation, and outcome of postoperative pain on 103 consecutive patients. Arch Orthop Trauma Surg

- [Internet]. 2018 Dec 31;138(12):1639–45. Available from:
<http://link.springer.com/10.1007/s00402-018-3014-x>
115. Brismar BH, Hallert O, Tedhamre A, Lindgren JU. Early gain in pain reduction and hip function, but more complications following the direct anterior minimally invasive approach for total hip arthroplasty: a randomized trial of 100 patients with 5 years of follow up. *Acta Orthop* [Internet]. 2018 Sep 3;89(5):484–9. Available from:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17453674.2018.1504505>
 116. Repantis T, Bouras T, Koroivessis P. Comparison of minimally invasive approach versus conventional anterolateral approach for total hip arthroplasty: a randomized controlled trial. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 2015 Jan 21;25(1):111–6. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00590-014-1428-x>
 117. Müller M, Tohtz S, Springer I, Dewey M, Perka C. Randomized controlled trial of abductor muscle damage in relation to the surgical approach for primary total hip replacement: minimally invasive anterolateral versus modified direct lateral approach. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 2011 Feb 20;131(2):179–89. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-010-1117-0>
 118. Yang C, Zhu Q, Han Y, Zhu J, Wang H, Cong R, et al. Minimally-invasive total hip arthroplasty will improve early postoperative outcomes: a prospective, randomized, controlled trial. *Ir J Med Sci* [Internet]. 2010 Jun 22;179(2):285–90. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11845-009-0437-y>
 119. Wohlrab D, Droege J-W, Mendel T, Brehme K, Riedl K, Leuchte S, et al. Minimal-invasiver vs. transglutealer Hüftgelenkersatz. *Orthopade* [Internet]. 2008 Nov 6;37(11):1121–6. Available from:
<http://link.springer.com/10.1007/s00132-008-1343-0>
 120. Nakamura S, Matsuda K, Arai N, Wakimoto N, Matsushita T. Mini-incision posterior approach for total hip arthroplasty. *Int Orthop* [Internet]. 2004 Aug 28;28(4). Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00264-004-0570-1>
 121. Ogonda L, Wilson R, Archbold P, Lawlor M, Humphreys P, O'Brien S, et al. A Minimal-Incision Technique in Total Hip Arthroplasty Does Not Improve Early Postoperative Outcomes. *J Bone Jt Surg* [Internet]. 2005 Apr;87(4):701–10. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-200504000-00002>

122. WOOLSON ST, MOW CS, SYQUIA JF, LANNIN J V., SCHURMAN DJ. COMPARISON OF PRIMARY TOTAL HIP REPLACEMENTS PERFORMED WITH A STANDARD INCISION OR A MINI-INCISION. J Bone Jt Surgery-American Vol [Internet]. 2004 Jul;86(7):1353–8. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-200407000-00001>
123. Martin R, Clayson PE, Troussel S, Fraser BP, Docquier P-L. Anterolateral Minimally Invasive Total Hip Arthroplasty. J Arthroplasty [Internet]. 2011 Dec;26(8):1362–72. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540311000404>
124. Mouilhade F, Matsoukis J, Oger P, Mandereau C, Brzakala V, Dujardin F. Component positioning in primary total hip replacement: A prospective comparative study of two anterolateral approaches, minimally invasive versus gluteus medius hemimytomy. Orthop Traumatol Surg Res [Internet]. 2011 Feb;97(1):14–21. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877056810002550>
125. Mazoochian F, Weber P, Schramm S, Utzschneider S, Fottner A, Jansson V. Minimally invasive total hip arthroplasty: a randomized controlled prospective trial. Arch Orthop Trauma Surg [Internet]. 2009 Dec 8;129(12):1633–9. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-009-0870-4>
126. Kim Y-H. Comparison of Primary Total Hip Arthroplasties Performed with a Minimally Invasive Technique or a Standard Technique. J Arthroplasty [Internet]. 2006 Dec;21(8):1092–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540306000489>
127. Paladini A, Fusco M, Coaccioli S, Skaper SD, Varrassi G. Chronic Pain in the Elderly: The Case for New Therapeutic Strategies. Pain Physician [Internet]. 2015;18(5):E863-76. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26431140>
128. Caicedo MS, Solver E, Coleman L, Jacobs JJ, Hallab NJ. Females with Unexplained Joint Pain Following Total Joint Arthroplasty Exhibit a Higher Rate and Severity of Hypersensitivity to Implant Metals Compared with Males. J Bone Jt Surg [Internet]. 2017 Apr;99(8):621–8. Available from: <http://journals.lww.com/00004623-201704190-00001>
129. Liu SS, Buvanendran A, Rathmell JP, Sawhney M, Bae JJ, Moric M, et al. A Cross-Sectional Survey on Prevalence and Risk Factors for Persistent

- Postsurgical Pain 1 Year After Total Hip and Knee Replacement. *Reg Anesth Pain Med* [Internet]. 2012;37(4):415–22. Available from: <https://rapm.bmj.com/lookup/doi/10.1097/AAP.0b013e318251b688>
130. Denk F, McMahon SB, Tracey I. Pain vulnerability: a neurobiological perspective. *Nat Neurosci* [Internet]. 2014 Feb 28;17(2):192–200. Available from: <http://www.nature.com/articles/nn.3628>
 131. Paller CJ, Campbell CM, Edwards RR, Dobs AS. Sex-Based Differences in Pain Perception and Treatment. *Pain Med* [Internet]. 2009 Mar 1;10(2):289–99. Available from: <https://academic.oup.com/painmedicine/article-lookup/doi/10.1111/j.1526-4637.2008.00558.x>
 132. Lungu E, Maftoon S, Vendittoli P-A, Desmeules F. A systematic review of preoperative determinants of patient-reported pain and physical function up to 2 years following primary unilateral total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* [Internet]. 2016 May;102(3):397–403. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877056816000645>
 133. Erlenwein J, Przemeck M, Degenhart A, Budde S, Falla D, Quintel M, et al. The Influence of Chronic Pain on Postoperative Pain and Function After Hip Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. *J Pain* [Internet]. 2016 Feb;17(2):236–47. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1526590015009281>
 134. Staibano P, Winemaker M, Petruccelli D, de Beer J. Total Joint Arthroplasty and Preoperative Low Back Pain. *J Arthroplasty* [Internet]. 2014 May;29(5):867–71. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540313007833>
 135. Peter WF, Dekker J, Tilbury C, Tordoir RL, Verdegaal SHM, Onstenk R, et al. The association between comorbidities and pain, physical function and quality of life following hip and knee arthroplasty. *Rheumatol Int* [Internet]. 2015 Jul 14;35(7):1233–41. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00296-015-3211-7>
 136. Mak PHK, Campbell RCH, Irwin MG, American Society of Anesthesiologists. The ASA Physical Status Classification: inter-observer consistency. American Society of Anesthesiologists. *Anaesth Intensive Care* [Internet]. 2002 Oct;30(5):633–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12413266>

137. Owens WD, Felts JA, Spitznagel EL. ASA Physical Status Classifications. *Anesthesiology* [Internet]. 1978 Oct 1;49(4):239–43. Available from: <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/49/4/239/23232/ASA-Physical-Status-ClassificationsA-Study-of>
138. Gagliese L, Gauthier LR, Macpherson AK, Jovellanos M, Chan VWS. Correlates of Postoperative Pain and Intravenous Patient-Controlled Analgesia Use in Younger and Older Surgical Patients. *Pain Med* [Internet]. 2008 Apr 1;9(3):299–314. Available from: <https://academic.oup.com/painmedicine/article-lookup/doi/10.1111/j.1526-4637.2008.00426.x>
139. Aubrun F, Bunge D, Langeron O, Saillant G, Coriat P, Riou B. Postoperative Morphine Consumption in the Elderly Patient. *Anesthesiology* [Internet]. 2003 Jul 1;99(1):160–5. Available from: <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/99/1/160/39442/Postoperative-Morphine-Consumption-in-the-Elderly>
140. Halawi MJ, Vovos TJ, Green CL, Wellman SS, Attarian DE, Bolognesi MP. Opioid-Based Analgesia: Impact on Total Joint Arthroplasty. *J Arthroplasty* [Internet]. 2015 Dec;30(12):2360–3. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088354031500580X>
141. Højer Karlsen AP, Geisler A, Petersen PL, Mathiesen O, Dahl JB. Postoperative pain treatment after total hip arthroplasty. *Pain* [Internet]. 2015 Jan;156(1):8–30. Available from: <http://journals.lww.com/00006396-201501000-00005>

11. Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle besonders bei Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Felix Greimel für die Überlassung des Themas meiner Dissertation sowie die außerordentlich effiziente und hervorragende Betreuung bedanken.

Herrn Prof. Dr. Med. Dr. H. C. J. Grifka möchte ich herzlich für die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit an seiner Klinik danken.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Univ.-Lektor Dr. Wolfgang Huf, B.Sc. für die Geduld und konsequente Hilfestellung bei statistischen Fragen bedanken. Bei Herrn Florian Zeman, M.Sc. möchte ich mich für den richtungsweisenden Rat in der Datenauswertung herzlich bedanken.

Für die Überlassung von zahlreichem Bildmaterial möchte ich mich bei den Mitarbeitern, Herrn Klaus Bahringer und Herrn Robert Gerlach, der Medienabteilung der Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg bedanken. Danken möchte ich auch einem meiner engsten Freunden Christoph Kirmaier, der mich bei der grafischen Bearbeitung der Bilder unterstützt hat.

Meinen Eltern möchte ich für die kontinuierliche Motivation und die eröffneten Möglichkeiten danken. Abschließend möchte ich mich bei meiner Partnerin Frau Dr. med. univ. Anja Weinhandl für ihre Geduld und beispiellose Unterstützung in allen Lagen bedanken.