Medizinische Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Christian Fischer

geboren am 14. September 1990 in Schweinfurt

Betreuer/Betreuerin: Prof. Dr. med. David Wohlrab

Gutachterin/Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. rer. Nat. Gunther Olaf Hofmann

Priv.-Doz. Dr. med. habil. Natalia Gutteck

15.04.2020

07.12.2020

Referat

Die endoprothetische Versorgung des Hüftgelenkes gilt als eine der erfolgreichsten Operationen in der Medizin. Nicht nur die jährlich steigenden Zahlen an Implantationen primärer Hüfttotalendoprothesen, sondern auch die zunehmende Inzidenz jüngerer Coxarthrosepatienten und deren Anspruch an eine hohe Funktionalität bei Schmerzfreiheit sowie langer Standzeit der Implantate, machten stetige Innovationen bzgl. des Implantat-Designs und der verwendeten Materialien notwendig. Die Kurzschaftendoprothetik, die sich in den letzten Jahren erfolgreich neben der konventionellen Geradschaftendoprothetik etablierte, konnte diese Ziele bereits in kurz- bis mittelfristigen klinischen Studien bestätigen. Ermöglicht wurde dies durch minimalinvasive operative Zugangswege, die knochen- bzw. weichteilschonende Implantation und eine Vielzahl an verfügbaren Implantaten. Somit konnte die Rekonstruktion der patientenindividuellen Anatomie unter größtmöglichem Erhalt der umgebenden Knochensubstanz gewährleistet werden. Die klinischen sowie radiologischen mittelfristigen Ergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese sollten die in der Literatur nach kurzem follow-up beschriebenen guten Ergebnisse bzgl. der hohen Patientenzufriedenheit und der anatomischen Rekonstruierbarkeit bestätigen. Mithilfe des Harris Hip Scores und des Forgotten Joint Scores wurde versucht, das klinische Outcome der insgesamt 51 Patienten dieser retrospektiven klinischen Studie zu ermitteln. Anhand radiologischer Kontrollaufnahmen wurde eine Analyse bzgl. einer möglichen postoperativen Beinlängendifferenz, einer Veränderung der Schaftachse, einer Veränderung des femoralen Offsets sowie Veränderungen des horizontalen bzw. vertikalen Drehzentrums durchgeführt. Aussagen zur primären bzw. sekundären Stabilität bzgl. einer vertikalen Migration und / oder Rotation des Kurzschaftes wurden mittels radiographischer Kontrollen an drei festgelegten Untersuchungsterminen getroffen. Analysiert wurde das Vorkommen radioluzenter Linien, dem radiographischen Korrelat aseptischer Lockerungen, und deren Einfluss auf die Standzeit des Kurzschaftes. Untersucht wurde auch das Auftreten heterotoper Ossifikationen, einer häufigen Komplikation im Rahmen des Weichteiltraumas während einer endoprothetischen Operation. Die mittelfristigen Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass mithilfe des Nanos®-Kurzschaftes sowohl hinsichtlich der Patientenzufriedenheit und des funktionellen Outcomes, als auch hinsichtlich der Standzeit und der Rekonstruierbarkeit der patientenindividuellen Anatomie, dem stetig wachsenden Anspruch der Patienten an die endoprothetische Versorgung des Hüftgelenkes entsprochen werden kann. Daten eines größeren Patientenkollektivs bei entsprechend langfristigem Nachuntersuchungszeitraum zur Validierung dieser Ergebnisse sind abzuwarten.

Fischer, Christian: Klinische und radiologische Langzeitergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese
Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 80S., 2020

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **1**

2. Zielstellung **5**

3. Material und Methoden **6**

3.1 Studiendesign 6

3.2 Patientenkollektiv 6

3.3 Patientenzufriedenheit 7

3.4 Score 7

3.4.1 Harris Hip Score 7

3.4.2 Forgotten Joint Score 10

3.5 Radiologische Untersuchung 12

3.5.1 Messung der Beinlängendifferenz 13

3.5.2 Bestimmung der Schaftposition 14

3.5.3 Messung des femoralen Offsets 16

3.5.4 Lage des Drehzentrums 17

3.5.5 Radioluzente Linien des Prothesenschaftes 18

3.5.6 Periartikuläre Ossifikationen 19

3.6 Angulation und longitudinale Migration des Prothesenschaftes 20

3.7 Statistische Signifikanz der Ergebnisse 21

4. Ergebnisse **22**

4.1 Patientenkollektiv 22

4.2 Patientenzufriedenheit 23

4.3 Scores 25

4.3.1 Harris Hip Score 25

4.3.2 Forgotten Joint Score 25

4.4 Röntgenologische Daten 26

4.4.1 Postoperative Beinlängendifferenz 26

4.4.2 Postoperative Schaftposition 27

4.4.3 Femorales Offset 28

4.4.4 Lage des horizontalen und vertikalen Drehzentrums 29

4.4.5 Radioluzente Linien des Prothesenschaftes 31

4.4.6 Periartikuläre Ossifikationen 32

4.4.7 Angulation und longitudinale Migration des Prothesenschaftes 33

4.5 Abhängigkeit von Parametern 34
4.5.1 Abhängigkeit der Patientenzufriedenheit vom BMI 34
4.5.2 Abhängigkeit des Harris Hip Score vom BMI 35
4.5.3 Abhängigkeit des Forgotten Joint Score vom BMI 36
4.5.4 Radioluzente Linien in Abhängigkeit vom BMI 37
4.5.5 Periartikuläre Ossifikationen und Body-Mass-Index 37
4.5.6 Abhängigkeit des HHS von der postoperativen Beinlängendifferenz 38
4.5.7 Abhängigkeit des FJS von der postoperativen Beinlängendifferenz 38
4.5.8 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und Beinlängendifferenz 39
4.5.9 Radioluzente Linien und Schaftposition 40
4.5.10 Abhängigkeit des HHS von der postoperativen Schaftposition 40
4.5.11 FJS und postoperativen Schaftposition 41
4.5.12 Abhängigkeit des HHS von der Veränderung des femoralen Offsets 42
4.5.13 Abhängigkeit des FJS von der Veränderung des femoralen Offsets 42
4.5.14 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und femoralem Offset 43
4.5.15. Abhängigkeit des HHS von der Veränderung des Drehzentrums 44
4.5.16. Abhängigkeit des FJS von der Veränderung des Drehzentrums 45
4.5.17 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und Drehzentrum 47
4.5.18 Abhängigkeit zwischen femoralem Offset und Drehzentrum 48
4.5.19 Periartikuläre Ossifikation - Patientenzufriedenheit Funktion und Schmerz 50
5. Diskussion 51
5.1 Nachuntersuchungszeitraum 51
5.2 Patientenzufriedenheit 51
5.3 Scores 52
5.4 Radiologische Daten 54
5.5 Abhängigkeit von Parametern 64
6. Zusammenfassung 73
7. Literaturverzeichnis 75
8. Thesen 81
Lebenslauf
Selbständigkeitserklärung
Erklärung
Danksagung

Abkürzungsverzeichnis und Verzeichnis der Symbole

®	registrierte Marke
s.	siehe
Abb.	Abbildung
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
m	Meter
Tab.	Tabelle
bzw.	beziehungsweise
kg	Kilogramm
PAO	periartikuläre Ossifikation
BMI	Body-Mass-Index
HHS	Harris Hip Score
FJS	Forgotten Joint Score
PACS®	Picture Archiving and Communication System
CFP®	collum femoris preserving® Prothese
CCD-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
ROM	range of motion
RL	radioluzente Linien
u.a.	unter anderem
bzgl.	bezüglich
mind.	mindestens
DZ	Drehzentrum
FO	femorales Offset
MW	Mittelwert
SD	Standardabweichung
o.g.	oben genannter
D	Deutschland
UK	United Kingdom
Fa.	Firma
n.	nach

1. Einleitung

Der endoprothetische Ersatz des Hüftgelenkes gilt als eine der erfolgreichsten Operationen weltweit und wurde bereits als Operation des Jahrhunderts beschrieben (Learmonth, Young et al. 2007). Weltweit werden weit mehr als eine Million Operationen pro Jahr durchgeführt, eine Zahl, die sich in den nächsten zwei Jahrzehnten verdoppeln könnte (Pivec, Johnson et al. 2012). Der britische Chirurg und Orthopäde Sir John Charnley gilt als Begründer des modernen endoprothetischen Gelenkersatzes. Unter Charnley erfreute sich der totale künstliche Ersatz des Hüftgelenkes größter Popularität. Er etablierte in der Behandlung des arthrotisch veränderten Hüftgelenkes das „low friction" – Prinzip. Durch Verwendung hochverdichteten Polyethylens (Ultra-high-molecular-weight Polyethylen, PE-UHMW) konnte die Reibung der künstlichen Gelenkpartner reduziert werden. Damit revolutionierte er die endoprothetische Versorgung des Hüftgelenkes (Charnley 1970, Charnley 1972, Charnley and Feagin 1973, Charnley 1974).

Während die Hüftendoprothetik in ihren Anfängen vorrangig das Ziel hatte, die Mobilität der Patienten zu erhalten, sieht sich diese in der heutigen Zeit vermehrt den gestiegenen Ansprüchen der Patienten nach adäquater Sicherung der Lebensqualität und schnellerer Rückkehr in den Alltag ausgesetzt. Insbesondere die Wiederherstellung einer größtmöglichen Funktionalität und Mobilität bei Schmerzfreiheit sowie eine lange Standzeit bei guter Belastbarkeit der Endoprothese stellen die Erwartungen und Hoffnungen der Patienten an die Operation dar.

Den Großteil der Patienten, die sich der Implantation eines Kunstgelenkes unterziehen, bilden Patienten mit primären Arthrose-bedingten Beschwerden zwischen 60 und 70 Jahren. Bei Patienten über 80 Jahren stehen posttraumatische Schenkelhalsfrakturen im Vordergrund (Claes et al. 2012). Nicht zuletzt aufgrund der Zunahme der Adipositas in der Bevölkerung und den daraus resultierenden endokrinen bzw. metabolischen Störungen wie Diabetes mellitus, Hypercholesterinämie oder Hyperurikämie, aber auch aufgrund angeborener Gelenkpathologien wie beispielsweise der Hüftdysplasie oder Erkrankungen des entzündlich-rheumatischen Formenkreises, ist der Anteil der Patienten unter 60 Jahren, denen ein künstliches Hüftgelenk implantiert wurde, in den letzten Jahren auf etwa 20% gestiegen (Günther et al 2013; Jerosch 2014). Diese Entwicklung, die zunehmende Nachfrage nach knochen- und weichteilschonenden Operationstechniken, ebenso wie die potentielle Notwendigkeit von späteren Revisionsoperationen, trieben die Entwicklung der verschiedenen Kurzschaftendoprothesen am Hüftgelenk voran (Jerosch 2012; Jerosch 2017).

Das Ziel dabei war es die Kurzschaftendoprothetik erfolgreich neben der konventionellen Geradschaftendoprothetik zu etablieren.
Die Vorteile, die man sich von der Kurzschaftendoprothetik versprach, waren einerseits die knochensparende Rekonstruktion der patientenindividuellen Gelenkanatomie, andererseits der Einsatz einer minimalinvasiven weichteilschonenden Implantationstechnik, eine kürzere Operationszeit, eine frühe Mobilisation und rasche Rückkehr der Patienten in den Alltag (Schmidutz, Grote et al. 2012, Stulberg and Patel 2013). Die proximale metaphysäre Verankerung des Prothesenschaftes im Oberschenkelknochen sollte mithilfe der Femurmarkraum-füllenden Implantationstechnik „form fit“ bzw. der mehrpunktuellen Schaftverklemmung „press fit“ erreicht werden und somit unter Schutz des proximalen Femurs eine hohe Rotationsstabilität gewährleisten. Die proximale Krafteinleitung der Kurzschaftsysteme auf das Femur sollte intertrochantär sowie entlang der medialen Schenkelhalskortikalis erfolgen, damit die Lasteinwirkung den physiologischen Gegebenheiten entsprach. Dadurch versprach man sich auch eine Reduktion periprothetischer Umbauprozesse des Knochens im Sinne einer Knochendemineralisierung bzw. Knochenatrophie („stress-shielding“), die im Verlauf zu Implantatlockerungen führen konnte (Salemyr, Muren et al. 2015, Yamako, Chosa et al. 2015).

Nach Einführung der Kurzschaftendoprothesen wurde ein Versuch unternommen, die verschiedenen sich auf dem Markt befindenden Systeme zu kategorisieren. Erste Anhaltspunkte stellten dabei das Ausmaß der knöchernen Resektion, die Verankerungsart sowie die unterschiedliche anatomische Orientierung der Systeme dar (Khanuja, Banerjee et al. 2014, Falez, Casella et al. 2015). Voneinander unterschieden wurden kurze kurvierte Schäfte, kurze Geradschäfte, kurze anatomische Schäfte (Jerosch 2011, 2012, 2014), ebenso wie Unterschiede bzgl. der Länge der verschiedenen Schaftsysteme (Feyen and Shimmin 2014).

Aufgrund dieser oft wenig übersichtlichen und uneinheitlichen Klassifikation der Kurzschäfte publizierte Prof. J. Jerosch eine neue Klassifikation der Kurzschaftsysteme, die sich an der Resektionsebene des Schenkelhalses orientierte (Jerosch 2011). Im Rahmen dieser Klassifikation wurden die verschiedenen Kurzschaftsysteme in Schenkelhals-erhaltende, Schenkelhals-teilerhaltende und Schenkelhals-resezierende Systeme eingeteilt (Jerosch 2014). Diese Klassifikation der Kurzschaftsysteme, die sich anhand der Resektionsebene orientierte, stellte den gegenwärtigen Standard dar.

Ein Beispiel für eine Schenkelhals-erhaltende Kurzschaftendoprothese ist die Sprion®-Schraubenendoprothese (ehemals Fa. AMTS, jetzt Fa. K-Implant, Garben; D), bei deren Implantation es lediglich der Entfernung des Hüftkopfes bedarf.
Weitere Schenkelhals-erhaltende Implantatsysteme wie die Silent™-Prothese (Fa. DePuySynthes, Indiana, USA) und die Cut®-Schenkelhalsendoprothese (ehemals Fa. ESKA, jetzt Fa. Orthodynamics, Lübeck, D) konnten sich nicht am Markt etablieren.
Die beiden genannten Implantate neigten vermehrt zu einer frühen aseptischen Lockerung, setzten eine strenge Indikationsstellung zur Implantation voraus und erforderten eine anspruchsvolle operative Implantation (Jerosch 2011; Jerosch 2012; Jerosch 2014).

Zu den Schenkelhals-resezierenden Kurzschaft-Systemen zählen der Metha®-Kurzschaft (Fa. Aesculap, Tuttlingen, D), der Mayo®-Kurzschaft sowie die Fitmore™-Prothese (beide Fa. Zimmer, Freiburg, D). Das Metha®-Kurzschaftsystem, sowie die Fitmore™-Prothese zählten aufgrund guter klinischer Ergebnisse, der Rekonstruierbarkeit der individuellen Patientenanatomie und aufgrund der großen Anzahl verschiedener Schaftgrößen zu den in Deutschland mit am meistverkauften Kurzschaftsystemen der Hüftendoprothetik. In der Literatur wurden insbesondere bzgl. des Mayo®-Kurzschaftes bereits kurz nach Markteinführung gute klinische Langzeitergebnisse beschrieben. Das Mayo®-Kurzschaftsystem, dessen Markteinführung 1985 stattfand, war das Erste in Deutschland implantierte Kurzschaftsystem. Bei diesem Schaftsystem galt die Rekonstruktion des femoralen Offset und der Beinlänge aufgrund des hohen CCD-Winkels als problematisch (Jerosch 2011, 2012, 2014, 2017).

Schenkelhals-teilerhaltende Kurzschaft-Systeme ermöglichen eine variable Osteotomie- bzw. Resektions-Höhe des Schenkelhalses und somit, je nach individuellem CCD-Winkel des Patienten, eine hohe subkapitale, mittlere bzw. tiefe Resektion bei varischem, neutralem oder valgischem CCD-Winkel. Diese Schaft-Systeme boten daher die potentiell größtmögliche Chance der Rekonstruktion des femoralen Offsets und der Beinlänge bei geringerer Anzahl unterschiedlicher Schaftgrößen (Kutzner, Kovacevic et al. 2015, Kutzner and Pfeil 2018). Beispiele Schenkelhals-teilerhaltender Kurzschaftendoprothesen waren der CFP®-Schaft (Fa. Link, Hamburg, D), der Optimys®-Kurzschaft (Fa. Mathys, Bettlach, Schweiz) und der Nanos®-Kurzschaft (Fa. Smith&Nephew, London, UK), der Gegenstand dieser Arbeit war.
Der zementfrei-implantierte, metaphysär-verankernde Nanos®-Kurzschaft bestand aus einer Titanschmiedelegierung und wies ein dreifach konisches Prothesendesign mit zirkulo-trapezoidalem Querschnitt auf. Insgesamt standen zehn verschiedene Schaftgrößen zur Verfügung.

Abb. 1: Nanos®-Kurzschaftendoprothese (Fa. Smith&Nephew, aus Jerosch 2017)

Die Primärstabilität des Schaftes wurde durch die mehrdimensionale, metaphysäre Verankerung im proximalen Femurknochen erreicht. Die Sekundärstabilität wurde durch Osseointegration zwischen der mit Kalziumphosphat (Bonit) beschichteten Schicht des Prothesenschaftes und dem proximalen Femur erreicht. Die Krafteinleitung dieses Schaftsystems erfolgte proximal-metaphysär, wobei sich der Schaft der Prothese medial am Kalkar des Femurs anlegte und sich lateral an der Kortikalis abstützte. Diese Art der Krafteinleitung sollte das Auftreten des „stress shieldieng“ und des damit verbundenen Risikos einer Knochenatrophie reduzieren. Eine distale Migration und Varisierung des Prothesenschaftes sollte durch dessen hochglanzpolierte Schaftspitze verhindert werden. Die guten klinischen Ergebnisse hinsichtlich der Primär- bzw. der Sekundär-Stabilität nach Implantation der Nanos®-Kurzschaftendoprothese wurden seit Markteinführung des Schaftsystems im Jahr 2004 bereits in mehreren kurzfristig angelegten Studien beschrieben (Castelli and Rizzi 2014, Amenabar, Marimuthu et al. 2015).

Die Rekonstruierbarkeit der patientenindividuellen Hüftanatomie, der Beinlänge, des femoralen Offset und des Hüftdrehzentrums (kranio-kaudal und medio-lateral) konnte bereits anhand vorhandener kurzfristiger Ergebnisse in der Literatur bestätigt werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt lagen in der aktuellen Literatur keine mittel – bzw. langfristigen Ergebnisse der Nanos®- Schenkelhals-teilerhaltenden Kurzschaftendoprothese in Bezug auf die Standzeit vor. Aussagen zur Inzidenz des Auftretens periartikulärer Ossifikationen, Schaftlockerungs- bzw. Schaftrotationstendenzen und der Rate späterer Revisionsoperationen konnten gegenwärtig ebenfalls noch nicht getroffen werden (Charnley 1964, Jerosch, Grasselli et al. 2012, Wittenberg, Steffen et al. 2013, Zeh, Pankow et al. 2013, van Oldenrijk, Molleman et al. 2014, Brinkmann, Radetzki et al. 2015, Kaipel, Grabowiecki et al. 2015, Kutzner, Hechtner et al. 2017, Giardina, Castagnini et al. 2018, Hauer, Vielgut et al. 2018, Wacha, Domsel et al. 2018).

2. Zielstellung

Das Ziel dieser monozentrischen retrospektiven Studie war die Erhebung der mittelfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse der ersten 100 Nanos®- Kurzschaftendoprothesen, die im Universitätsklinikum Halle (Saale) in dem Zeitraum vom 09.01.2008 bis 23.02.2009 implantiert wurden.

Folgende Fragestellungen standen im Mittelpunkt dieser Arbeit:

1. Wie hoch war die subjektive Patientenzufriedenheit bzgl. postoperativem Schmerzempfinden und postoperativer Funktionalität nach Implantation einer Nanos®-Kurzschaftendoprothese und mittelfristigem follow-up?

2. Erhebung des HHS und des FJS mit der Fragestellung welches objektivierbare, postoperative klinische Outcome bei mittelfristigem follow-up erzielt wurde und inwiefern das Kunstgelenk im Alltag wahrgenommen wurde.

3. Konnte die Primär- bzw. Sekundärstabilität des Nanos®-Kurzschaftes, die bereits anhand kurzfristiger Ergebnisse beschrieben wurde, über einen mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum bestätigt werden?

4. Wurde, verglichen mit kurzfristigen Nachuntersuchungszeiträumen, bei mittelfristigem follow-up eine höhere Inzidenz aseptischer Schaftlockerungen, Schaftrotationen oder Revisionsoperationen festgestellt? Ergab sich daraus ein Einfluss auf die Standzeit der Prothese?

5. Konnte die patientenindividuelle Anatomie bzgl. der Beinlänge, der femoralen Schaftachse, des femoralen Offsets und des Drehzentrums (medio-lateral bzw. kranio-kaudal) rekonstruiert werden?

6. Konnten heterotope Ossifikationen bzw. PAO nachgewiesen werden? Inwiefern konnten bei mittelfristigem follow-up und Vorhandensein heterotoper Ossifikationen Einschränkungen bzgl. der ROM der Patienten nachgewiesen werden?

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Die Daten der Patienten, denen aufgrund einer primären oder sekundären Coxarthrose eine Nanos®-Kurzschaftendoprothese implantiert wurde, konnten den Operationsbüchern des Departments für Orthopädie, Unfall – und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) entnommen werden. Die Grundlage dieser Studie bildeten die ersten 100 Nanos® - Kurzschaftendoprothesen, die im Universitätsklinikum implantiert wurden. Alle Patienten wurden im Rahmen dieser Studie schriftlich zu der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung eingeladen. Von insgesamt 97 eingeladenen Patienten, von denen drei Patienten beidseitig mit einer Nanos® - Kurzschaftendoprothese versorgt wurden, konnten die vollständigen Daten von 51 Patienten für diese klinische Studie verwendet werden. Ausgeschlossen werden mussten fünf Patienten, die verzogen waren, sechs Patienten, die telefonisch abgesagt hatten sowie weitere sechs Patienten, die zu dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits verstorben waren. Weitere 29 der eingeladenen 97 Patienten waren ohne Grund nicht zu der Nachuntersuchung erschienen. Diese 46 Patienten konnten daher nicht in diese klinische Studie eingeschlossen werden. Drei der 51 Patienten wurden beidseitig mit einer Nanos®-Kurzschaftendoprothese versorgt. Im Rahmen der Auswertung wurde bei beidseitiger Hüftgelenksimplantation jedes Kunstgelenk einzeln gewertet. Die Ergebnisse dieser Arbeit bezogen sich daher auf insgesamt 54 Nanos® - Kurzschaftendoprothesen. Mit den anthropometrischen Parametern der beidseitig operierten Patienten wurde analog verfahren.

3.2 Patientenkollektiv

Im Zuge der Nachuntersuchung der 51 Patienten wurden anamnestisch das Alter, das Geschlecht, die Körpergröße und das Körpergewicht bestimmt. Aus den letzten beiden genannten Parametern wurde im Folgenden der Body Mass Index (BMI) errechnet. Der Bewegungsumfang (Range of Motion, ROM) des operierten Hüftgelenkes wurde bei allen Patienten mit Hilfe der Neutral-Null-Methode bestimmt. Zur Vermeidung einer Verzerrung der Ergebnisse bzgl. der Standzeit des Kurzschaftes, wurden potentielle Revisionsoperationen während des gesamten Nachuntersuchungszeitraumes berücksichtigt.

3.3 Patientenzufriedenheit

Alle 51 Patienten wurden gebeten sich zu ihrer Zufriedenheit bzgl. des postoperativen Ergebnisses der Hüftoperation zu äußern. Die Patientenzufriedenheit wurde anhand einer subjektiven Einschätzung in Bezug auf die Kategorien Schmerz und Funktionalität definiert. Jeder Patient konnte in der jeweiligen Kategorie eine Beurteilung abgeben und diese einer entsprechenden Note von „sehr zufrieden“ (≙1) bis zu „sehr unzufrieden“ (≙5) zuordnen. Des Weiteren wurden die Patienten dazu befragt, ob sie sich aus heutiger Sicht erneut dieser Operation unterziehen würden. Diese Frage konnte mit „ja“, „vielleicht“ oder „nein“ beantwortet werden.

3.4 Scores

3.4.1 Harris Hip Score (HHS)

Um die klinischen Befunde des jeweiligen künstlichen Hüftgelenkes objektivieren zu können, erhoben wir am Tag der Nachuntersuchung bei jedem Patienten den Harris Hip Score (HHS) (Harris 1969). Die Unterteilung des Harris Hip Scores umfasste hierbei die Angaben zur Schmerzsymptomatik (s. Tab. 1) und zur Funktionalität (s. Tab. 2) des / der betroffenen Hüftgelenke im alltäglichen Leben. Die Erhebung dieses Scores durch den Untersucher schloss im Rahmen der klinischen Untersuchung ebenfalls die Messung des Bewegungsumfangs, Range of Motion (ROM), und mögliche Deformitäten ein (s. Tab. 3 und 4). Dazu wurden das Ausmaß der Flexion, Außenrotation, Abduktion und Adduktion bestimmt. Nach Erfassen der obligaten Parameter erfolgte die rechnerische Auswertung des Harris Hip Score durch Summierung der Einzelpunktwerte der verschiedenen Teile des Scores (s. Tab. 1). Die maximale Gesamtpunktzahl, entsprechend dem bestmöglichen Testergebnis, betrug 100 Punkte.

Tabelle 1: Harris Hip Score – Schmerz (max. 44 Punkte)

Schmerzen	**Punkte**
Keine Schmerzen	44
Gelegentliche Schmerzen	40
Leichte Schmerzen	30
Mittlere Schmerzen	20
Starke Schmerzen	10
Körperbehinderung, Invalidität	0

Tabelle 2: Harris Hip Score – Funktion (max. 47 Punkte)

Hinken Sie?	**Punkte**
Kein Hinken	11
Leichtes Hinken	8
Mäßiges Hinken	5
Starkes Hinken	0

Benötigen Sie Gehhilfen?	**Punkte**
Keine Gehhilfen	11
1 Handstock für längere Strecken	7
1 Handstock ständig	5
1 Unterarmgehstütze (UAGS)	3
2 UAGS / gehen unmöglich	0

Wie groß ist ihre Gehdistanz?	**Punkte**
Unbegrenzt	11
4-5 Blocks (4-5 km)	8
2-3 Blocks (2-3 km)	5
Nur im Haus	2
Nur Stuhl und Bett	0

Wie gut können Sie Treppensteigen?	**Punkte**
Leicht möglich	4
Möglich mit Geländer	2
Mit Schwierigkeiten möglich	1
Treppensteigen unmöglich	0

Wie gut können Sie Schuhe und Socken anziehen?	**Punkte**
Leicht möglich	4
Schwierig möglich	2
Anziehen unmöglich	0

Wie lange können Sie sitzen?	**Punkte**
Auf allen Stühlen für mind. 1 Stunde	5
Auf einem hohen Stuhl für mind. 30 Minuten	3
Sitzen unmöglich	0

Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel?	**Punkte**
Nutzung möglich	1
Nutzung unmöglich	0

Tabelle 3: Harris Hip Score – Fehlen von Deformitäten (max. 4 Punkte)

Vergabe von 4 Punkten beim Vorliegen folgender Deformitäten:

A.	weniger als 30° fixierte Flexionskontraktur
B.	weniger als 10° fixierte Abduktion
C.	weniger als 10° fixierte Innenrotation in Extension
D.	Beinlängendifferenz geringer als 3,2 cm

Tabelle 4: Harris Hip Score – Beweglichkeit (max. 5 Punkte)

A. Flexion	0-45° 45-90° 90-110°>110°	2,25 3,60 3,75 3,90
B. Abduktion	0-5° 5-10° 10-15° >15°	0,20 0,40 0,60 0,65
C. Außenrotation in Extension	0-5° 5-10° >15°	0,1 0,2 0,3
D. Innenrotation in Extension	alle	0,0
E. Adduktion	0-5° 5-10° >15°	0,05 0,10 0,15
F. Extension	alle	0,0

3.4.2 Forgotten Joint Score (FJS)

Zusätzlich zu dem Harris Hip Score wurde bei jedem Patienten der Forgotten Joint Score erhoben. Das Ziel der zwölf Fragen dieses Scores war es, die Wahrnehmung des Patienten in Bezug auf sein künstliches Gelenk im Alltag zu untersuchen. Die Auswertung erfolgte anhand einer definierten Formel, deren Ergebnis eine Prozentzahl war, anhand derer eine Einschätzung über die Wahrnehmung der Hüftprothese durch den Patienten im Alltag getroffen werden konnte.

Der Forgotten Joint Score bestand aus den folgenden zwölf Fragen:

Nehmen Sie Ihr künstliches Hüftgelenk wahr ...

1. … nachts im Bett?

nie fast nie selten manchmal häufig

2. …wenn Sie über eine Stunde auf einem Stuhl sitzen?

nie fast nie selten manchmal häufig

3. …wenn Sie länger als 15 Minuten laufen?

nie fast nie selten manchmal häufig

4. …wenn Sie ein Bad nehmen / duschen?

nie fast nie selten manchmal häufig

5. …wenn Sie mit einem Auto verreisen?

nie fast nie selten manchmal häufig

6. …wenn Sie Treppen steigen?

nie fast nie selten manchmal häufig

7. …wenn Sie auf unebenem Boden laufen?

nie fast nie selten manchmal häufig

8. …wenn Sie aus dem tiefen Sitz aufstehen?

nie fast nie selten manchmal häufig

9. …wenn Sie längere Zeit stehen?

nie fast nie selten manchmal häufig

10. …wenn Sie Haus-/Gartenarbeit erledigen?

nie fast nie selten manchmal häufig

11. …wenn Sie spazieren / wandern gehen?

nie fast nie selten manchmal häufig

12. …wenn Sie Ihrem Hobby / Sport nachgehen?

nie fast nie selten manchmal häufig

Die Antwortmöglichkeiten der einzelnen Fragen wurden hinsichtlich der Auswertung des Forgotten Joint Score mit Punktwerten belegt. „Nie“ entsprach einem Punktwert von 0, „fast nie“ einem Punktwert von 1, „selten“ einem Punktwert von 2, „manchmal“ einem Punktwert von 3 und „häufig“ einem Punktwert von 4. Die Berechnung dieses Scores erfolgte durch folgende Formel:

$$\text{FJS} = 100 - \frac{Summe\ der\ Punkte}{Anzahl\ der\ beantworteten\ Fragen} * 25$$

Die einzelnen Punktwerte der Fragen wurden summiert, anschließend durch die Anzahl der zu beantwortenden Fragen dividiert und in einem vorletzten Schritt mit der Zahl 25 multipliziert. Der auf diese Weise errechnete Wert, der zwischen 0 und 100 lag, ist in einem letzten Schritt von der Zahl 100 abgezogen worden. Ein hoher Score entsprach dem „Vergessen“ des künstlichen Gelenkes im Alltag, während ein niedriger Score der Tatsache entsprach, dass der Patient sein Kunstgelenk im Alltag bewusst wahrnahm. Sobald mehr als vier Fragen des Forgotten Joint Score nicht beantwortet werden konnten, galt dieser als ungültig. Alle Studienpatienten beantworteten die Fragen des FJS so, dass dieser verwendet werden konnte. (Behrend, Giesinger et al. 2012).

3.5 Radiologische Untersuchung

Am Tag der klinischen Nachuntersuchung der Patienten fand auch die radiologische Nachuntersuchung statt. Dazu wurde von jedem einzelnen Patienten eine Röntgenaufnahme des Beckens im Stehen, im anterior-posterioren Strahlengang tief eingestellt, sowie eine Aufnahme des Hüftgelenkes im axialen Strahlengang angefertigt. Zum späteren Ausgleich des Vergrößerungsfaktors sind die jeweiligen Röntgenaufnahmen mit einer 25 Millimeter Referenzkugel auf Gelenkniveau angefertigt worden. Das Hüftgelenk wurde in Neutral-Null-Stellung gelagert und der Film-Fokus Abstand betrug 1,15 Meter.

Die auf diese Weise angefertigten Aufnahmen wurden in dem digitalen Bildarchivierungssystem PACS® (Fa. GE Medical Systems, Buckinghamshire, Großbritannien) zur weiteren Auswertung gespeichert. In einzelnen Fällen legten die Patienten am Tag der Nachuntersuchung aktuelle Röntgenaufnahmen vor, so dass diese in das PACS® - System eingelesen werden konnten und keine erneuten radiologischen Aufnahmen angefertigt wurden. Bei einigen Röntgenaufnahmen fehlte die oben genannte Referenzkugel. Zur Referenzierung wurde daher der Vergrößerungsfaktor ermittelt. Dazu wurde die reale Pfannengröße des auf dem Röntgenbild abgebildeten Implantates, die anhand der Operationsdaten bekannt war, mit der gemessenen Pfannengröße des Röntgenbildes ins Verhältnis gesetzt.

Die nicht-operativ versorgte Gegenseite diente als Vergleich zwischen präoperativem und postoperativem Zustand. Bei beidseitiger Implantation einer Hüftendoprothese sind die entsprechenden präoperativen Röntgenaufnahmen aus dem klinikinternen Archiv angefordert und anschließend in das PACS® - System digitalisiert worden. Als Referenzkörper dienten hier die bekannte Pfannen- beziehungsweise die bekannte Kopfgröße der Implantate.

Zur Auswertung der radiologischen Aufnahmen, wurde die Planungssoftware mediCAD® Version 3.50 (Firma Hectec GmbH, Landshut, Deutschland) verwendet. Die Auswertung der Bilder erfolgte durch eine einzelne Person an einem geeigneten Monitor mit entsprechender Auflösung zur Betrachtung von Röntgenaufnahmen.

Nach initialer Skalierung der Röntgenbilder mit der 25 Millimeter Referenzkugel, oder unter Zuhilfenahme anderer oben genannter Referenzkörper, wurden mithilfe der Planungssoftware folgende radiologische Parameter ausgewertet:

• Beinlängendifferenz • Schaftposition (Varisierung / Valgisierung) • femorales Offset
• Drehzentrum (horizontal und vertikal) • radioluzente Linien des Prothesenschaftes (n. Gruen)
• periartikuläre Ossifikationen (n. Brooker)

3.5.1 Messung der Beinlängendifferenz

Zur Bestimmung der Beinlängendifferenz wurde die anterior-posteriore Röntgenaufnahme des Beckens im Stehen verwendet, ebenso wie die Planungssoftware mediCad®, da diese Software in ihren Messfunktionen eine Menüoption zur Bestimmung der Beinlängendifferenz besaß. Zur Bestimmung der Beinlängendifferenz wurde die anterior-posteriore Röntgenaufnahme des Beckens im Stehen verwendet. Mit Hilfe einer Messfunktion in den Optionen der Planungssoftware mediCad®, konnte das exakte Ausmaß der Beinlängendifferenz bestimmt werden. Voraussetzung dazu war die Definition zweier Geraden. Die erste Gerade wurde über die Verbindung der beiden tiefsten Punkte des Tuber ischiadicum definiert. Die zweite Gerade wurde über die Verbindung der kaudalen Begrenzungen des Trochanter minors der operierten und gegenüberliegenden Seite definiert (s. Abb. 2). Das Planungsprogramm berechnete nun automatisch den Abstand der beiden Geraden zueinander als Ausdruck einer möglichen Differenz der Beinlänge. Die Beinlängendifferenz wurde bei Verlängerung mit einem „+“ und bei Verkürzung mit einem „-“ beschrieben.

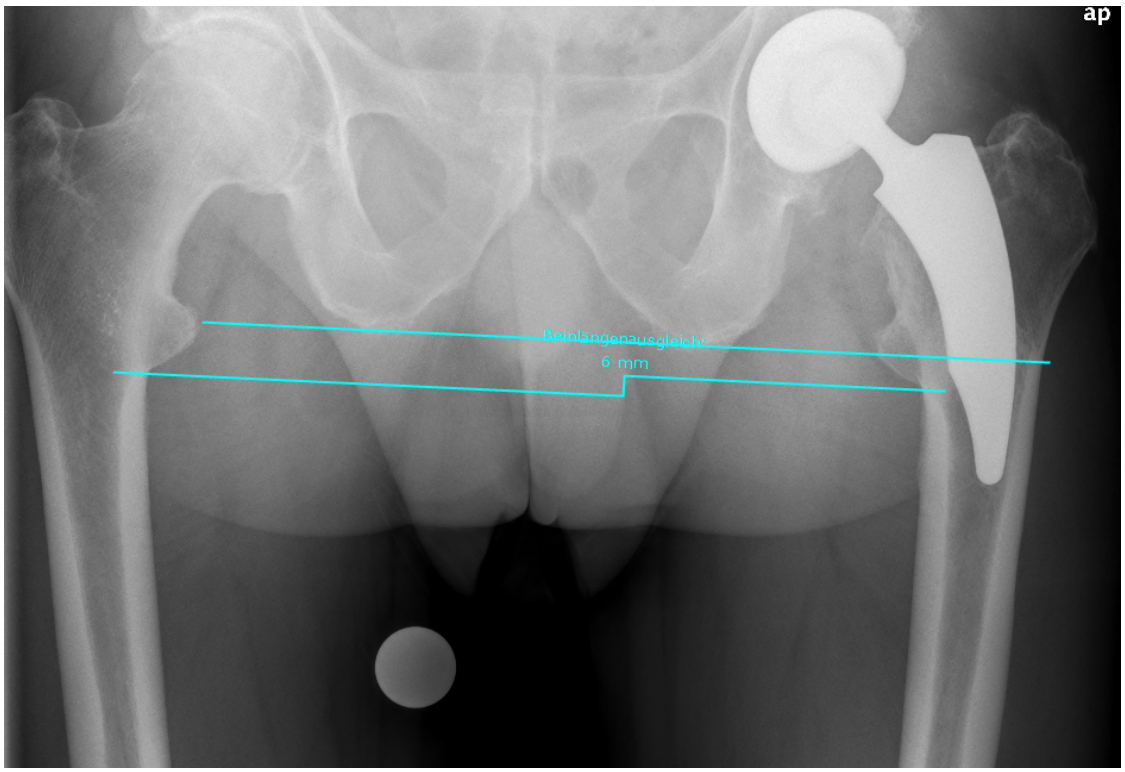
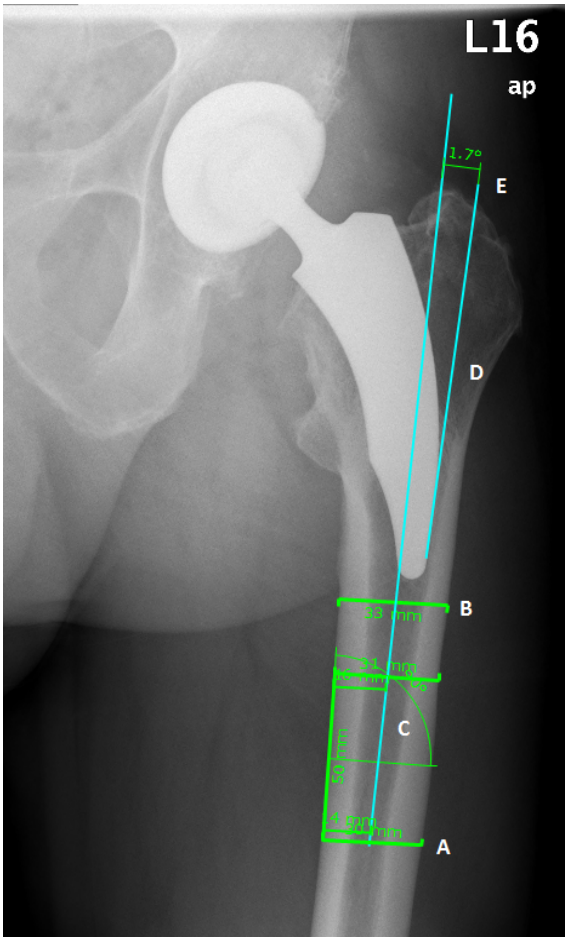


Abb. 2: Messung der Beinlängendifferenz (in mm)

(auf dem dargestellten Röntgenbild Beinlängenverkürzung von 6 Millimetern rechts)

3.5.2 Bestimmung der Schaftposition

Um eine Aussage bzgl. einer neutralen, varischen oder valgischen Schaftposition des Kurzschaftes treffen zu können, wurde zuerst die proximale Femurlängsachse definiert. Anhand zweier Geraden wurde die medio-laterale Breite des Femurs bestimmt. Diese Geraden standen dabei jeweils in einem Winkel von 90° zur Kortikalis des Femurs und in einem Abstand von 50 mm zueinander. Nach Bestimmung des proximalen und distalen medio-lateralen Femurdurchmessers wurden die Mittelpunkte dieser beiden Geraden definiert und zu einer zweiten Geraden verbunden. Anhand zweier definierter Punkte entlang der lateralen Kante des Prothesenschaftes wurde anschließend eine dritte Gerade konstruiert. In einem letzten Schritt konnte anschließend der Winkel zwischen der proximalen Femurlängsachse (zweite Gerade) und der Gerade entlang der lateralen Kante des Prothesenschaftes (dritten Gerade) bestimmt werden. Anhand dieses Winkels konnte eine Aussage über die Lage der Schaftposition des Implantates getroffen werden (s. Abb. 3). Lagen beide Geraden parallel aufeinander, entsprach dies einer neutralen Implantation des Kurzschaftes. Eine mediale Deviation des Winkels entsprach einer Varisierung, eine laterale Deviation einer Valgisierung.
Die Angabe der Abweichung erfolgte in Grad (°).



Legende:
A = distaler medio-lateraler Femurdurchmesser
B = proximaler medio-lateraler Femurdurchmesser
C = proximale Femurlängsachse
D = Gerade an lateraler Kante des Prothesenschaftes
E = Winkel zwischen Gerade C und D

Abb. 3: Bestimmung der Prothesenschaftposition anhand der Femurlängsachse

3.5.3 Messung des femoralen Offsets

Die Bestimmung des femoralen Offsets erforderte zunächst, wie unter Kapitel 3.5.2 bereits erläutert, die Bestimmung der proximalen Femurlängsachse. Im Anschluss daran wurde mithilfe der Planungssoftware mediCad® , anhand zweier Punkte an den Konturen des Femurkopfes, der Mittelpunkt eines Kreises festgelegt und somit das Hüftdrehzentrum bestimmt. Um das femorale Offset zu ermitteln, ist senkrecht zur proximalen Femurlängsachse eine Gerade gezogen worden (s. Abb. 4). Das Offset (in Millimetern) stellte den Abstand zwischen dem Hüftdrehzentrum und dem Schnittpunkt der beiden Geraden dar. Die Messung erfolgte sowohl auf der operierten, als auch auf der nicht-operierten Gegenseite, die den präoperativen Zustand repräsentierte.

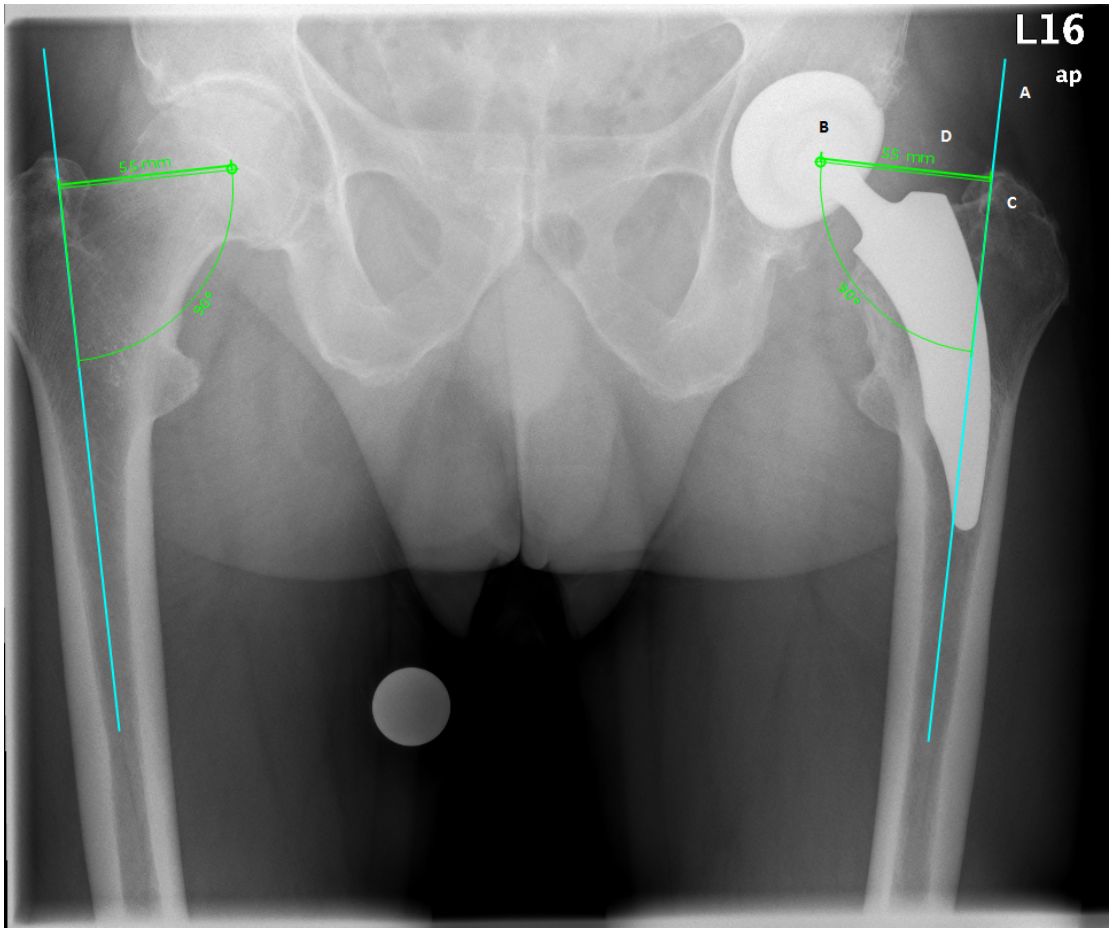


Abb.4: Messung des femoralen Offset prä- und postoperativ (in mm)

Legende: A = proximale Femurlängsachse

B = Drehzentrum der Hüfte

C = Gerade von B senkrecht zu A

D = femorales Offset

3.5.4 Lage des Drehzentrums

Wie unter 3.5.3 beschrieben, wurde anhand zweier Punkte entlang der Konturen des Hüftkopfes der Mittelpunkt eines Kreises definiert. Um anschließend das Drehzentrum bestimmen zu können, wurde einerseits eine Linie definiert, die kaudal der Begrenzungen beider Köhler'scher Tränenfiguren verlief und andererseits eine vertikale Linie, die beidseitig jeweils medial der Tränenfiguren verlief und zur Abstandsmessung diente. Die Abstände des Hüftdrehzentrums beider Seiten, sowohl zu der horizontalen, als auch zu der vertikalen Verbindungslinie beider Köhler'scher Tränenfiguren, konnten auf diese Weise gemessen werden (s. Abb. 5). Diese Messung (in Millimetern) erfolgte stets beidseitig, sodass der präoperative Zustand mit dem postoperativen Zustand verglichen werden konnte.

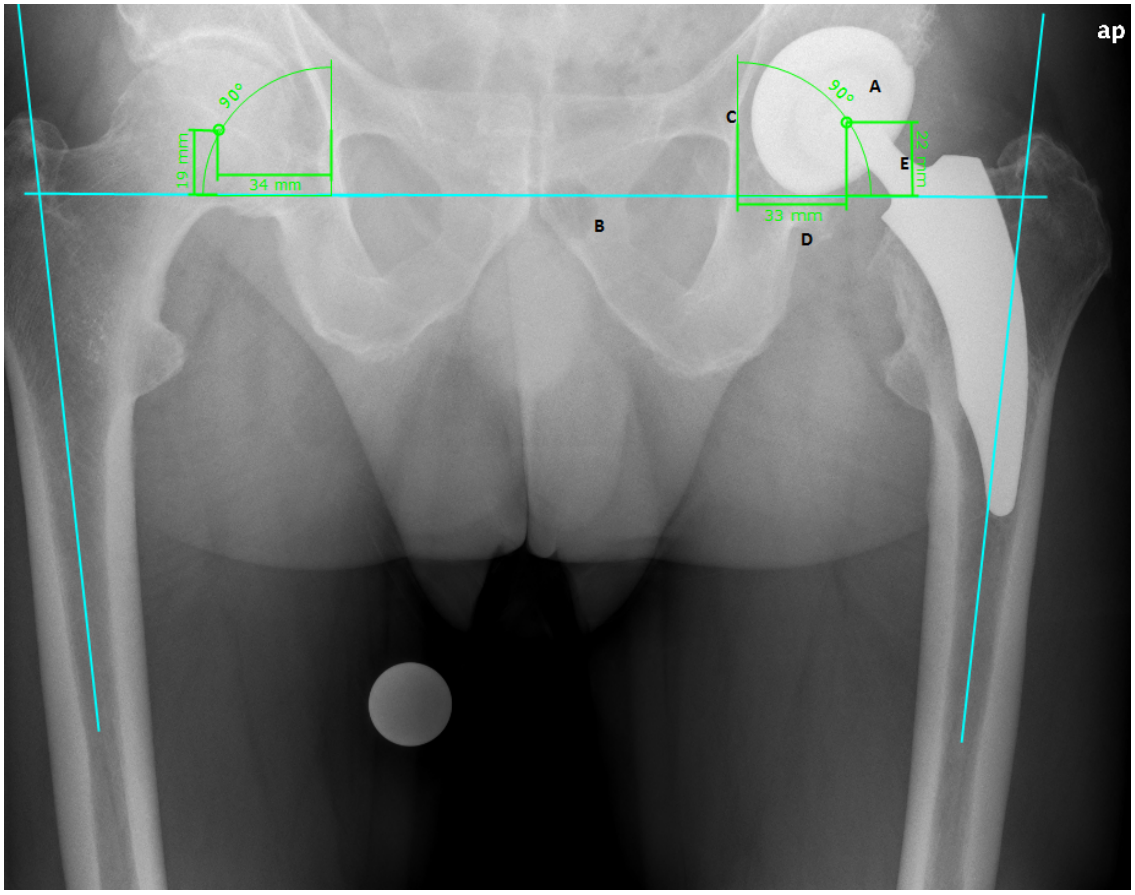


Abb. 5: Lage des Drehzentrums prä- und postoperativ (in mm)

Legende: A = Hüftdrehzentrum

B = Verbindungslinie der Köhler'schen-Tränenfiguren

C = Vertikale Linie medial der Köhler'schen Tränenfigur

D = horizontale Lage des Drehzentrums

E = vertikale Lage des Drehzentrums

3.5.5 Radioluzente Linien des Prothesenschaftes

Die Röntgenaufnahmen aller Patienten wurden auf radioluzente Linien (RL), die sowohl als Anzeichen einer fehlenden Osseointegration oder Lockerung des Prothesenschaftes, als auch als Resultat der Präparation während der Operation und Implantation auftreten können, untersucht (Zweymuller, Schwarzinger et al. 2006). Per definitionem galten Radioluzenzen auf den röntgenologischen Aufnahmen als Aufhellungsbereiche zwischen Knochen und Prothese, die eine Breite von über zwei Millimetern und eine Länge von über einem Zentimeter aufwiesen. Angelehnt an eine Studie von Thomas A. Gruen aus dem Jahre 1979 (Gruen, McNeice et al. 1979) ist der Bereich um den Femurschaft in der anterio-posterioren Röntgenaufnahme in sieben Zonen unterteilt worden (s. Abb. 6). Potentielle Radioluzenzen sind in dieser Studie gemäß ihrer Lokalisation in die entsprechende Zone (1 – 7) nach Gruen eingeteilt worden.

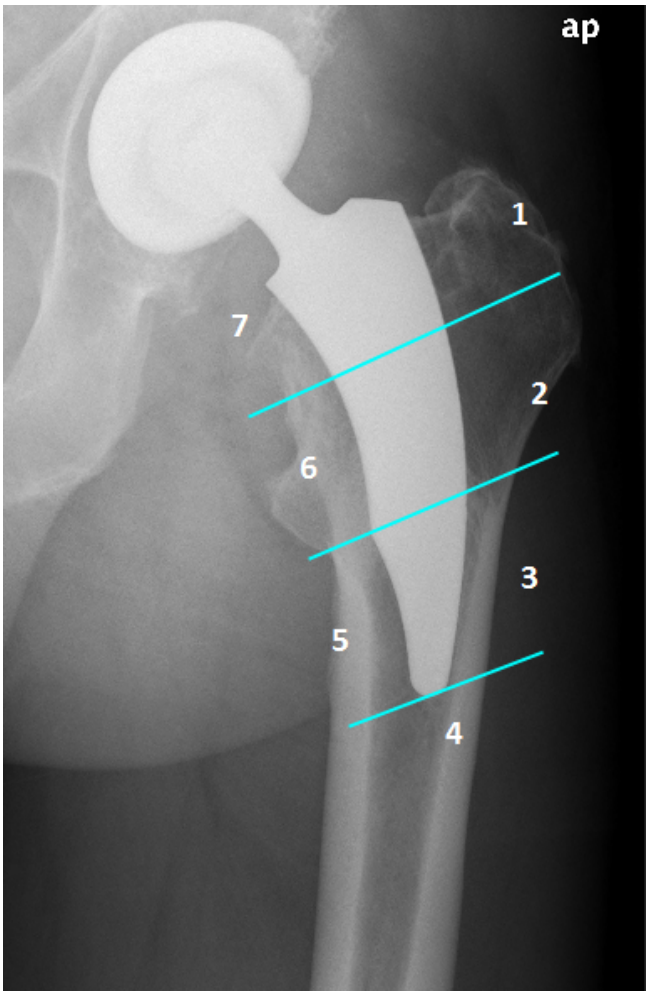


Abb. 6: Gruen-Zonen (1 – 7) bei implantiertem Nanos®-Schaft (nach (Gruen, McNeice et al. 1979))

3.5.6 Periartikuläre Ossifikationen

Des Weiteren sind alle Röntgenbilder der Patienten auf das Vorhandensein periartikulärer Ossifikationen (PAO), die A.F. Brooker in seiner Publikation aus dem Jahre 1973 (Brooker, Bowerman et al. 1973) in vier Schweregrade einteilte (s. Abb.7), untersucht worden. Grad I bezeichnete das Auftreten einzelner Knocheninseln im Weichteilgewebe um das implantierte Kunstgelenk. Grad II war dadurch definiert, dass die Verknöcherungen, ausgehend vom Becken oder vom Femur, einen Abstand von mehr als einen Zentimeter zueinander aufwiesen, wohingegen dieser Abstand in Stadium III weniger als einen Zentimeter zueinander aufwies. Eine Ankylose wurde als Stadium IV nach Brooker definiert und stellte eine vollständige, spangenartige Ossifikation des Hüftgelenkes dar.

Jede röntgenologische Aufnahme wurde auf das Vorhandensein einer PAO untersucht. Potentielle periartikuläre Ossifikationen wurden entsprechend der o.g. Schweregrade nach Brooker kategorisiert.

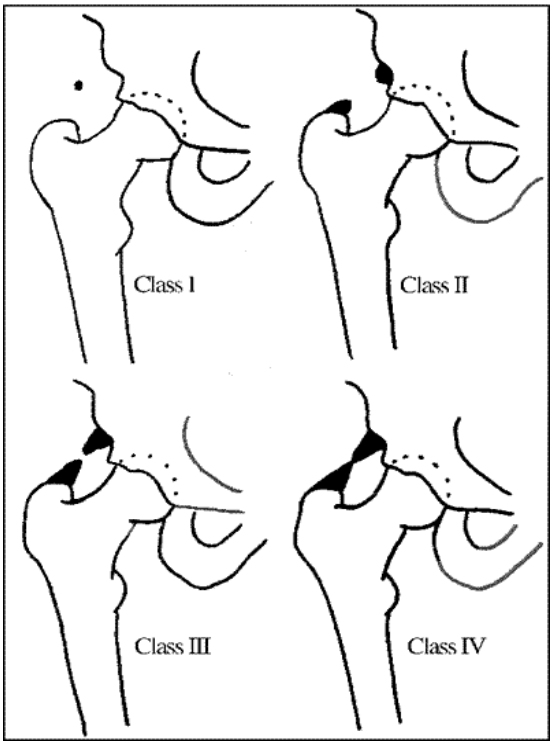


Abb. 7: Brooker-Klassifikation (aus (Schafer, Schafer et al. 2000))

3.6 Angulation und longitudinale Migration des Prothesenschaftes

Analog zu einer früheren Arbeit aus dem Universitätsklinikum Halle (Saale) (Zeh, Pankow et al. 2013) wurden sowohl die Angulation, als auch die longitudinale Migration anhand radiologischer Aufnahmen der operierten Hüftgelenke in anteriorem-posteriorem Strahlengang unmittelbar postoperativ, circa drei Monaten postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (im Mittel 97,8 Monate postoperativ) bestimmt. Die longitudinale Migration bzw. das Einsinken des Nanos®-Kurzschaftes war definiert als Abnahme der Strecke „BC“, entsprechend der Strecke zwischen der Spitze des Trochanter minor des Femur und der Spitze der Kurzschaftendoprothese. Die Angulation des Prothesenschaftes war definiert als der Winkel zwischen der Femurlängsachse und einer Tangente entlang der Implantat-Oberfläche medial (s. Abb. 8). Die Messungen wurden ebenfalls mithilfe der Planungssoftware mediCAD® Version 3.50 (Firma Hectec GmbH, Landshut, Deutschland) durchgeführt. Zur Referenzierung wurden die bereits erwähnten Referenzkörper verwendet, analog zu den Messungen der bereits beschriebenen radiologischen Parameter.

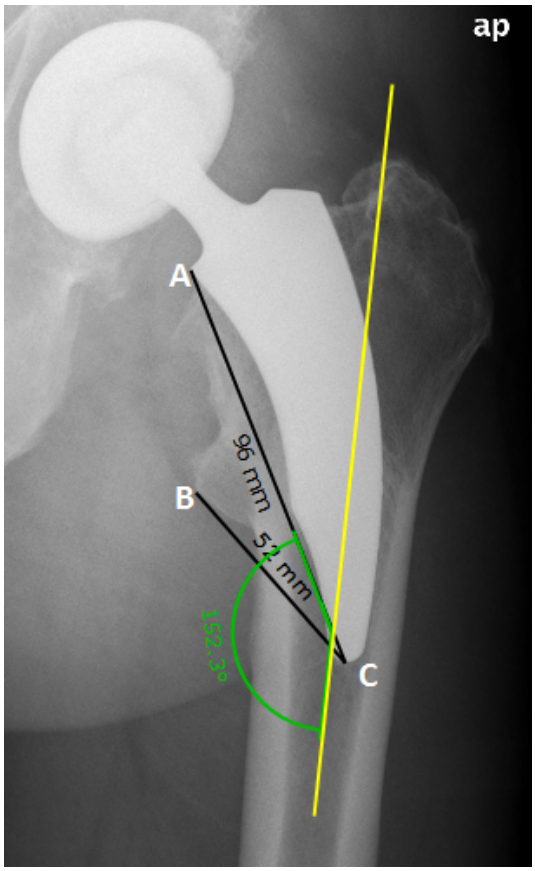


Abb. 8: Angulation und longitudinale Migration des Prothesenschaftes

3.7 Statistik

Alle Daten dieser klinischen Studie wurden mithilfe der Datenanalyse-Funktion des Excel-Programmes, Version 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington USA) analysiert. Zur Ermittlung eines Kennwertes für die zentrale Tendenz einer Verteilung der Werte einzelner Messreihen wurde der Mittelwert berechnet. Die Standardabweichung, als Maß der Streuung innerhalb einzelner Messreihen, wurde ebenfalls ermittelt.

Um Mittelwertunterschiede verschiedener Messreihen zu untersuchen und inferenzstatistisch zu analysieren, wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Vergleiche zwischen zwei voneinander unabhängigen Stichproben wurden mit Hilfe des Einstichproben-t-Tests bzw. Zweistichproben-t-Tests durchgeführt. Die Auswirkungen einer definierten Einflussgröße X auf eine definierte Zielgröße Y wurden mittels einer linearen Regression ermittelt und inferenzstatistisch analysiert.

Die jeweiligen Voraussetzungen der verwendeten Testverfahren (z.B. Normalverteilung bzw. Varianzhomogenität) wurden mit entsprechenden Tests (z.B. Kolmogorov-Smirnov-Test oder Levene-Test) geprüft. Testergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5% ($p < 0,05$) galten dabei als signifikant.

Im folgenden Teil der Arbeit wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse, zur Gewährleistung einer besseren Lesbarkeit, mittels der Irrtumswahrscheinlichkeit dargestellt.

Fehlende Messwerte und dementsprechend unvollständige Datensätze aufgrund eines Nicht-Erscheinens oder der Ablehnung einer Messung wurden nicht analysiert. Eine Mittelwertsimputation bzw. multiple Imputation fehlender Daten wurde nicht durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

In die Auswertung dieser retrospektiven Studie sind, wie unter 3.1 bereits erwähnt, von den ursprünglich zur Nachuntersuchung eingeladenen 97 Patienten mit 100 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen die vollständigen Daten von 51 Patienten, von denen drei Patienten beidseitig mit Kunstgelenken versorgt wurden, eingeflossen. Somit schloss diese Studie die vollständigen Datensätze zu insgesamt 54 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen ein. 46 Patienten konnten nicht in diese Studie eingeschlossen werden (s. Kapitel 3.1).

Der Zeitraum der klinischen Nachuntersuchungen erstreckte sich dabei von dem 31.05.2017 bis einschließlich 06.11.2017. Das postoperative follow-up betrug im Mittel 97,8 $\pm$ 4,9 Monate (84 - 108 Monate). Keiner er eingeschlossenen Patienten erhielt im Untersuchungszeitraum einen Wechsel der implantierten Endoprothese, oder eine Revision des operativ versorgten Hüftgelenkes. Das Auftreten einer periprothetischen Fraktur konnte innerhalb der gesamten Kohorte ebenfalls nicht beschrieben werden.

18 der insgesamt 54 Nanos® -Kurzschaftendoprothesen (33,3%) wurden weiblichen und 36 Kurzschaftendoprothesen (66,7%) männlichen Patienten implantiert. Zwei weibliche Patienten sowie ein männlicher Patient wurden jeweils beidseitig mit einem Nanos® - Kurzschaft versorgt. Von den insgesamt 54 implantierten Prothesenschäften befanden sich 19 Schäfte auf der linken Seite (35%) und 35 Schäfte auf der rechten Seite (65%).

Des Weiteren wurden die anthropometrischen Parameter Alter, Körpergröße (cm), Körpergewicht (kg) und der Body-Mass-Index (kg/m^2) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erfasst. Das Patientenalter betrug im Mittel 68,5 $\pm$ 10,1 Jahre (28-84 Jahre), die Körpergröße 173,9 $\pm$ 9,6 cm (153-196 cm), das Körpergewicht 84,9 $\pm$ 15 kg (50-120 kg) und der Body-Mass-Index 28,2 $\pm$ 3,8 kg/m^2 (17,7-37 kg/m^2) (s. Abb. 9 und Abb. 10).

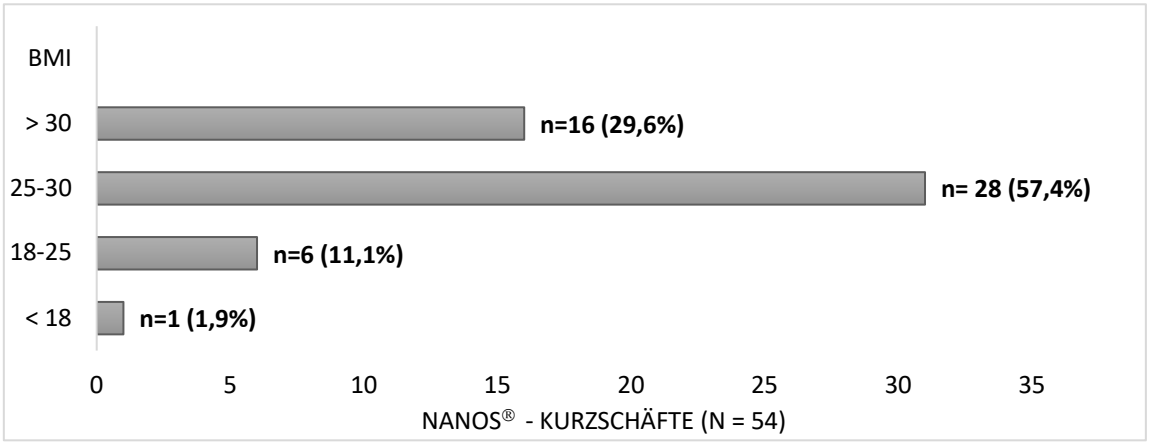


Abb. 9: Verteilung des BMI des Patientenkollektivs (in kg/m²)

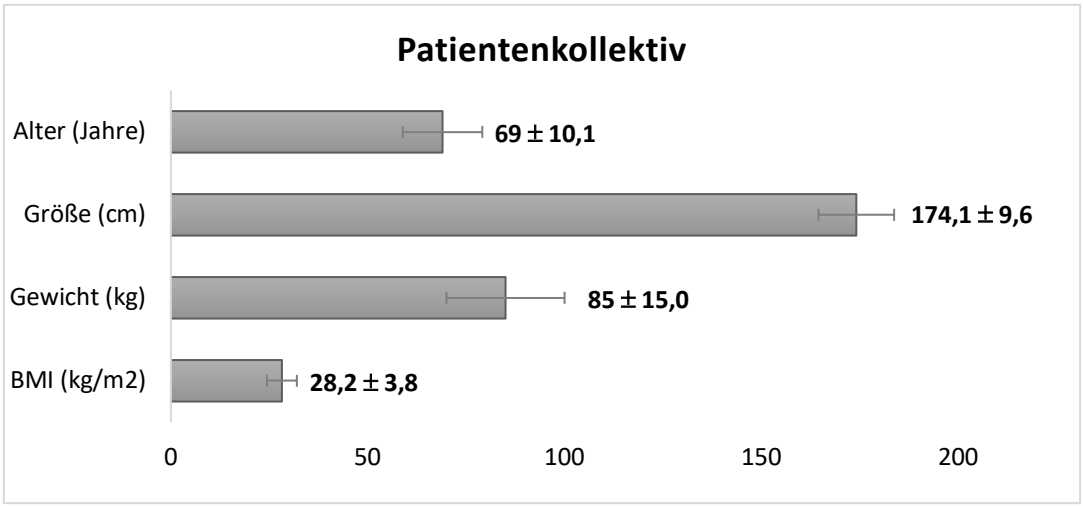


Abb. 10: anthropometrische Daten des Patientenkollektivs (MW und SD)

4.2 Patientenzufriedenheit

Alle Patienten, die in diese Studie eingeschlossenen wurden, wurden bezüglich ihrer Zufriedenheit hinsichtlich der Parameter Schmerz (s. Abb. 11) und Funktion (s. Abb. 12) befragt. Die Zufriedenheit wurde entsprechend der Werte 1 „sehr zufrieden“ bis 5 „sehr unzufrieden“ eingeteilt. Zwei der drei beidseitig operierten Patienten waren bzgl. Schmerz und Funktion „sehr zufrieden“, der dritte Patient war hinsichtlich beider Parameter „zufrieden“.

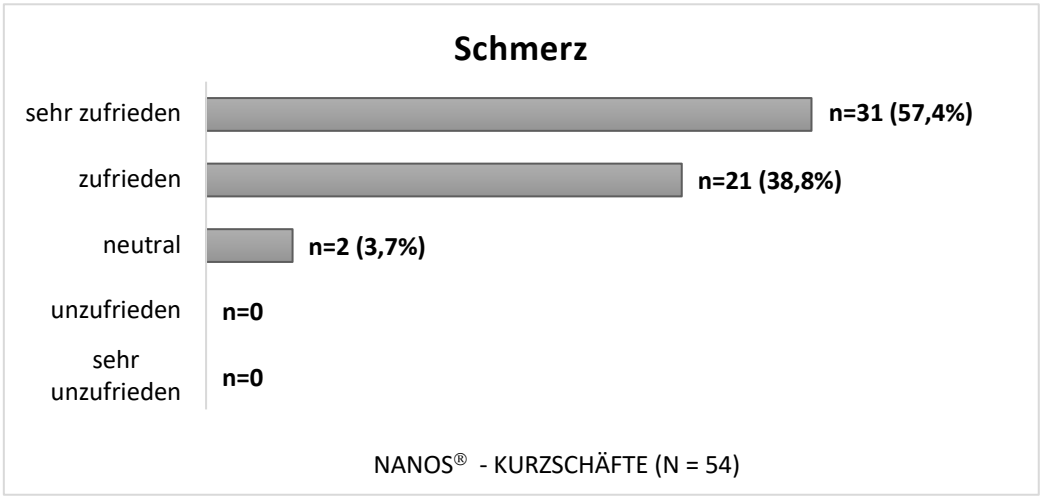


Abb. 11: Patientenzufriedenheit bzgl. des Parameters Schmerz

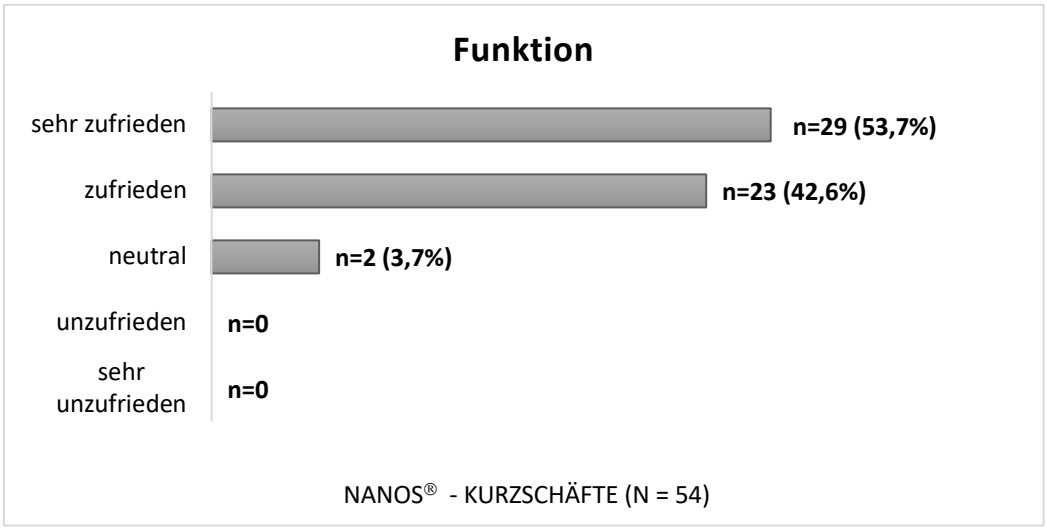


Abb. 12: Patientenzufriedenheit bzgl. des Parameters Funktion

Für den Parameter „Schmerz“ gaben die Patienten im Mittel einen Wert von 1,4 ± 0,6 (1-3) an und für den Parameter „Funktion“ im Mittel einen Wert von 1,5 ± 0,6 (1-3).

50 der 51 Patienten (98,1%) würden sich aus heutiger Sicht erneut für die Implantation eines künstlichen Hüftgelenkes entscheiden. Ein Patient (1,9%) beantwortete die Frage nach einer erneuten Implantation mit „vielleicht“.

4.3 Scores

4.3.1 Harris Hip Score

Der Harris Hip Score betrug, bei maximal 100 möglichen Punkten, im Mittelwert 92,0 Punkte (64-96 Punkte). Der Mittelwert der Kategorie „Schmerz“ betrug, bei einer maximal zu erreichender Punktzahl von 44 Punkten, 42,4 Punkte (20-44 Punkte). In der Kategorie „Funktion“ konnten, bei einer maximal möglichen Punktzahl von 47 Punkten, im Mittel 44,5 Punkte erreicht werden (39-47 Punkte). Bei der ROM wurden durchschnittlich 5 Punkte (4,6-5) erreicht, entsprechend der maximal zu-erreichenden Punktzahl (s. Abb. 13). Bei beidseitiger Prothesenimplantation wurde für das zweite operativ versorgte Hüftgelenk jeweils ein eigener HHS erhoben, sodass insgesamt 54 Harris Hip Scores erhoben und ausgewertet wurden.

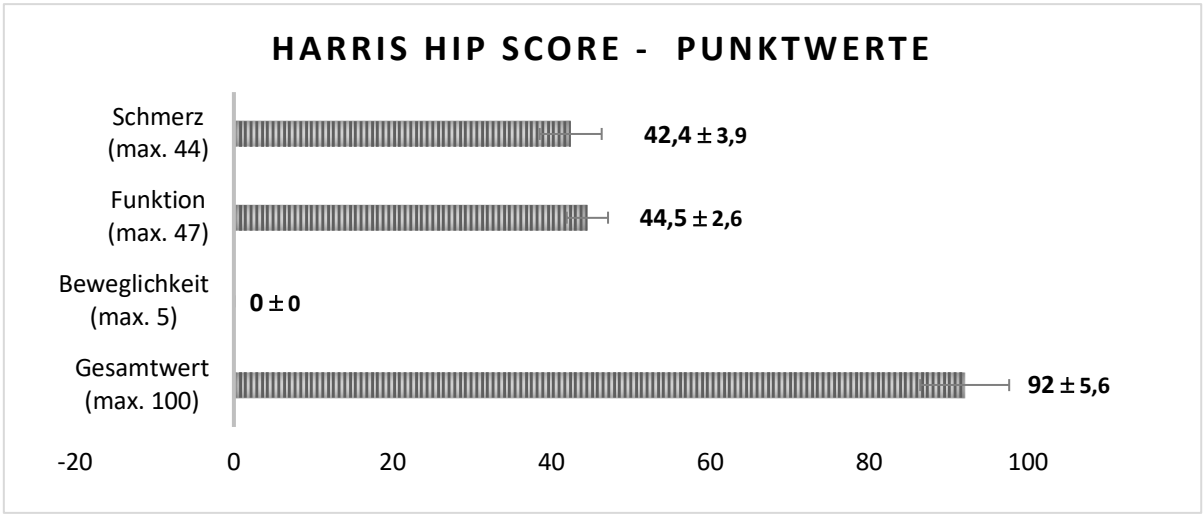


Abb. 13: Mittelwerte und Standardabweichung der Kategorien Schmerz, Funktion, Beweglichkeit und Gesamtwert des HHS

4.3.2 Forgotten Joint Score

Der Mittelwert im Forgotten Joint Score, in dem eine maximale Prozentzahl von 100% erreicht werden konnte, betrug 91,7% (37,5-100%). Zur besseren Auswertbarkeit wurden die erzielten Ergebnisse fünf möglichen Prozentgruppen zugeordnet (s. Abb. 14). Bei beidseitiger Prothesenimplantation wurde für das zweite operativ versorgte Hüftgelenk jeweils ein eigener FJS erhoben, sodass insgesamt 54 Forgotten Joint Scores erhoben und ausgewertet wurden.

In 47 Fällen wurde eine Prozentzahl zwischen 80-100% erreicht, in sechs Fällen eine Prozentzahl zwischen 60-80% und in einem Fall eine Prozentzahl zwischen 20-40% (s. Abb. 14).

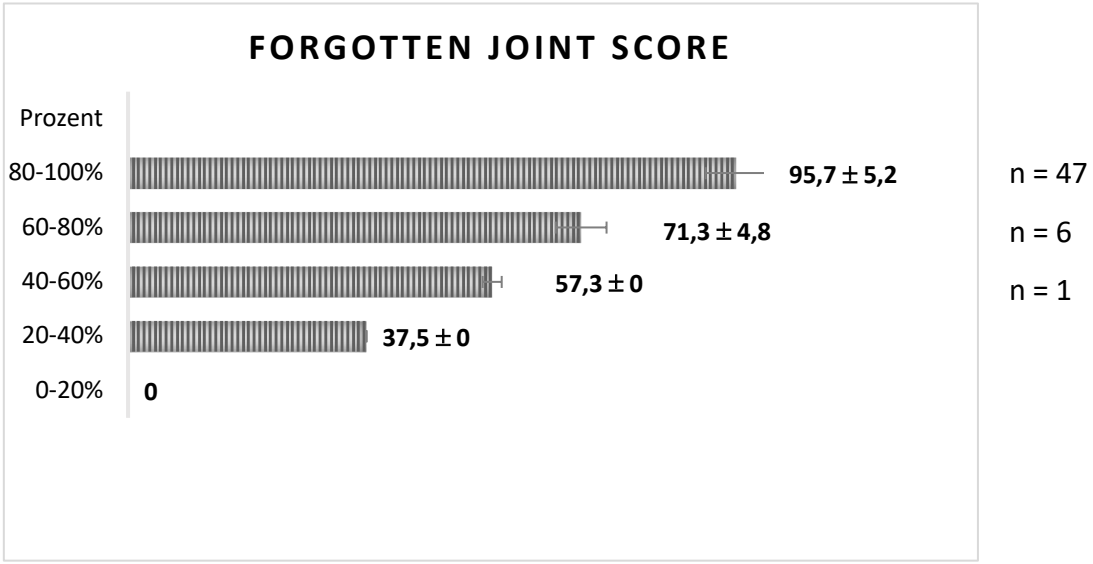


Abb. 14: Mittelwerte und Standardabweichung des Gesamtergebnisses des FJS

4.4 Röntgenologische Daten

4.4.1 Postoperative Beinlängendifferenz

Postoperativ zeigte sich bei 21 Hüftgelenken (38,9%) eine Beinverlängerung um durchschnittlich 3,4 ± 1,8 mm (+1 mm bis +8 mm), bei 20 Hüftgelenken (37%) eine Beinverkürzung um durchschnittlich 3,8 ± 2,1 mm (-8 mm bis -1 mm). 13 Hüftgelenke (24,1%) wiesen keine Beinlängendifferenz auf (s. Abb. 15). In der Gesamtheit aller 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen betrug die gemessene Beinlängendifferenz im Mittel -0,1 ± 3,6 mm (-8 mm bis +8 mm) und zeigte damit postoperativ im Mittel keine klinische Relevanz.

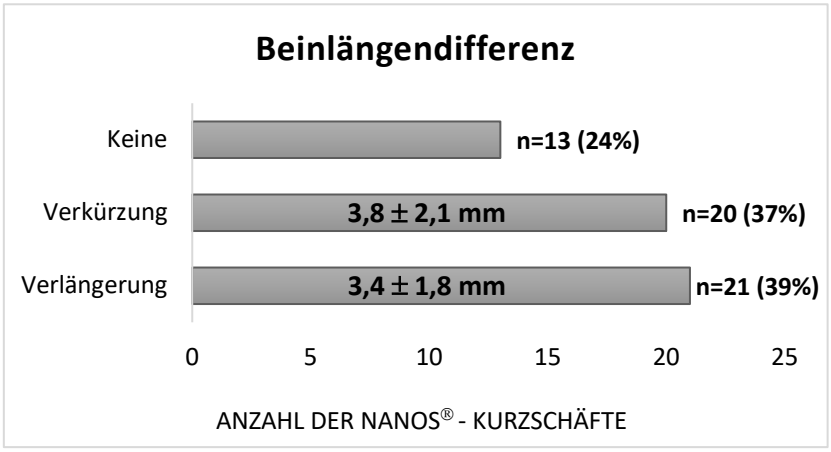


Abb. 15: Postoperative Beinlängendifferenz mit Mittelwert und Standardabweichung der Beinlängenveränderung

4.4.2 Postoperative Schaftposition

45 der insgesamt 54 Nanos® - Kurzschaftendoprothesen (83,3%) wurden in varischer und neun Prothesen (16,7%) in neutraler Position implantiert (s. Abb. 16). Eine valgische Schaftposition konnte bei keiner der 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen nachgewiesen werden. Die Schaftposition der oben genannten 45 Prothesen befand sich im Mittel in 3,7° ± 1,9° (1,4° - 7,1°) Varus-Position. Unter den drei Patienten mit beidseitiger Kurzschaft-Implantation fanden sich fünf varisch implantierte Nanos® - Kurzschäfte und ein neutral implantierter Nanos® -Kurzschaft.

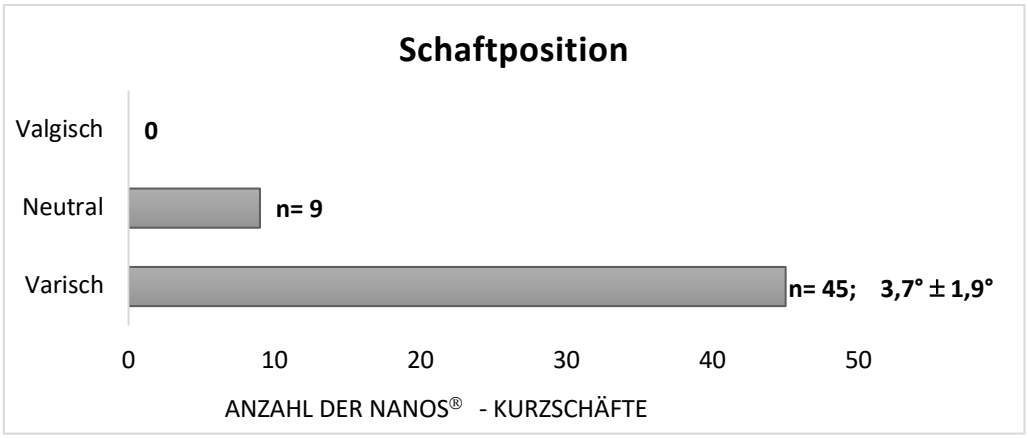


Abb. 16: Postoperative Schaftposition im Verhältnis zur Femurlängsachse

4.4.3 Femorales Offset

Das femorale Offset der insgesamt 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen betrug präoperativ im Durchschnitt 45,1 ± 7,0 mm (27–56 mm), postoperativ 43,3 ± 6,4 mm (29–60 mm). In der Gesamtheit wurde eine durchschnittliche Verkleinerung des femoralen Offset von 1,8 ± 5,8 mm (-10 bis +14 mm) festgestellt.

Offset-Vergrößerungen konnten röntgenologisch bei 16 Hüftgelenken (29,6%) nachgewiesen werden. Davon zeigte sich sechsmal eine Vergrößerung des femoralen Offsets um 1-5 mm, fünfmal eine um 6-10 mm und zweimal eine um mehr als 10 mm. Die durchschnittliche Vergrößerung des Offsets betrug 5,6 mm (2-14 mm).

Offset-Reduktion wurden bei 33 Hüftgelenken nachgewiesen (61,1%). In 18 Fällen konnte eine Reduktion um 1-5mm nachgewiesen werden, in 13 Fällen eine um 6-10 mm und fünfmal eine Reduktion um mehr als 10 mm. Die durchschnittliche Offset-Reduktion betrug 5,7 mm (-10 bis -2mm).

Fünf operativ-versorgte Hüftgelenke wiesen prä- und postoperativ identische, unveränderte Werte auf (s. Abb. 17).

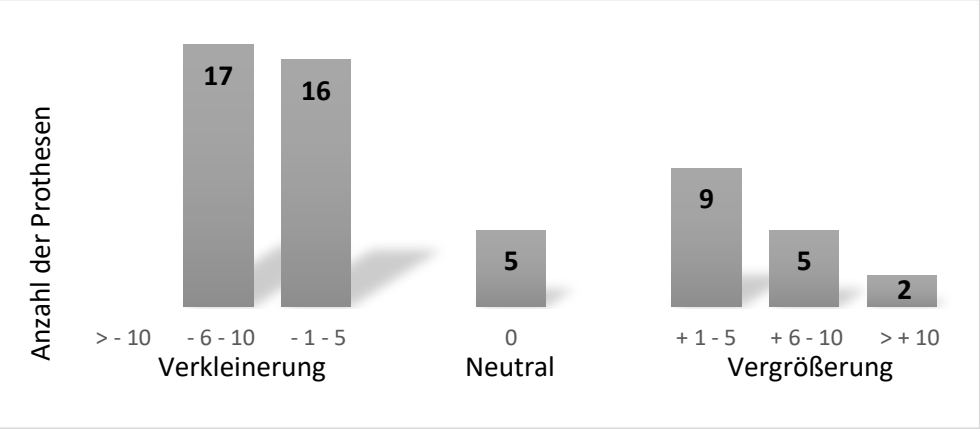


Abb. 17: Offset-Veränderung (in mm) nach Hüftendoprothesen-Implantation verglichen mit der präoperativen Situation

4.4.4 Lage des horizontalen und vertikalen Drehzentrums

Die Lage des postoperativen Drehzentrums des Hüftgelenkes ist jeweils horizontal (medio-lateral) und vertikal (kranio-kaudal) bestimmt worden.
Präoperativ lag das horizontale Drehzentrum im Durchschnitt bei 33,5 ± 5,4 mm (22–45 mm), postoperativ bei 34,1 ± 8,3 mm (12-52 mm).

Bei 19 der insgesamt 54 implantierten Nanos®- Kurzschaftendoprothesen zeigte sich eine operationsbedingte Medialisierung des Drehzentrums. Davon zeigte sich in zehn Fällen eine Medialisierung um 1–5 mm, in fünf Fällen um 6–10 mm und in vier Fällen eine Medialisierung um mehr als 10 mm.

Eine Lateralisierung konnte bei insgesamt 32 Prothesen nachgewiesen werden. Davon wiesen 20 Prothesen eine Lateralisierung um 1–5 mm auf und zwölf Prothesen eine um 6–10 mm. Eine Lateralisierung um mehr als 10 mm wurde nicht festgestellt.

In drei Fällen stellte sich das horizontale Drehzentrum unverändert dar (s. Abb. 18).

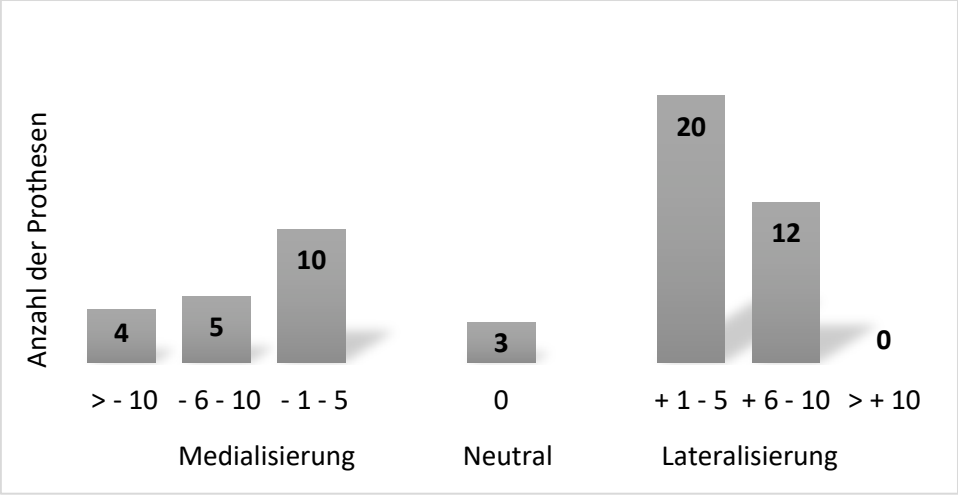


Abb. 18: Veränderung des Drehzentrums in medio-lateraler Ausrichtung

Das vertikale Drehzentrum lag präoperativ durchschnittlich bei 15 mm (6–24 mm) und postoperativ bei 13,5 mm (3-25 mm).
Eine Kranialisierung des vertikalen Drehzentrums wurde in 33 Fällen nachgewiesen. Davon zeigte sich in 25 Fällen eine Kranialisierung um 1–5 mm, in sechs Fällen um 6–10 mm und in zwei Fällen eine Kranialisierung um mehr als 10 mm.

Eine Kaudalisierung konnte in elfmal nachgewiesen werden. Eine Kaudalisierung um mehr als 1–5 mm wurde nicht beschrieben.

In zehn Fällen stellte sich das vertikalen Drehzentrum unverändert dar (s. Abb. 19).

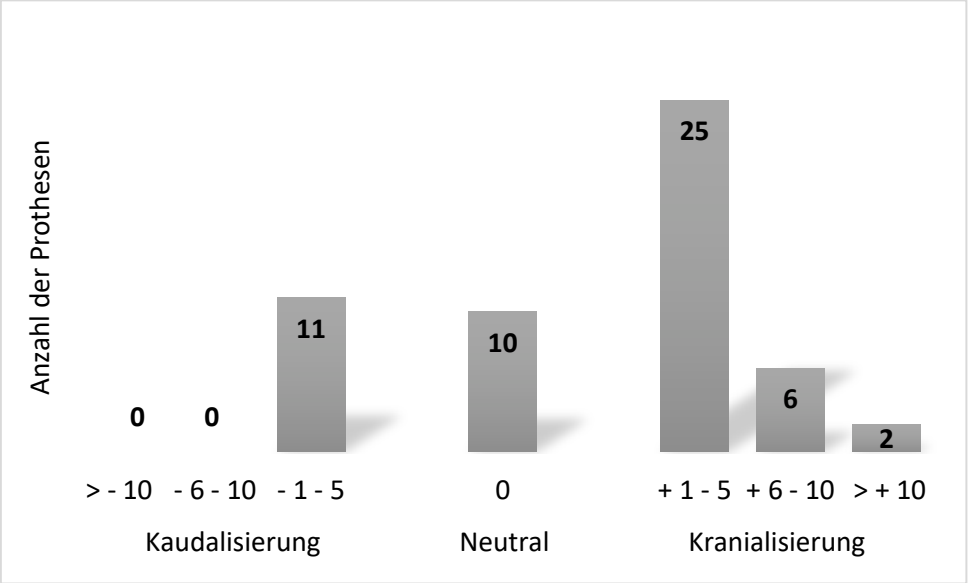


Abb. 19: Veränderung des Drehzentrums in kranio-kaudaler Ausrichtung

In 35,2% der Fälle (n= 19) wurde das horizontale Drehzentrum aufgrund der Operation medialisiert, in 59,2% (n= 32) der Fälle lateralisiert. Das vertikale Drehzentrum ist operationsbedingt in 61,1% der Fälle kranialisiert (n= 33) und in 20,4% der Fälle kaudalisiert (n= 11) worden (s. Abb. 20).

Das horizontale Drehzentrum wurde durchschnittlich um 0,7 $\pm$ 5,7mm (-13 bis +10 mm) lateralisiert. Das vertikale Drehzentrum wurde im Durchschnitt um 1,4 $\pm$ 3,1 mm (-6 bis +5 mm) kranialisiert.

Die Veränderungen der Drehzentren in medio-lateraler bzw. kranio-kaudaler Ebene wurden in einer übersichtlicheren Grafik schematisch dargestellt (s. Abb. 20).

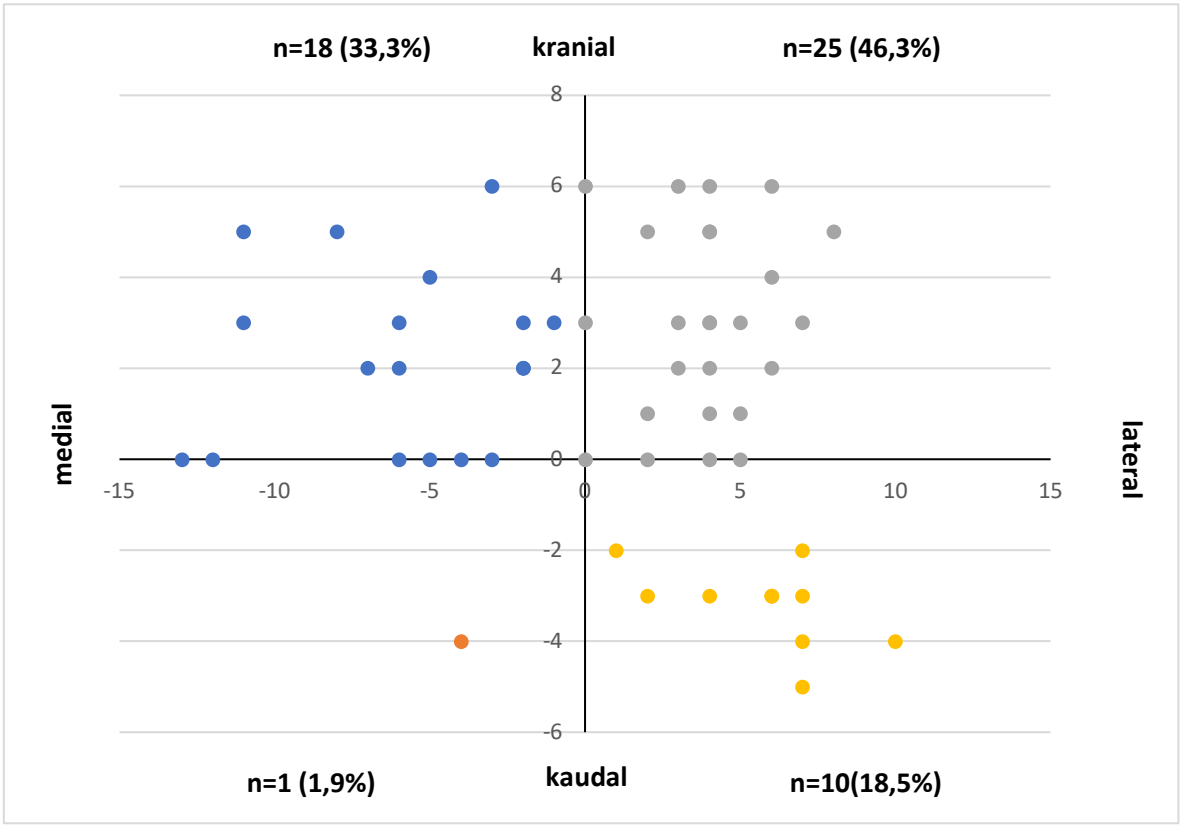


Abb. 20: Veränderungen des Drehzentrums (mm) nach Hüftendoprothesen-Implantation

4.4.5 Radioluzente Linien des Prothesenschaftes

Bei 44 der insgesamt 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen (81,5%) konnten in der röntgenologischen Untersuchung beim letzten follow-up keine radioluzenten Linien in den Gruen-Zonen 1 bis 7 nachgewiesen werden. Zwei Prothesenschäfte (3,7%) wiesen radioluzente Linien in Gruen-Zone 1 auf, acht Prothesenschäfte (14,8%) in Gruen-Zone 7 (s. Abb. 21).

Das Auftreten radioluzenter Linien in mehreren Gruen-Zonen gleichzeitig konnte bei keiner der insgesamt 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen nachgewiesen werden.

Radioluzente Linien konnten bei acht männlichen (acht Prothesenschäften) und zwei weiblichen Patienten (zwei Prothesenschäften) nachgewiesen werden. In den drei Fällen der beidseitigen Nanos®-Kurzschaft-Implantation zeigten sich auf beiden Seiten jeweils keine radioluzenten Linien.

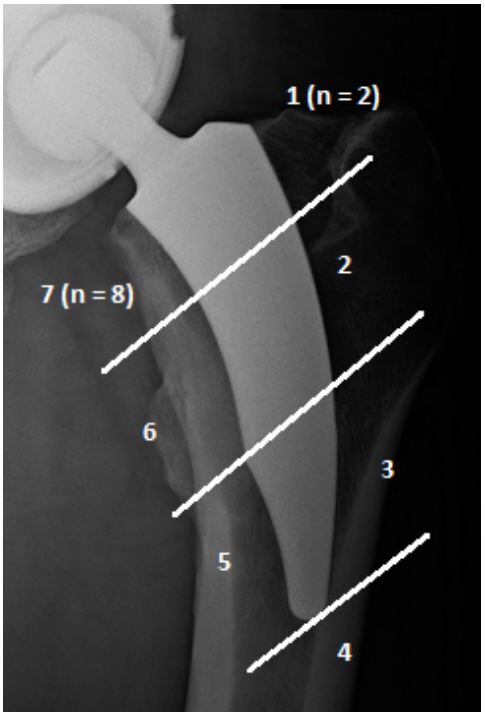


Abb. 21: Anzahl radioluzenter Linien in den Zonen nach Gruen nach durchschnittlich 97,8 ± 4,9 Monaten (84 - 108 Monaten) postoperativem follow-up

4.4.6 Periartikuläre Ossifikationen

Periartikuläre Ossifikationen (PAO) nach der Brooker (Brooker, Bowerman et al. 1973) wurden bei elf (20,4%) der 54 implantierten Nanos®- Kurzschaftendoprothesen nachgewiesen. Davon wiesen fünf Prothesen (9,3%) eine PAO gemäß Stadium 1, vier Prothesen (7,4%) eine PAO gemäß Stadium 2 und zwei Prothesen (3,7%) eine PAO gemäß Stadium 3 auf. Eine PAO Stadium 4 wurde bei keiner der implantierten Kurzschaftendoprothesen nachgewiesen (s. Abb. 22). Heterotope Ossifikationen in den Stadien 1-3 nach Brooker wurden bei acht männlichen (acht Prothesenschäften) bzw. drei weiblichen Patienten (drei Prothesenschäften) festgestellt.

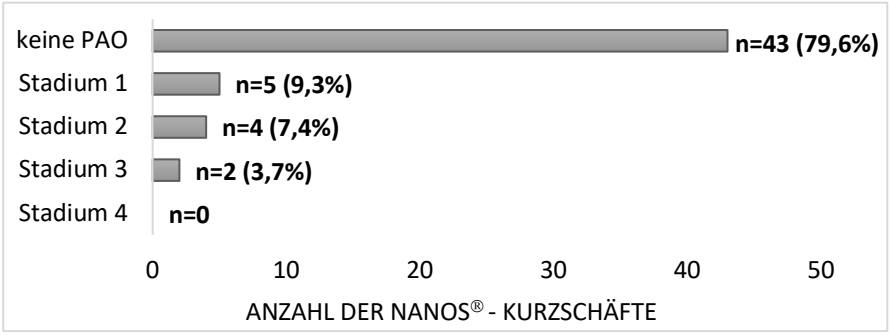


Abb. 22: Periartikuläre Ossifikation nach Brooker nach durchschnittlich 97,8 ± 4,9 Monaten (84 - 108 Monaten) postoperativem follow-up

Die Hüftgelenke der drei Patienten, denen jeweils beidseitig eine Kurzschaftendoprothese implantiert wurde, wiesen keine heterotopen Ossifikationen auf.

4.4.7 Angulation und longitudinale Migration des Prothesenschaftes

Die radiologische Untersuchung aller 54 implantierten Nanos®-Kurzschäfte fand im Mittel 2,9 ± 0,8 Tage, 3,7 ± 1,4 Monate und 97,8 ± 4,9 Monate postoperativ statt. Die Distanzen des Prothesenschaftes zum Trochanter minor beliefen sich zu diesen Zeitpunkten durchschnittlich auf 58,7 ± 3,8 mm, 57,4 ± 4,1 mm bzw. 57,1 ± 4,1 mm. Die Angulation der implantierten Nanos®-Kurzschäfte betrug im Mittel 148,9 ± 11,5, 148,7 ± 11,4 bzw. 148,7 ± 11,4, gemessen ebenfalls an oben genannten Zeitpunkten.
Die Veränderungen der Messwerte (Ausgangswerte, FU0) bezogen auf die longitudinale Migration des Prothesenschaftes stellten sich, als statistisch signifikant dar. Die Veränderung der Angulation des Prothesenschaftes zeigte keine statistische Signifikanz. Weder die Veränderung der longitudinalen Migration, noch die Veränderung der Angulation des Prothesenschaftes war klinisch relevant. Veränderungen der untersuchten Parameter (FU1 bzw. FU2), verglichen mit dem Ausgangswert (FU0), wurden in der nachfolgenden Grafik entsprechend dargestellt (s. Tab. 5).

Tab. 5: Mittelwerte – follow-up, Neigung und longitudinale Migration des Prothesenschaftes

Nachuntersuchungszeitraum	**FU0**	**FU1**	**FU2**
Anzahl der implantierten Prothesenschäfte (n)	**54**	**54**	**54**
Follow-up Mittelwerte (d)	2,9	111,1	3203,2
SD	0,8	43,7	97,8
Strecke „BC“ (mm) als longitudinale Migration	58,7	57,4 $^{p=0,042}$	57,1 $^{p=0,021}$
SD	3,8	4,1	4,1
Schaft-Ausrichtung (°)	148,9	148,7 $^{p=0,47}$	148,7 $^{p=0,46}$
SD	11,5	11,4	11,4

4.5 Abhängigkeiten von Parametern

4.5.1 Abhängigkeit der Patientenzufriedenheit vom BMI

Im Durchschnitt zeigte sich bei insgesamt 54 implantierten Nanos®- Kurzschaftendoprothesen ein Body-Mass-Index von 28,2 kg/m^2. In einem Fall (1,9%) konnte ein Body-Mass-Index $<$ 18 kg/m^2 (untergewichtig) festgestellt werden, in sechs Fällen (11,1%) ein BMI von 18–25 kg/m^2 (normalgewichtig), in 31 Fällen (57,4%) ein BMI von 25–30 kg/m^2 (übergewichtig) und in 16 Fällen (29,6%) ein BMI von $>$ 30 kg/m^2 (adipös).

Bezüglich des Parameters Schmerz betrug die Patientenzufriedenheit bei den oben genannten 16 Fällen mit einem BMI von $>$ 30 kg/m^2 im Mittel einen Wert von 1,4 (1–2), bei den 31 Fällen mit einem BMI von 25–30 kg/m^2 im Mittel einen Wert von 1,4 (1–3), bei den sechs Fällen mit einem BMI von 18–25 kg/m^2 einen Mittelwert von 1,5 (1–3) und in dem einen Fall mit einem BMI von $<$ 18 kg/m^2 einen Wert von 1,0.
Die Patientenzufriedenheit hinsichtlich des Parameters Schmerz in Korrelation mit dem Body-Mass-Index zeigte keine Abhängigkeit der beiden Parameter (s. Abb. 23).

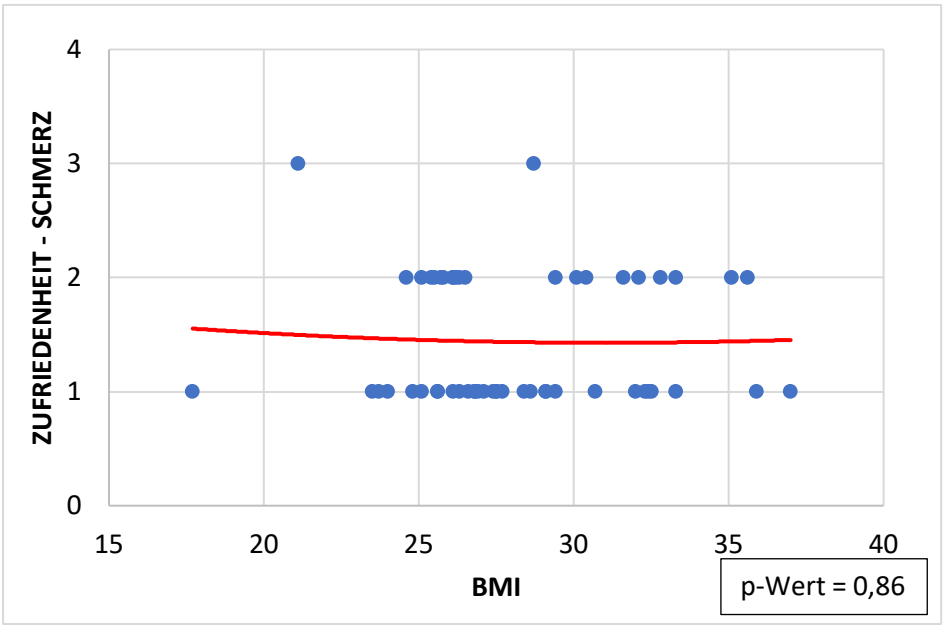


Abb. 23: Patientenzufriedenheit in Bezug auf Schmerz in Abhängigkeit vom BMI

Die Patientenzufriedenheit bezogen auf den Parameter Funktion lag bei den 16 implantierten Prothesen mit einem BMI > 30 kg/m^2 im Mittel bei 1,5 (1–2), bei den 31 Prothesen mit einem BMI von 25–30 kg/m^2 im Mittel bei 1,5 (1–3) und bei den sechs Prothesen mit einem BMI von 18–25 kg/m^2 bei 1,5 (1–3). In dem Einzelfall mit einem BMI von < 18 kg/m^2 lag der Wert bei 1,0.

Es konnte keine Abhängigkeit zwischen dem BMI und der Patientenzufriedenheit bzgl. des Parameters Funktion festgestellt werden (s. Abb. 24).

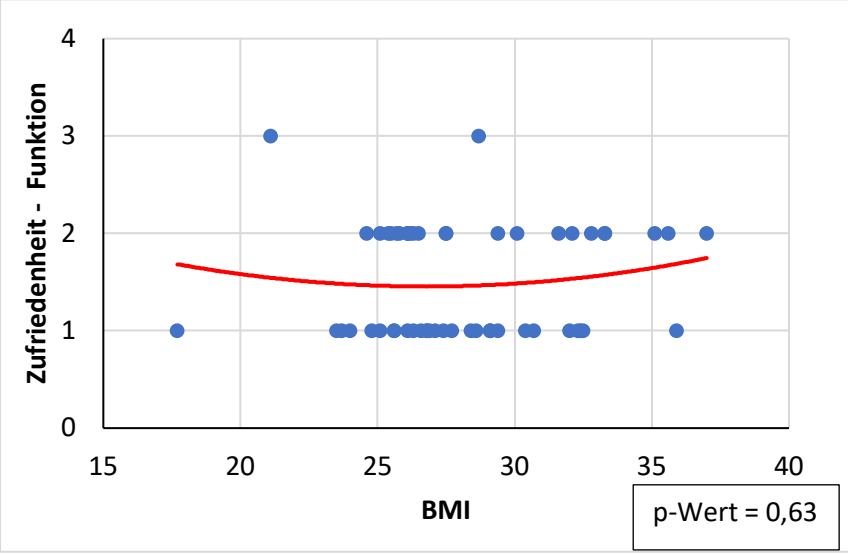


Abb. 24: Patientenzufriedenheit in Bezug auf Funktion in Abhängigkeit vom BMI

4.5.2 Harris Hip Score in Abhängigkeit vom BMI

Im Harris Hip Score erreichten Patienten mit einem BMI > 30 kg/m^2 im Mittel einen Score von 93,1 (86-96) Punkten. Patienten mit einem BMI zwischen 25–30 kg/m^2 erzielten im HHS im Mittel 92,1 (75–96) Punkte und Patienten mit einem BMI zwischen 18–25 kg/m^2 im Mittel 88,8 (64–96) Punkte. In dem Einzelfall der Implantation eines Nanos®- Kurzschaftes bei einem Patienten mit BMI von < 18 kg/m^2 betrug das Ergebnis des HHS bei 92 Punkten.

Es konnte keine Abhängigkeit zwischen dem BMI und dem erzielten Gesamtergebnis im HHS festgestellt werden (s. Abb. 25).

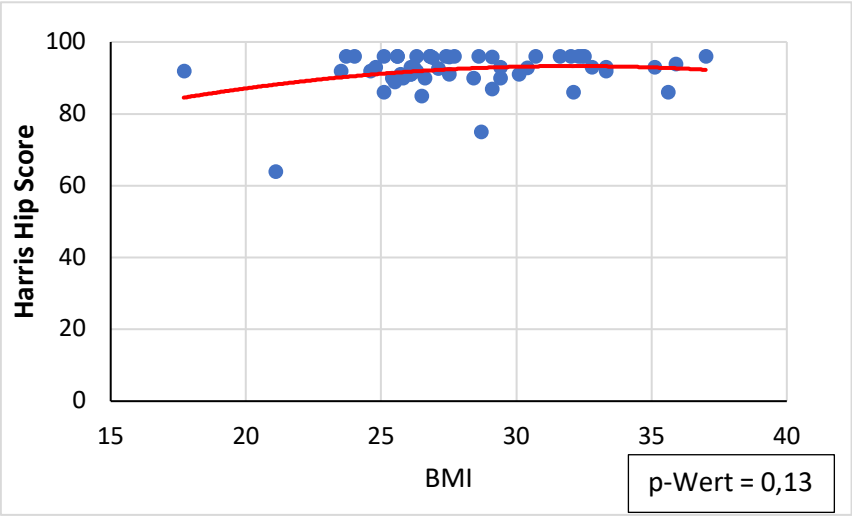


Abb. 25: Harris Hip Score in Abhängigkeit vom BMI

4.5.3 Abhängigkeit des Forgotten Joint Score vom BMI

Die Gesamtergebnisse (in %) der 16 Prothesen mit einem BMI von > 30 kg/m^2, die im Forgotten Joint Score erzielt wurden, lagen im Mittel bei 93,4% (70,8–100%), die Werte der 31 Prothesen mit einem BMI zwischen 25–30 kg/m^2 bei 92,5% (64,6–100%). Das Gesamtergebnis der sechs Prothesen mit einem BMI zwischen 18–25 kg/m^2 betrug im Durchschnitt 81,7% (37,5–100%). In dem Fall der Implantation einer Nanos®- Kurzschaftendoprothese bei einem Patienten mit einem BMI von < 18 kg/m^2 betrug das Gesamtergebnis 100%.

Zwischen dem erzielten Gesamtergebnis des Forgotten Joint Score (in %) und dem Wert des Body-Mass-Index der Patienten konnte keine Abhängigkeit festgestellt werden. (s. Abb. 26).

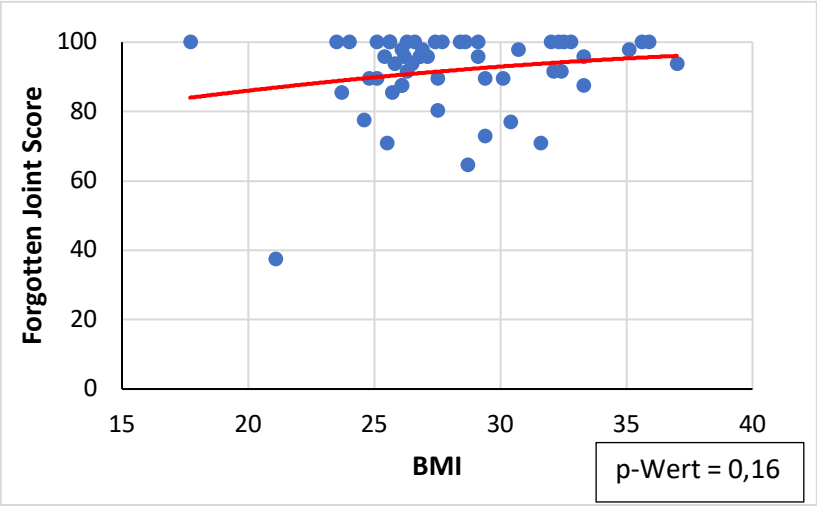


Abb. 26: Forgotten Joint Score in Abhängigkeit vom BMI

4.5.4 Radioluzente Linien in Abhängigkeit vom BMI

Radioluzente Linien traten bei zehn der insgesamt 54 (18,5%) untersuchten Patienten bzw. Prothesenschäfte in den Zonen 1 oder 7 nach Gruen auf. Drei der insgesamt 16 Patienten mit einem BMI von $>$ 30 kg/m^2 zeigten in der radiologischen Untersuchung Radioluzenzen in der Zone 7 nach Gruen, sechs der insgesamt 31 Patienten mit einem BMI zwischen 25–30 kg/m^2 wiesen sowohl in Zone 1 nach Gruen, als auch in Zone 7 nach Gruen radioluzente Linien auf. Aus der Gruppe der insgesamt sechs Patienten mit einem BMI zwischen 18–25 kg/m^2 konnte bei einem Patienten eine Radioluzenz in Zone 7 nach Gruen nachgewiesen werden.

Es zeigte sich, dass radioluzente Linien bei den betroffenen zehn Patienten bzw. zehn Prothesenschäften bevorzugt bei Patienten mit einem BMI von $>$ 25 kg/m^2 auftraten. Eine statistische Signifikanz bzw. klinische Relevanz wurden nicht festgestellt.

4.5.5 Periartikuläre Ossifikationen und Body-Mass-Index

Im Zuge der radiologischen Nachuntersuchung zeigten sich bei elf (20,4%) der insgesamt 54 implantierten Kurzschaftendoprothesen periartikuläre Ossifikationen. Vier der insgesamt 16 Patienten mit einem BMI von $>$ 30 kg/m^2 wiesen eine PAO auf, zwei davon in Stadium 1 und zwei in Stadium 2 nach Brooker.
Bei sechs der insgesamt 31 Patienten mit einem BMI zwischen 25–30 kg/m^2 zeigten drei Patienten eine PAO in Stadium 1, ein Patient eine PAO in Stadium 2 und zwei Patienten eine PAO in Stadium 3. Einer der insgesamt sechs Patienten mit einem BMI zwischen 18–25 kg/m^2 wies eine PAO in Stadium 2 nach Brooker auf.

Insgesamt zeigte sich ein gehäuftes Auftreten periartikulärer Ossifikationen bei Patienten mit einem BMI $>$ 25 kg/m^2, analog zu dem gehäuften Auftreten radioluzenter Linien bei Patienten mit einem BMI von $>$ 25 kg/m^2. Eine statistische Signifikanz bzw. klinische Relevanz wurden nicht festgestellt.

4.5.6 Abhängigkeit des HHS von der postoperativen Beinlängendifferenz

Bei unveränderter postoperativer Beinlänge betrug der Harris Hip Score im Mittel 89,9 Punkte (64-96), bei einer Verkürzung der Beinlänge im Mittel 93,1 Punkte (86-96) und bei einer Verlängerung der Beinlänge im Mittel 92,3 Punkte (75–96). Bezogen auf die Gesamtpunktzahl des Harris Hip Score ließen sich bei verkürzter, unveränderter und verlängerter postoperativer Beinlänge keine signifikanten Unterschiede feststellen (s. Abb. 27).

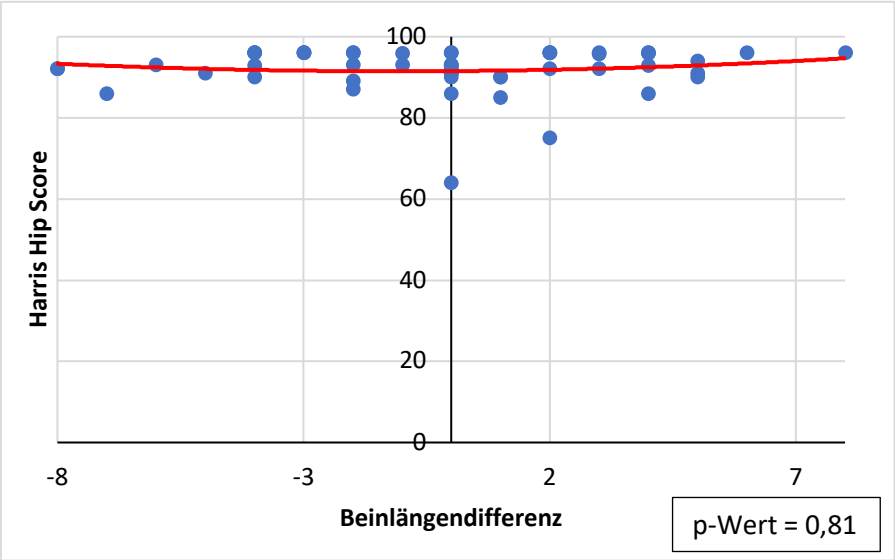


Abb. 27: HHS in Abhängigkeit von der postoperativen Beinlängendifferenz (mm)

4.5.7 Abhängigkeit des FJS von der postoperativen Beinlängendifferenz

Bei unveränderter postoperativer Beinlänge zeigte sich im FJS im Mittel ein Gesamtergebnis von 88,8% (37,5–100%), bei Verkürzung der Beinlänge eines von 93,8% (70,8–100) und bei Verlängerung der Beinlänge eines von 91,5% (64,6–100%). Die erzielten Gesamtergebnisse im FJS (%) zeigten keinen signifikanten Zusammenhang mit einer postoperativ veränderten Beinlänge (s. Abb. 28).

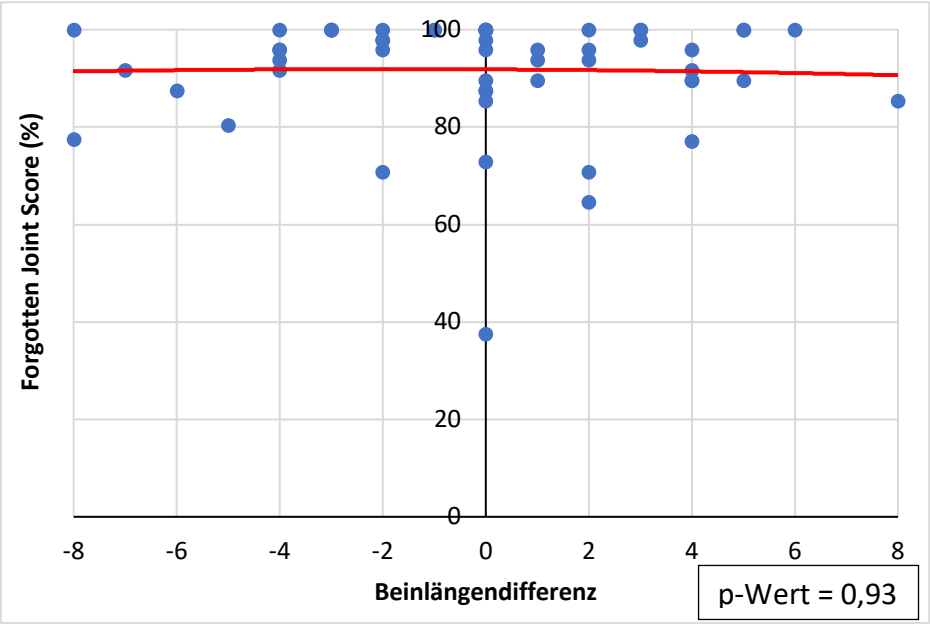


Abb. 28: FJS in Abhängigkeit von der postoperativen Beinlängendifferenz (mm)

4.5.8 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und Beinlängendifferenz

Eine Implantation des Prothesenschaftes in varischer Schaftposition ergab im Mittel keine Änderung der Beinlänge, bei einer maximalen Verkürzung von -8 mm sowie einer maximalen Verlängerung von +8 mm (SD= 3,3 mm). Bei Implantation des Prothesenschaftes in neutraler Position ergab sich eine Verkürzung der Beinlänge von durchschnittlich 0,4 ± 4,8 mm (-8 bis +5 mm). Eine valgische Schaftposition konnte bei keiner der insgesamt 54 implantierten Prothesenschäfte festgestellt werden. Zwischen einer Implantation des Kurzschaftes in varischer Position und einer daraus resultierenden Beinlängendifferenz zeigte sich keine Abhängigkeit (s. Abb. 29).

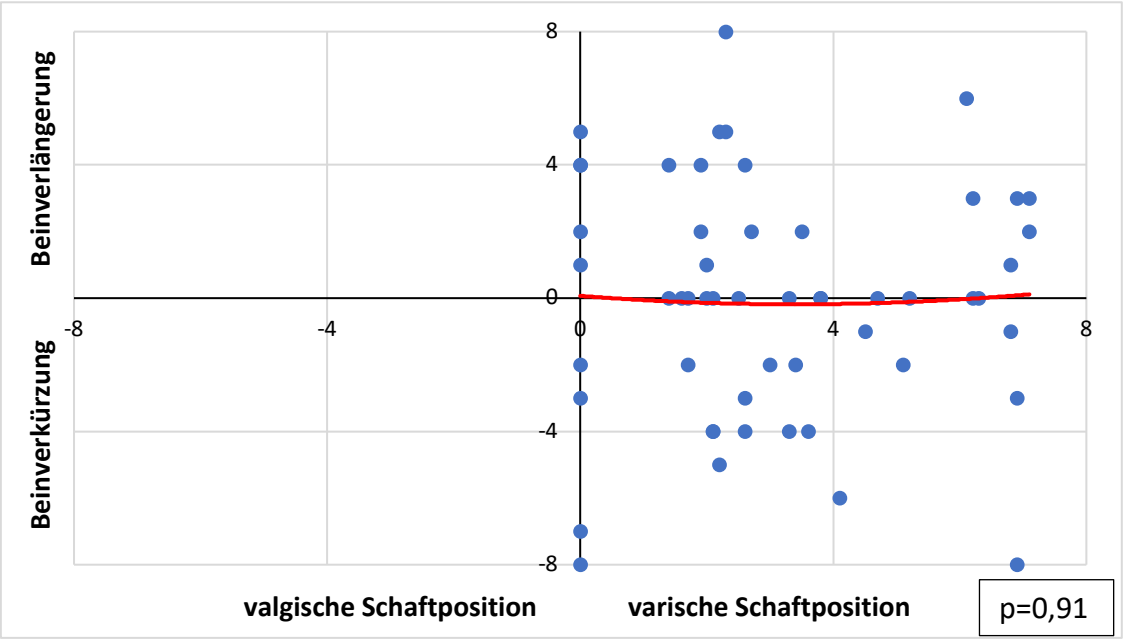


Abb. 29: Abhängigkeit zwischen Schaftposition (°) und Beinlängendifferenz (mm)

4.5.9 Radioluzente Linien und Schaftposition

Die betroffenen zehn Prothesenschäfte (22,2%), an denen radioluzente Linien nachgewiesen werden konnten, wurden in varischer Schaftposition implantiert. Die Radioluzenzen befanden sich jeweils in Zone 1 bzw. 7 nach Gruen. Bei neutraler Schaftposition wurden keine radioluzenten Linien nachgewiesen.

4.5.10 Abhängigkeit des HHS von der postoperativen Schaftposition

Im Harris Hip Score konnte bei insgesamt neun in neutraler Schaftposition implantierten Nanos®-Kurzschaftendoprothesen ein Mittelwert von 92,2 (86-96) Punkten erzielt werden. Bei den übrigen 45 varisch implantierten Nanos®-Kurzschäften wurde ein Mittelwert von 92,1 (64-96) Punkten erzielt. Valgisch implantierte Kurzschäfte fanden sich in der untersuchten Population nicht.

Es konnte keine Abhängigkeit zwischen der erzielten Gesamtpunktzahl im HHS und postoperativen Schaftposition festgestellt werden (s. Abb. 30).

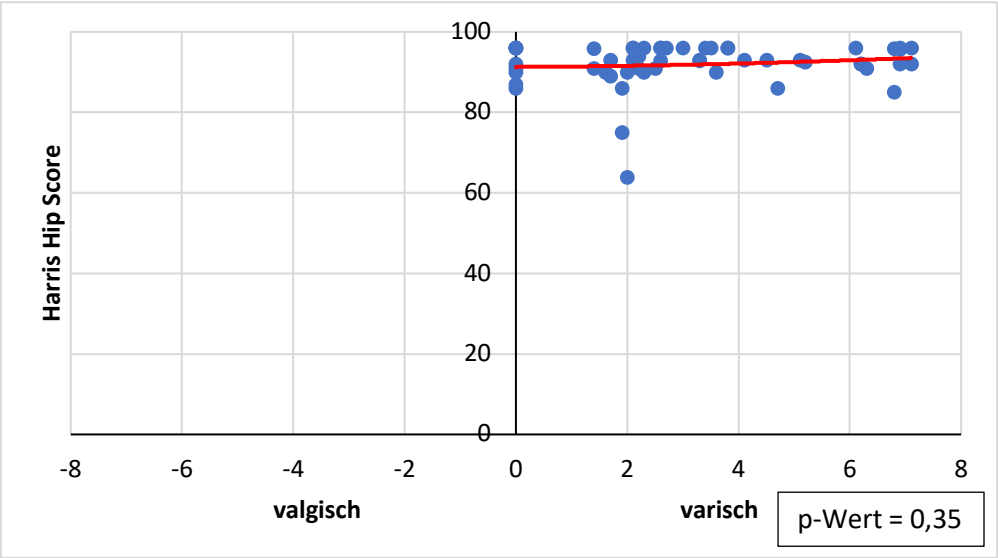


Abb. 30: Harris Hip Score in Abhängigkeit von der postoperativen Schaftposition (in °)

4.5.11 Forgotten Joint Score und postoperative Schaftposition

In neun Fällen mit unveränderter postoperativer Schaftposition wurde im FJS im Mittel ein Gesamtergebnis von 95,0% (89,6-100%) erzielt. Bei den übrigen 45 varisch-implantierten Nanos®-Kurzschaftendoprothesen lag das mittlere Gesamtergebnis bei 91,1% (37,5-100%). Ein valgisch-implantierter Kurzschaft war, wie bereits erwähnt, im Gesamtkollektiv der untersuchten Kurzschäfte nicht vorhanden.

Es zeigte sich keine Abhängigkeit zwischen dem erzielten Gesamtergebnis im FJS und der postoperativen Schaftposition (s. Abb. 31).

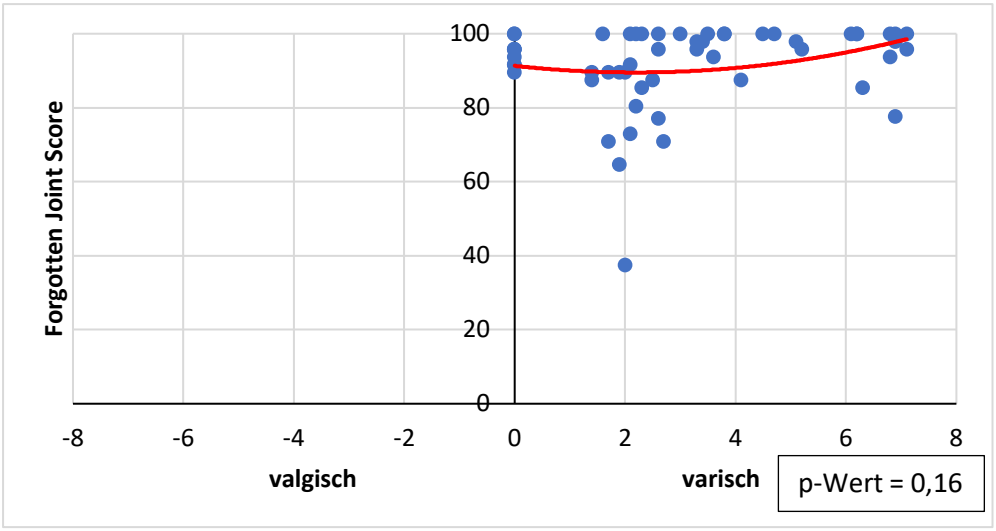


Abb. 31: Forgotten Joint Score in Abhängigkeit von der postoperativen Schaftposition (in °)

4.5.12 Abhängigkeit des HHS von der Veränderung des femoralen Offsets

In Bezug auf den HHS ergab eine Reduktion des femoralen Offsets im Harris Hip Score einen Mittelwert von 91,8 Punkten (75-96) und eine Vergrößerung des Offsets einen Mittelwert von 93,7 Punkten (90-96). Bei unverändertem Offset betrug der Mittelwert 87,8 Punkte (64-96) Sowohl eine Reduktion, als auch eine Vergrößerung des femoralen Offsets zeigten keinen signifikanten Einfluss auf das erzielte Gesamtergebnis im HHS. (s. Abb. 32).

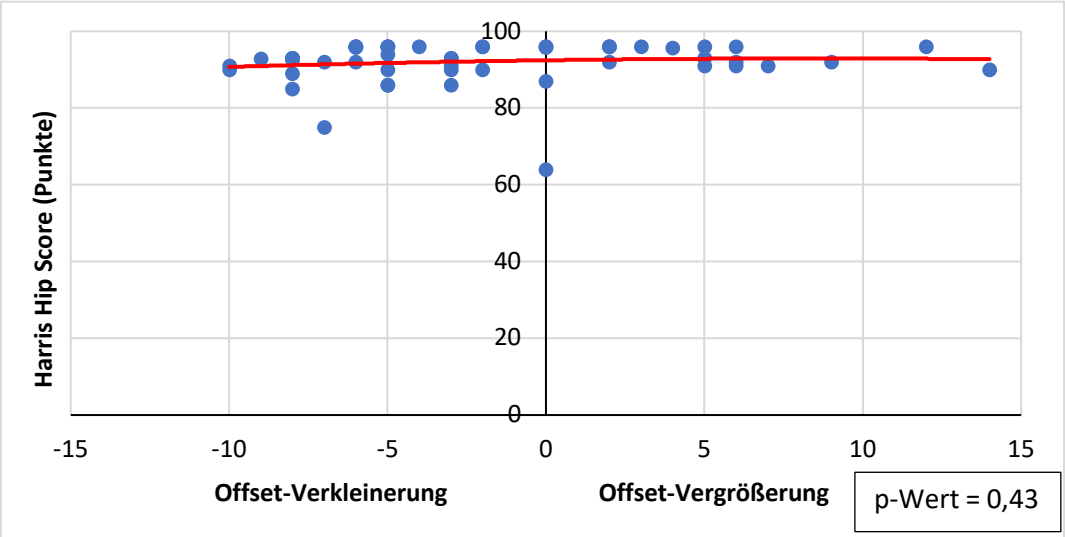


Abb. 32: Harris Hip Score in Abhängigkeit von der Offset–Veränderung (mm)

4.5.13 Abhängigkeit des FJS von der Veränderung des femoralen Offsets

Bei Reduktion des femoralen Offsets zeigte sich im FJS ein mittleres Gesamtergebnis von 92,1% (64,6-100%) und bei Vergrößerung ein mittleres Gesamtergebnis von 93,1% (70,8-100%). Das mittlere Gesamtergebnis bei unverändertem Offset betrug 85,1% (37,5-100%).

Im Forgotten Joint Score zeigte sich hinsichtlich des Gesamtergebnisses ebenfalls keine signifikante Auswirkung bzgl. des Gesamtergebnisses sowohl bei Reduktion, als auch bei Vergrößerung des femoralen Offsets (s. Abb. 33).

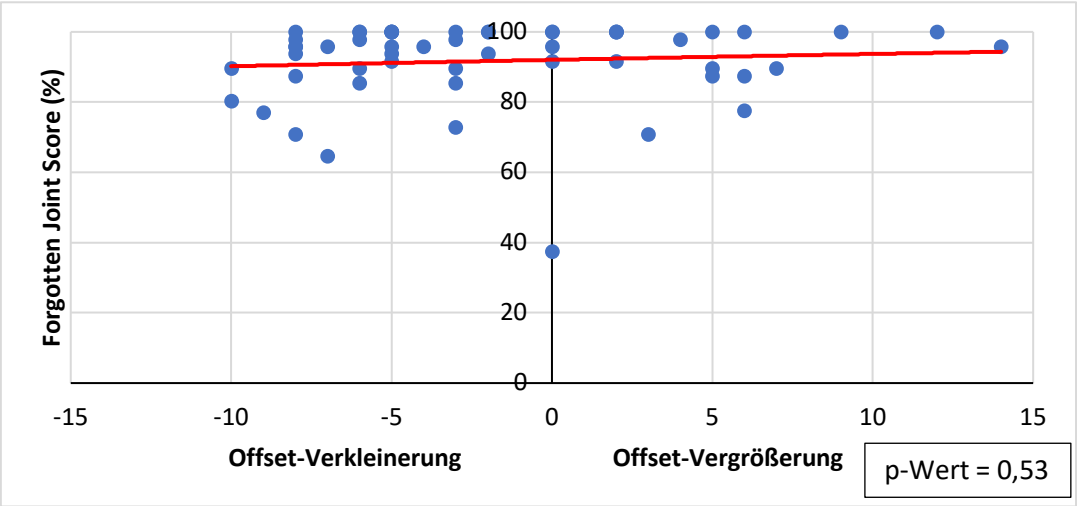


Abb. 33: Forgotten Joint Score in Abhängigkeit von der Offset–Veränderung (mm)

4.5.14 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und femoralem Offset

Bezogen auf das femorale Offset aller 54 implantierten Kurzschaftendoprothesen konnte postoperativ im Mittel eine Reduktion von 1,8 ± 5,7 mm (-10 bis +14 mm) festgestellt werden. Bei varischer Schaftimplantation zeigte sich eine mittlere Reduktion von 2,5 ± 5,3 mm (-10 bis +12 mm), bei neutraler Schaftimplantation zeigte sich eine mittlere Vergrößerung von 1,6 ± 6,4 mm (-5 bis +14 mm). Eine Abhängigkeit zwischen der postoperativen Lage des Prothesenschaftes und dem femoralen Offset von nicht festgestellt werden (s. Abb. 34).

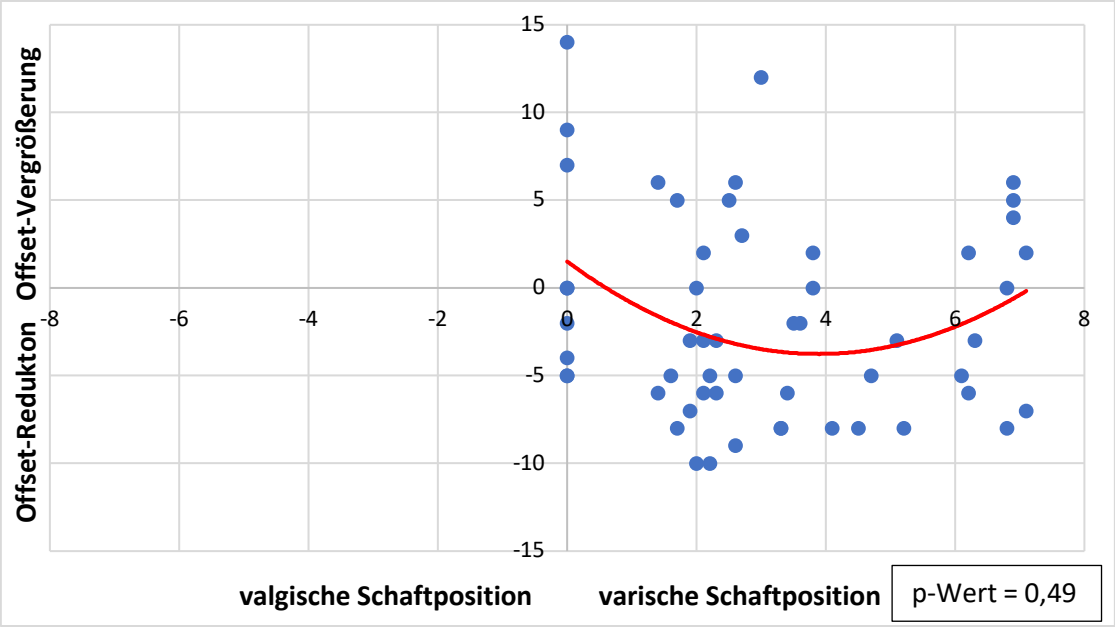


Abb. 34: Abhängigkeit Schaftposition (°) - femorales Offset (mm)

4.5.15 Abhängigkeit des HHS von der Veränderung des Drehzentrums

Postoperativ ergab sich im Harris Hip Score bei Medialisierung des horizontalen Drehzentrums ein Mittelwert von 94,1 ± 2,3 Punkten (90-96) und Lateralisierung ein Mittelwert von 91,7 ± 4,5 Punkten (75-96). Bei unverändertem horizontalem Drehzentrum zeigte sich im Mittel ein HHS-Wert von 82,3 ± 16,5 Punkten (64-96) (s. Abb. 35).

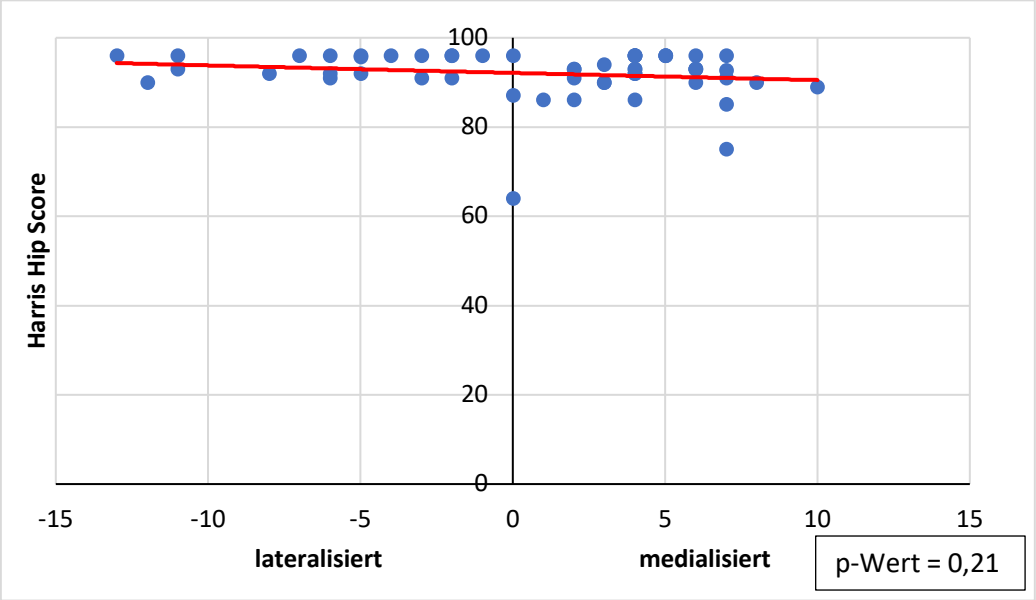


Abb. 35: HHS in Abhängigkeit vom horizontalen Drehzentrum

Bezüglich des vertikalen Drehzentrums ergab sich im Harris Hip Score bei Kranialisierung ein Mittelwert von 92,1 ± 5,9 (64–96) Punkten und bei Kaudalisierung ein Mittelwert von 90,3 ± 6,3 (75–96) Punkten. Bei unverändertem vertikalem Drehzentrum konnte ein Mittelwert von 93,7 ± 2,5 Punkten (90-96) ermittelt werden (s. Abb. 36).

Bei Veränderungen des Drehzentrums, sowohl medio-lateral als auch kranio-kaudal, konnte keine Abhängigkeit in Bezug auf die erzielte Gesamtpunktzahl im HHS nachgewiesen werden.

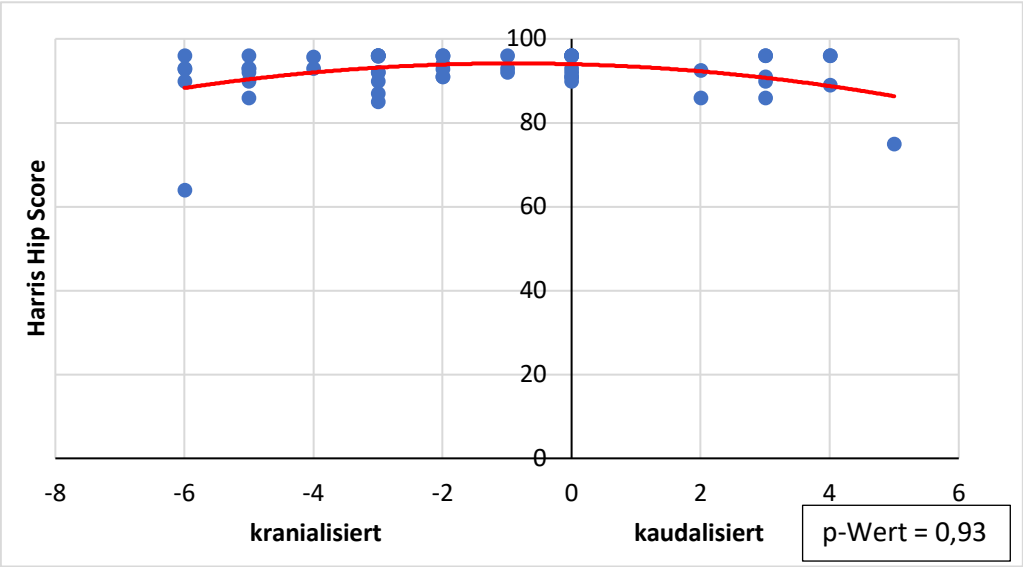


Abb. 36: HHS in Abhängigkeit vom vertikalen Drehzentrum

4.5.16 Abhängigkeit des FJS von der Veränderung des Drehzentrums

Im Forgotten Joint Score betrug das Gesamtergebnis bei Medialisierung des horizontalen Drehzentrums im Mittel 93,7 ± 8,4% (70,8–100%), bei Lateralisierung im Mittel 91,8 ± 9,5% (64,6–100%). Bei unverändertem horizontalen Drehzentrum zeigte sich im Forgotten Joint Score im Mittel ein Gesamtergebnis von 77,8 ± 35,0% (37,5-100%) (s. Abb. 37).

In Bezug auf das vertikale Drehzentrum konnte im Forgotten Joint Score bei Kranialisierung ein mittleres Gesamtergebnis von 92,7 ± 12,1 % (37,5–100%) ermittelt werden, bei Kaudalisierung 88,6 ± 11,8% (64,6–100%). Bei unverändertem vertikalen Drehzentrum zeigte sich ein mittleres Gesamtergebnis von 92,0 ± 10,7% (73,0-100%) (s. Abb. 38).

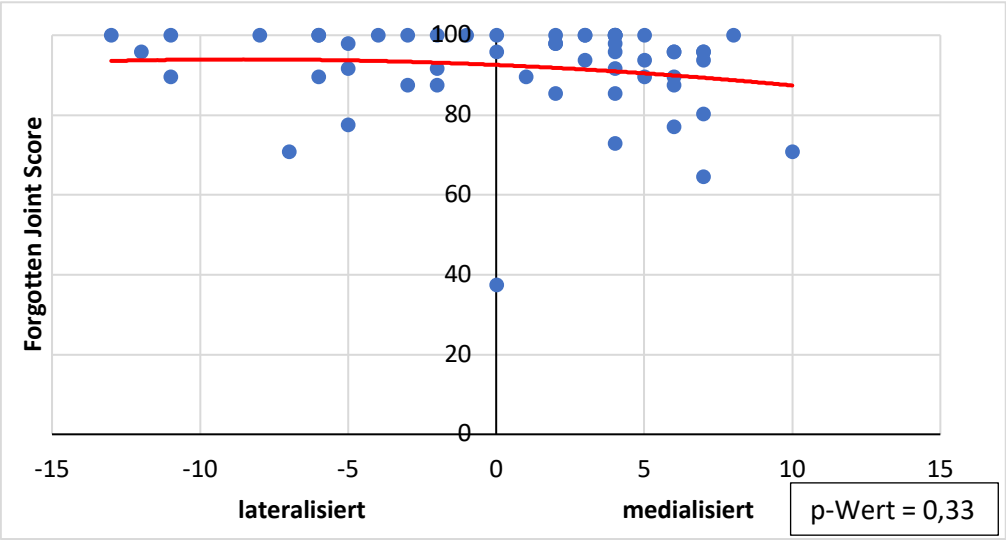


Abb. 37: FJS in Abhängigkeit vom horizontalen Drehzentrum

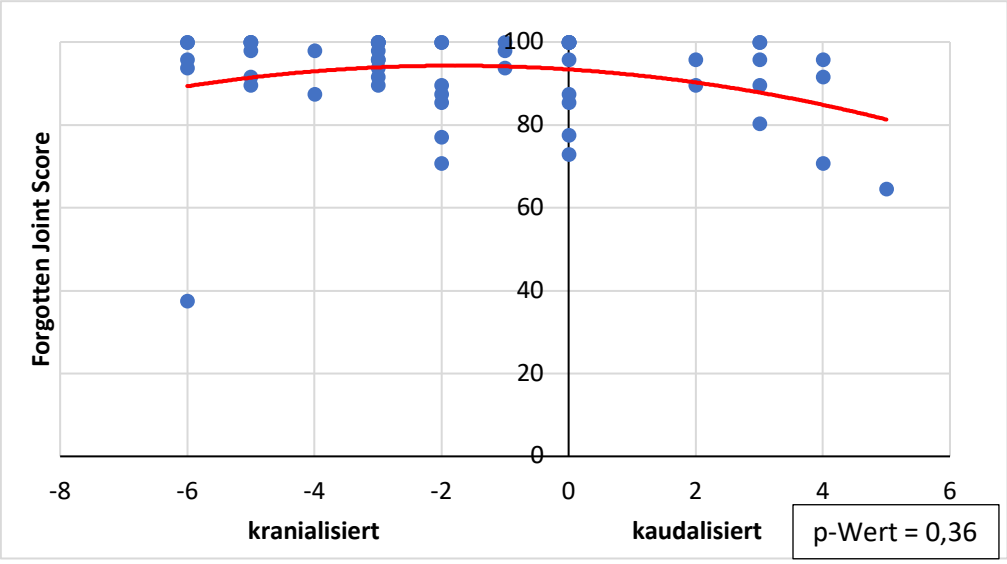


Abb. 38: FJS in Abhängigkeit vom vertikalen Drehzentrum

Veränderungen bzgl. des horizontalen Drehzentrums im Sinne einer Medialisierung bzw. einer Lateralisierung zeigten keine Abhängigkeit hinsichtlich des erzielten Gesamtergebnisses im Forgotten Joint Score.

Hinsichtlich der Veränderungen des vertikalen Drehzentrums konnte lediglich eine Tendenz zur Abnahme des Gesamtergebnisses bei Kaudalisierung des vertikalen Drehzentrums nachgewiesen werden. Eine sich als signifikant darstellende Abhängigkeit zwischen Veränderungen des vertikalen Drehzentrums und des Gesamtergebnisses des FJS konnte aber nicht nachgewiesen werden.

4.5.17 Abhängigkeit zwischen Schaftposition und Drehzentrum

Bei varischer Implantation der Nanos®-Kurzschäfte zeigte sich insgesamt im Mittel eine Lateralisierung des horizontalen Drehzentrums von 1,1 ± 5,6 mm (-13 bis +10 mm), bei neutraler Implantation eine mittlere Lateralisierung 1,0 ± 6,1 mm (-12 bis +6 mm). Die mittlere Lage des Prothesenschaftes betrug bei Medialisierung 3,4 ± 2,6° Varus (0-7,1°), bei Lateralisierung 3,1 ± 2,0° Varus (0-7,1°) und bei neutraler Schaftimplantation 1,8 ± 1,4° Varus (0-3,5°) (s. Abb. 39).

Bezogen auf das vertikale Drehzentrum zeigte sich bei varischer Schaftimplantation im Mittel insgesamt eine Kranialisierung von 1,5± 3,1 mm (-6 bis +5 mm), bei neutraler Schaftimplantation im Mittel eine Kranialisierung von 1,4 ± 2,8 mm (-5 bis +3 mm). Die Lage des Prothesenschaftes betrug bei Kranialisierung des Drehzentrums im Mittel 3,3 ± 2,3° Varus (0-7,1°), bei Kaudalisierung des Drehzentrums 2,2 ± 1,6° Varus (0-5,2°) und bei neutraler Schaftimplantation 3,6 ± 2,3° Varus (0-6,9°) (s. Abb. 40).

Eine Abhängigkeit zwischen Veränderungen der postoperativen Schaftposition und Veränderungen des postoperativen Drehzentrums in horizontaler sowie in vertikaler Ebene konnte nicht nachgewiesen werden. Eine postoperative Varisierung des Prothesenschaftes zeigte lediglich eine Tendenz zu vermehrten Kranialisierung des vertikalen Drehzentrums (s. Abb. 39 und 40).

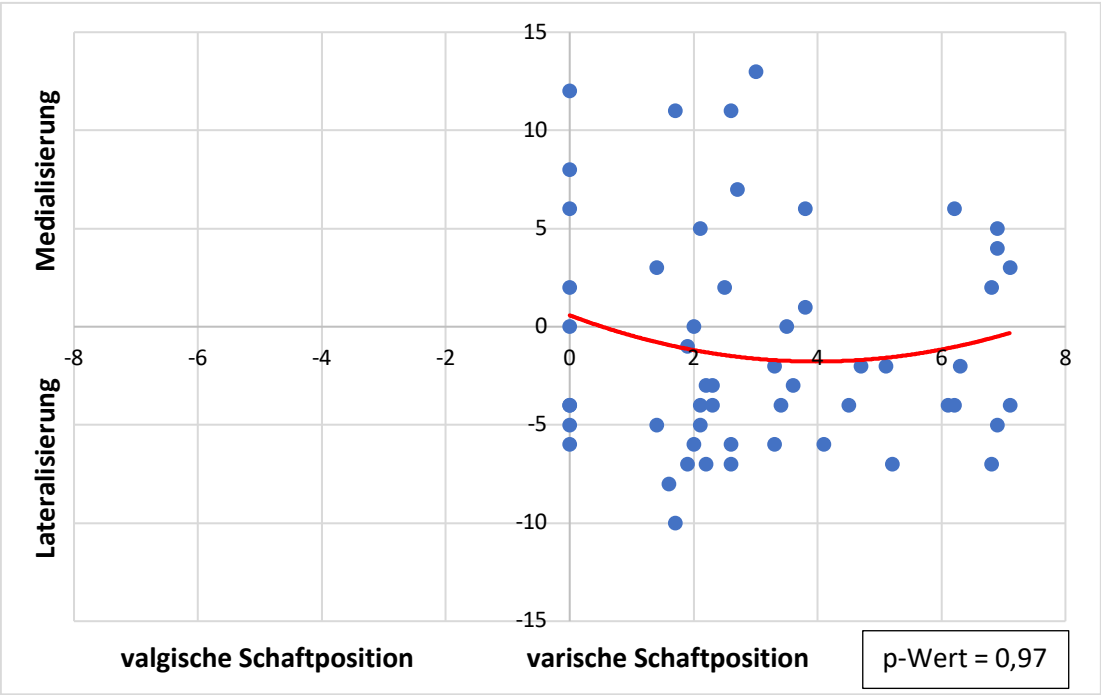


Abb. 39: Abhängigkeit Schaftposition (°) vom horizontales Drehzentrum (mm)

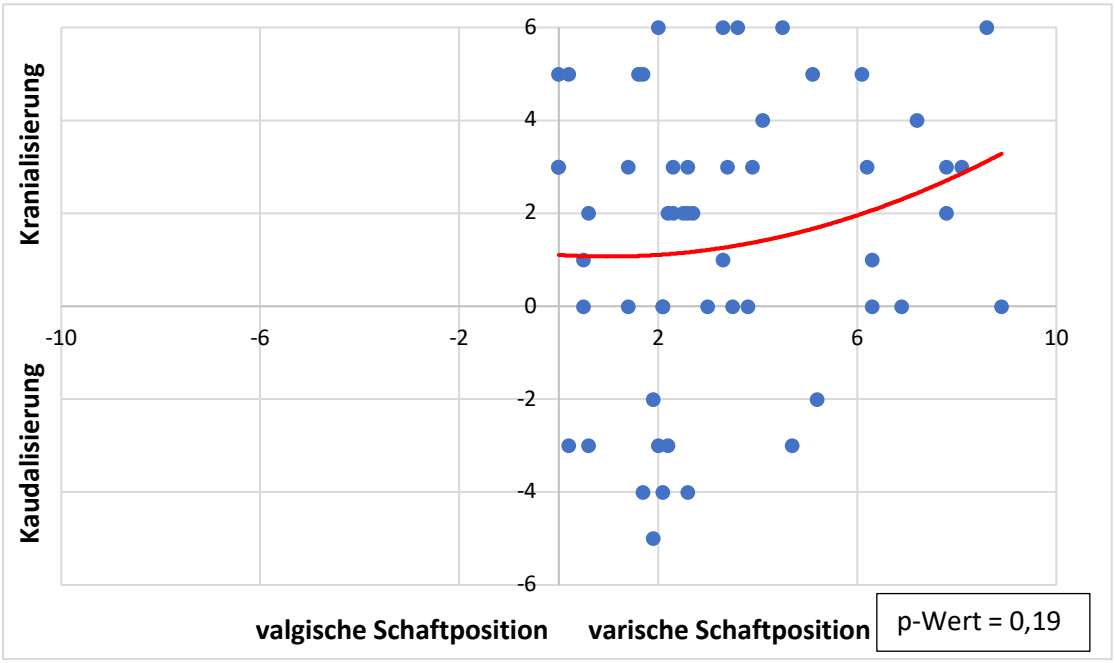


Abb. 40: Abhängigkeit Schaftposition (°) vom vertikales Drehzentrum (mm)

4.5.18 Abhängigkeit zwischen femoralem Offset und Drehzentrum

Bei operationsbedingter Medialisierung des horizontalen Drehzentrums zeigte sich postoperativ im Mittel eine Vergrößerung des femoralen Offset von 4,7 ± 3,9 mm (0 bis 14 mm), bei Lateralisierung zeigte sich im Mittel eine durchschnittliche Reduktion des femoralen Offset von 5,8 ± 2,3 mm (-10 bis -2 mm) und bei unverändertem horizontalen Drehzentrum im Mittel eine Offset-Reduktion von 0,7 ± 1,2 mm (-2 bis 0 mm). (s. Abb. 41).

Bezogen auf das vertikale Drehzentrum zeigte sich bei operationsbedingter Kranialisierung eine mittlere Offset–Reduktion von 2,1 ± 5,1 mm (-9 bis +9 mm), bei Kaudalisierung eine mittlere Offset-Reduktion von 5,5 ± 3,6 mm (-10 bis +2 mm) und bei unverändertem vertikalen Drehzentrum eine mittlere Offset Vergrößerung von 3,1 ± 6,7 mm (-6 bis +14 mm) (s. Abb. 42).

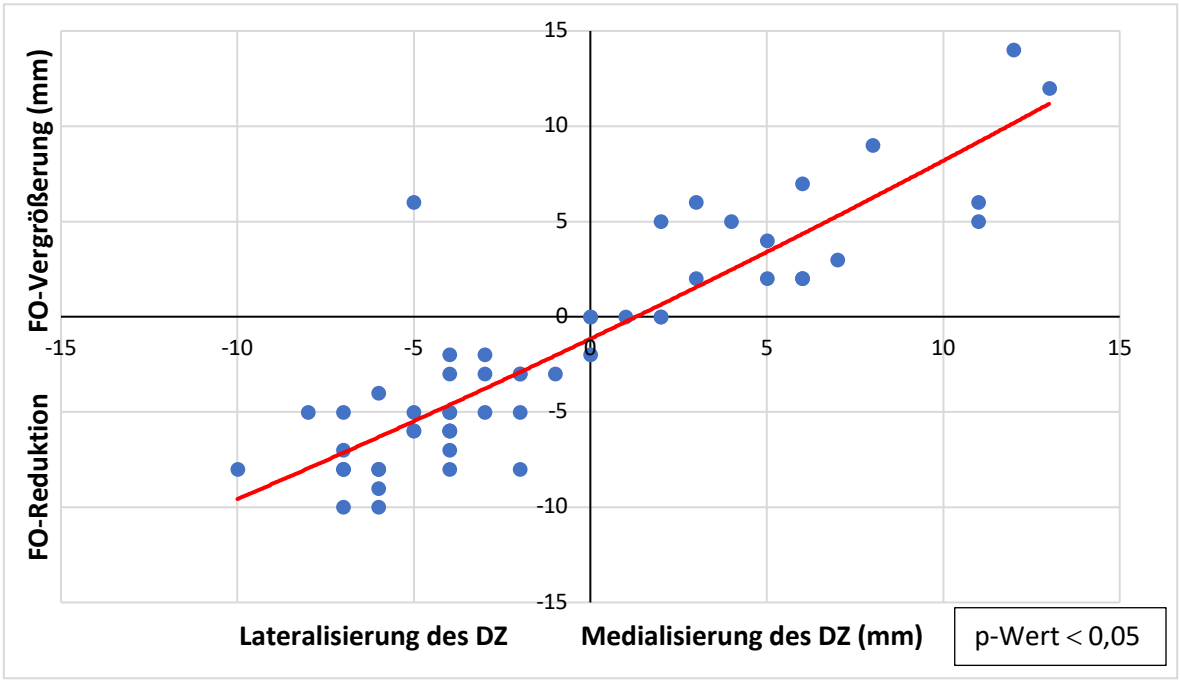


Abb. 41: Abhängigkeit des femoralen Offsets (FO) vom horizontales Drehzentrum (DZ)

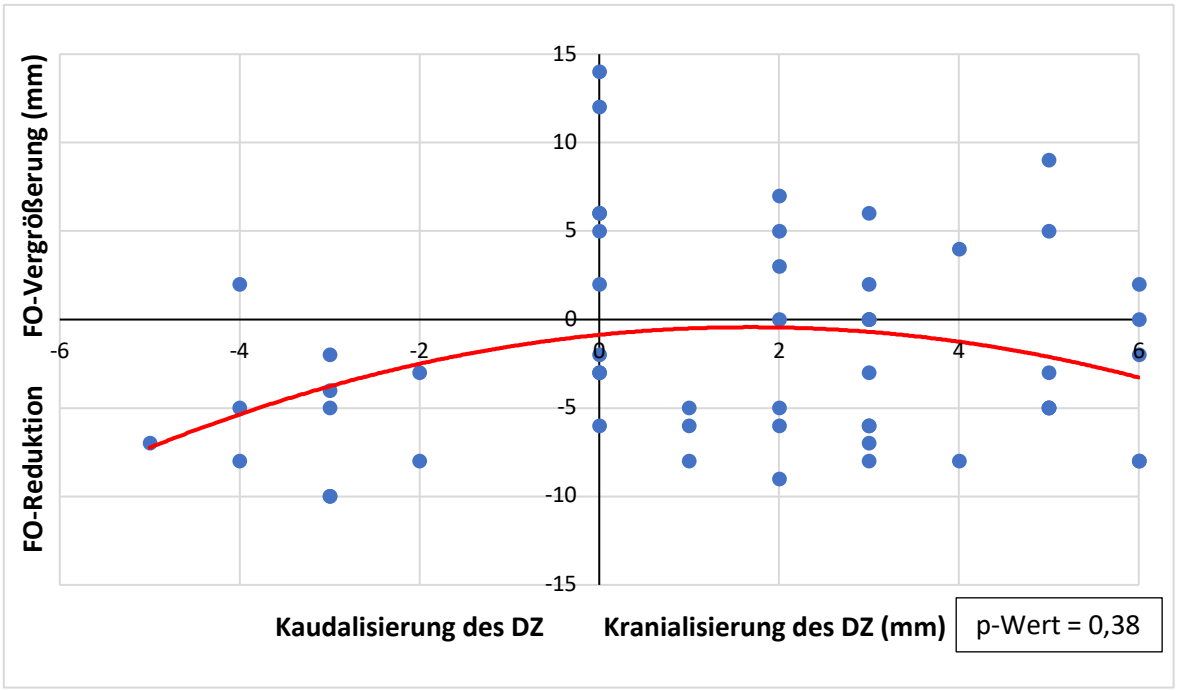


Abb. 42: Abhängigkeit des femoralen Offsets (FO) vom vertikales Drehzentrum (DZ)

Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Medialisierung des Drehzentrums mit einer Vergrößerung des femoralen Offset einhergeht, sowie eine Lateralisierung mit einer Reduktion des femoralen Offset. Diese Abhängigkeit war signifikant (s. Abb. 41). Veränderungen des vertikalen Drehzentrums zeigten im Gegensatz dazu keine signifikante Abhängigkeit bezogen auf das femorale Offset (s. Abb. 42).

4.5.19 Periartikuläre Ossifikation - Patientenzufriedenheit Funktion und Schmerz

Periartikuläre Ossifikationen konnten bei elf der insgesamt 54 implantierten Kurzschäfte nachgewiesen werden.

Die Patientenzufriedenheit der 43 implantierten Kurzschäfte ohne Nachweis einer PAO lag hinsichtlich beider untersuchter Parameter (Schmerz und Funktion) wies jeweils eine Durchschnittsnote von 1,5 auf.

Fünf Patienten mit PAO in Stadium I nach Brooker vergaben bei der Evaluation beider Parameter die Durchschnittsnote 1,0. Weitere vier Patienten mit einer PAO in Stadium II bzw. zwei Patienten mit einer PAO in Stadium III nach Brooker evaluierten das Gesamtergebnis bzgl. beider Parameter mit einer Durchschnittsnote von jeweils 1,1 bzw. 1,0. Eine PAO in Stadium 4 nach Brooker konnte bei keiner der insgesamt 54 implantierten Nanos®-Kurzschaftendoprothesen nachgewiesen werden (s. Abb. 43).

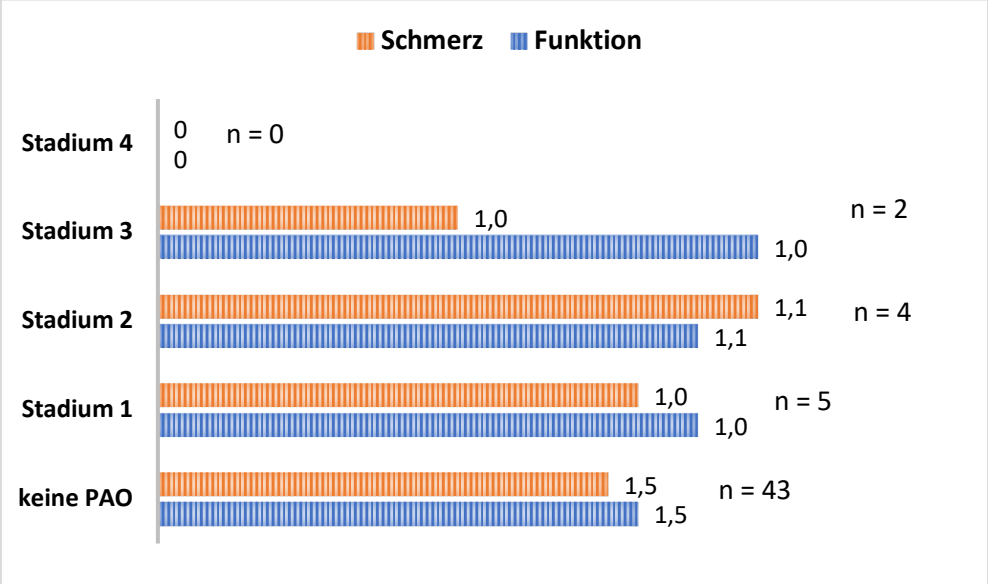


Abb. 43: PAO - Patientenzufriedenheit Schmerz und Funktion

5. Diskussion

5.1 Nachuntersuchungszeitraum

Die aktuelle Studienlage zu Ergebnissen nach Implantation einer Nanos®-Kurzschaftendoprothese ist auf kurzfriste Nachuntersuchungszeiträume beschränkt. Die veröffentlichten Daten dieser Arbeiten erzielten vielversprechende postoperative Ergebnisse im Rahmen eines kurzfristigen follow-up von einem bis maximal fünfeinhalb Jahre (Ettinger, Ettinger et al. 2011, Brinkmann, Radetzki et al. 2017, Capone, Bienati et al. 2017).

Das Ziel dieser Studie waren die Erhebung und Auswertung von Daten bzw. Ergebnissen nach einem mittelfristigen, postoperativen follow-up. Der Nachuntersuchungszeitraum dieser klinischen Studie erstreckte sich über einen durchschnittlichen Zeitraum von 8,2 Jahren (84 – 108 Monate) bzw. 97,8 $\pm$ 4,9 Monaten.

Langzeitergebnisse nach Implantation einer Nanos®-Kurzschaftendoprothese waren in der aktuellen Literatur nicht vorhanden.

5.2. Patientenzufriedenheit

Die Evaluation der Patientenzufriedenheit erfolgte anhand der Parameter „Schmerz“ und „Funktion“. Die Ergebnisse der drei beidseitig operierten Patienten flossen jeweils einzeln in die Gesamtevaluation mit ein, sodass für die beiden Parameter eine Durchschnittsnote von 1,4 (Schmerz) bzw. 1,5 (Funktion) errechnet wurde. 98,1% der in dieser Studie befragten Patienten würden sich aus heutiger Sicht erneut der Operation unterziehen. Ein Patient (1,9%) beantwortete die Frage nach erneuter Operation mit vielleicht.

Wittenberg et al. evaluierten die Patientenzufriedenheit nach Implantation von 250 Metha®-Kurzschäften und kurzfristigem follow-up über fünf Jahre. Dabei gaben 85% der Patienten an sehr zufrieden zu sein. 14% waren zufrieden und ein Prozent war mit dem postoperativen Ergebnis nicht zufrieden (Wittenberg, Steffen et al. 2013). Dietz et al. untersuchten die Patientenzufriedenheit nach Implantation von 61 Mayo®-Kurzschäften und einem follow-up von 163,9 Monaten (140-181 Monate). Die Zufriedenheit bzgl. Schmerzen und Funktion im postoperativen Verlauf wurde durchschnittlich mit „sehr zufrieden“ bzw. „zufrieden“ bewertet (1,46 – 1,51).

Die Patientenzufriedenheit wurde in dieser Studie nach Implantation eines Nanos®-Kurzschaftes und mittelfristigem follow-up evaluiert. Die Auswertung der Ergebnisse dieser Arbeit bestätigten das in der Literatur publizierte hohe Maß an Patientenzufriedenheit nach Implantation eines Kurzschaftes.

5.3. Scores

Zur weiteren Evaluation der Ergebnisse nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz wurde für jeden implantierten Nanos®-Kurzschaft im Zuge der klinischen Nachuntersuchung jeweils ein Harris Hip Score und ein Forgotten Joint Score erhoben. Der Harris Hip Score diente als standardisierte Beurteilung des patientenindividuellen Leistungsniveaus nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz. Ziel des Forgotten Joint Score war es, anhand eines Fragebogens bestehend aus zwölf Items, herauszufinden, inwieweit der Patient das implantierte künstliche Gelenk im Alltag wahrnimmt.
Der HHS wurde im Rahmen der Nachuntersuchung erhoben und belief sich in dieser Studie auf durchschnittlich 92,0 Punkte (64 – 96 Punkte) von maximal 100 möglichen Punkten.
Insgesamt wurde 46-mal ein exzellentes Ergebnis im HHS ($\geq$ 90 Punkte) erzielt, sechsmal ein gutes (80 – 89 Punkte), einmal ein befriedigendes (70 – 79 Punkte) und einmal ein schlechtes Ergebnis ($<$ 70 Punkte). Diese Abstufungen entsprachen denen einer Arbeit von Marchetti et al. und wurden zur besseren Darstellbarkeit der Ergebnisse verwendet. (Marchetti, Binazzi et al. 2005). Zwei Patienten erzielten sowohl im HHS als auch im FJS schlechte Gesamtergebnisse (64 Punkte und 37,5%; 75 Punkte und 64,6%). Beide Patienten gaben anamnestisch weitere degenerative muskulo-skelettale Erkrankungen (Spinalkanalstenosen, chronische Lumboischialgie) an, die eine dezidierte Beurteilung des operativ versorgten Hüftgelenkes erschwerten. Ellenrieder et al. sowie Loth et al. wiesen in ihren jeweiligen Publikationen über das postoperative Outcome nach totalem Hüftgelenksersatz darauf hin, dass Komorbiditäten wie degenerative muskulo-skelettale Erkrankungen, Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, Bindegewebserkrankungen sowie Stoffwechselerkrankungen einen Einfluss auf das erzielte Ergebnis hatten, im Sinne eines niedrigeren Gesamtergebnisses im HHS bzw. im FJS (Ellenrieder, Bader et al. 2015, Loth, Giesinger et al. 2017).
Die Ergebnisse hinsichtlich des postoperativ erhobenen HHS in dieser Studie waren vergleichbar mit denen anderer Autoren.
Amenabar et al. beschrieben ein Jahr nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz bei 147 Patienten (147 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen) eine durchschnittliche Verbesserung des HHS von präoperativ 53 auf postoperativ 91 Punkte (Amenabar, Marimuthu et al. 2015).

Nach 27,7 Monaten konnten Stadler et al. konnten anhand 84 implantierter Nanos®-Kurzschäfte eine Verbesserung des mittleren HHS-Gesamtscores von 36,6 präoperativ zu 94,5 Punkten postoperativ nachweisen. Auch Capone et al. beschrieben nach einem mittelfristigen follow-up von 5,6 Jahren bei insgesamt 37 Patienten (37 Nanos®-Kurzschäfte) einen durchschnittlichen HHS-Score von 90 Punkten (71 - 100 Punkte). Brinkmann et al. beschrieben nach Implantation von 24 Metha®- bzw. 26 Nanos®-Kurzschäften und einem follow-up von 12,3 Monaten eine Verbesserung des durchschnittlichen HHS-Ergebnisses auf 96,2 bzw. 96,5 Punkte (Brinkmann, Radetzki et al. 2015).
Auch Thorey et al. konnten eine Verbesserung des HHS-Gesamtergebnisses von 46 Punkten präoperativ zu 90 Punkten postoperativ nachweisen. Das follow-up der 151 untersuchten Metha®-Kurzschäfte dieser Studie betrug fünf Jahre (Thorey, Hoefer et al. 2013).

Das durchschnittlich erreichte Gesamtergebnis des Forgotten Joint Scores in dieser Studie betrug 91,7 % (37,5% – 100%), bei einem bestmöglichen Ergebnis von 100%.
Thienpont et al. erhoben bei 75 Patienten ein Jahr nach operativer Versorgung mittels Hüfttotalendoprothese jeweils einen FJS und beschrieben ein durchschnittliches Gesamtergebnis von 80%, ohne dabei zwischen Kurz- bzw. Geradschäften zu differenzieren (Thienpont, Vanden Berghe et al. 2016). Hamilton et al. erhoben den FJS jeweils sechs bzw. zwölf Monate postoperativ bei 205 Patienten nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese. Die Autoren stellten verglichen mit dem Ergebnis nach sechs Monaten eine signifikante Verbesserung des Gesamtergebnisses nach zwölf Monaten fest und schlossen daraus, dass ein längeres follow-up die Akzeptanz des eigenen Körpers bzgl. des Kunstgelenkes fördern könnte und daher nach zwölf Monaten bessere Ergebnisse im FJS erzielt wurden als nach sechs Monaten (Hamilton, Loth et al. 2017). Die These, dass die Akzeptanz des eigenen Körpers in Bezug auf das Kunstgelenk im Verlauf der Zeit zunahm, konnte anhand des hohen, durchschnittlich erzielten Ergebnisses im FJS dieser Patientenpopulation untermauert werden.
Eine Schwäche dieser Studie stellte das Fehlen präoperativer Ausgangs– bzw. Vergleichswerte hinsichtlich des HHS dar, ebenso wie die Tatsache, dass die Daten der drei beidseitig operierten Patienten jeweils einzeln in die Auswertung der Ergebnisse einbezogen wurden. Da nur knapp über die Hälfte der eingeladenen Patienten tatsächlich in die Studienpopulation eingeschlossen werden konnte, ergab sich eine große Spannbreite der erzielten Gesamtergebnisse. Niedrige Ergebnisse fielen dadurch in der Evaluation des durchschnittlich erzielten Gesamtresultates stärker ins Gewicht.

5.4 Radiologische Daten

Radiographisch wurden zunächst potentielle Beinlängendifferenzen untersucht. In der Gesamtheit aller 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen betrug die durchschnittliche postoperativ gemessene Beinlängendifferenz -0,1 ± 3,6 mm. In einem Fall war eine Beinlängenverkürzung um 8mm festzustellen, in einem anderen Fall eine Beinlängenverlängerung um 8mm.

Höhle et al. beschrieben nach Implantation von 197 Mayo® - bzw. Metha® - Kurzschäften eine durchschnittliche Beinlängenverlängerung um 4,2 mm (Hohle, Schroder et al. 2015). Kutzner et al. untersuchten 109 implantierte Optimys® - Kurzschäfte hinsichtlich potentieller Beinlängendifferenzen und wiesen in 20 Fällen eine mittlere Verlängerung der Beinlänge um 1,2 mm nach (Kutzner, Kovacevic et al. 2015). Bezüglich des Nanos® - Kurzschaftes beschrieben Amenabar et al. eine durchschnittliche Beinlängenverlängerung um 0,36 mm bei insgesamt 147 implantierten Kurzschäften (Amenabar, Marimuthu et al. 2015). Schmidutz et al. verglichen die postoperativen Beinlängenveränderungen zwischen Gerad – und Kurzschäften. Eine Beinlängenverlängerung wurde sowohl nach Implantation eines Geradschaftes (9,1 mm), als auch nach Implantation eines Kurzschaftes (8,0 mm) beschrieben, allerdings zeigte sich verglichen mit der nicht-operierten Gegenseite eine größere Differenz (Geradschaft: 1,3 mm; Kurzschaft: 3,3 mm). Die Autoren führten die Schwierigkeit der exakten Rekonstruktion der Anatomie mithilfe einer Kurzschaftendoprothese auf die höher gelegene Resektionsebene bei Implantation zurück und sahen bei Verwendung eines Kurzschaftes eine Tendenz zur Beinlängenverlängerung gegeben (Schmidutz, Beirer et al. 2012). Jerosch et al. beschrieben bei 246 Patienten, die mit einer metadiaphysär verankernden Kurzschaftendoprothese (MiniHip®) versorgt wurden, in der Gesamtheit ebenfalls eine Verlängerung der Beinlänge um durchschnittlich 0,9 ± 3,4 mm (Jerosch, Grasselli et al. 2012).

Die aktuelle Studienlage zu möglichen Spätfolgen einer postoperativen Beinlängendifferenz stellte sich inhomogen dar. Dong et al. verglichen zwei Patientengruppen miteinander (Beinlängendifferenz < 15 mm bzw. > 15 mm) und stellten nach drei monatigem follow-up keine Unterschiede in den durchschnittlich erzielten Ergebnissen bzgl. des HHS, der visuellen Analogskala und der Patientenzufriedenheit fest. Die Gruppe mit einer Differenz > 15 mm konnte nach 12-monatigem follow-up sogar bessere funktionelle Testergebnisse erzielen als die Vergleichsgruppe (< 15mm) (Dong, Yang et al. 2016). Andere Autoren sahen eine direkte Korrelation zwischen einer postoperativen Beinlängendifferenz > 2 cm und einem gehäuften Auftreten von LWS-Beschwerden, Knieschmerzen bzw. einem veränderten Gangbild (Zhang, He et al. 2015).

Beinlängendifferenzen, die das physiologische Maß (< 1 cm) deutlich überschritten (> 2 cm), wirkten sich demnach nicht nur auf die Biomechanik, sondern auch auf die Funktionalität (HHS, Gangbild) und Patientenzufriedenheit nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz aus (Mahmood, Mukka et al. 2015, Gordon and Davis 2019).
Insgesamt ließ sich konstatieren, dass die Rekonstruktion der Beinlänge mithilfe des Nanos® - Kurzschaftes gewährleistet werden konnte. Die Ergebnisse dieser Studie waren mit denen anderer Studien nach Kurzschaft-Implantation vergleichbar.
Einflussgrößen auf eine mögliche Beinlängendifferenz, verglichen mit dem präoperativen Zustand, waren nicht zuletzt die Größe des verwendeten Implantates, die Resektionshöhe des Schenkelhalses sowie Veränderungen des vertikalen Drehzentrums.

Einen weiteren Aspekt der radiographischen Nachuntersuchung stellte die postoperative Schaftposition dar. Insgesamt wurden 45 der 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen varisch implantiert. Neun Prothesen wurden neutral implantiert. Die Position des Kurzschafes befand sich postoperativ im Mittel in 3,7° ± 1,9° (1,4° - 7,1°) Varus.
Veränderungen des CCD-Winkels standen in direkter Relation zu Veränderungen der Biomechanik. Coxa valga zeichneten sich, verglichen mit Coxa vara durch einen kleineren Hebelarm bzgl. der Muskelkraft der Hüftgelenksresultierenden aus und erforderten so eine größere Muskelkraft um das Becken im Drehmomentgleichgewicht zu stabilisieren. Allerdings wiesen Coxa valga eine geringere, auf das proximale bzw. distale Femur wirkende, Zug- bzw. Druckspannung auf, deren Resultat eine reduzierte Knochendichte darstellte.

Ettinger et al. beschrieben nach Implantation von 202 Nanos®-Kurzschäften eine Veränderung des CCD-Winkels von 133,8° (± 4,4°) präoperativ zu 134,6° (± 4,3°) (Ettinger, Ettinger et al. 2013). Thorey et al. untersuchten die postoperative Schaftposition nach Implantation von 151 Metha®-Kurzsschäften. In 91% der Fälle (n=138) konnte eine neutrale Schaftposition festgestellt werden, in 4% der Fälle (n=6) eine valgische und in 5% der Fälle (n=7) eine varische Schaftposition (Thorey, Hoefer et al. 2013). Wittenberg et al. berichteten nach 250 implantierten Metha®-Kurzsschäften über eine neutrale Schaftposition (130 - 140°) in 74,6% der Fälle, eine valgische Schaftposition (> 140°) in 5,6% der Fälle und eine varische Schaftposition (< 130°) in 19,8% der Fälle (Wittenberg, Steffen et al. 2013). Schmidutz et al. verglichen die postoperative Schaftposition von 50 implantierten Kurzschaftendoprothesen mit 50 konventionellen Geradschäften.

Der Mittelwert der postoperativen Veränderung der Schaftposition der Kurzschäfte betrug 0,5° ± 3,5° Varus. 58% (n=29) der Kurzschäfte wurden neutral implantiert (± 3°), 24% (n=12) varisch (Mittelwert= 5,1° ± 1,4°; Maximum= 8,8° Varus) und 18% (n=9) in valgisch (Mittelwert= 4,6° ± 0,9°; Maximum= 6,2° Valgus). Die postoperative Schaftposition der konventionellen Geradschäften lag im Mittel bei 0,1° ± 1,2°. 98% (n= 49) der Geradschäfte waren neutral implantiert (± 3°), 2% (n=1) waren varisch implantiert (3,3°). Die Unterschiede hinsichtlich der Schaftposition zwischen Kurz- bzw. Geradschäften beschrieben die Autoren als nicht signifikant, obwohl Kurzschäfte eine größere Varianz der Schaftachse aufwiesen (Schmidutz, Beirer et al. 2012). Brinkmann et al. beschrieben Veränderungen der postoperativen Schaftposition anhand 51 implantierter Nanos®- sowie 24 implantierter Metha®-Kurzsschäfte. Bezogen auf die Nanos®-Prothese konnte eine mittlere Zunahme des CCD-Winkels von 129° präoperativ zu 135° postoperativ nachgewiesen werden, hinsichtlich der Metha®-Prothese eine mittlere Abnahme des CCD-Winkels von 131° präoperativ zu 127° postoperativ (Brinkmann, Radetzki et al. 2017).

Damit je nach Ausgangsbefund (Coxa valga / norma / vara) die patientenindividuelle Anatomie rekonstruiert werden konnte, war neben dem femoralen Offset und der Beinlänge auch der CCD-Winkel von Bedeutung. Verändert werden konnte der CCD-Winkel bei Schenkelhalsteilerhaltenden-Systemen über die Resektionshöhe. Gute Ergebnisse hinsichtlich der Rekonstruierbarkeit der individuellen Anatomie, der Patientenzufriedenheit sowie des objektivierbaren funktionellen Outcomes (HHS) fanden sich sowohl bei Varisierung, als auch bei Valgisierung der postoperativen Schaftposition.
Konventionelle Geradschäfte wiesen, verglichen mit Kurzschaftsystemen, eine geringere Varianz der postoperativen Schaftposition auf. Die Indikation zur Implantation einer Kurzschaftprothese sollte daher strenger gestellt werden und der präoperative CCD-Winkel präoperativ in einem Bereich zwischen 120°-145° liegen (Jerosch 2017). Bezogen auf die Schaftposition nach Implantation eines Nanos®- Kurzschaftsystems, korrelierten die Ergebnisse dieser Studie mit denen der Literatur nur bedingt, nicht zuletzt aufgrund der Größe des Patientenkollektivs sowie fehlender Daten zu postoperativen valgischen Schaftpositionen. Die verschiedenen Kurzschaftsysteme untereinander schienen hinsichtlich des Implantationsverhaltens und der daraus resultierenden Schaftposition ebenfalls zu variieren. Trotz größerer Varianz der postoperativen Schaftposition nach Implantation eines Kurzschaftes, konnten in dieser Studie, ebenso wie in der Literatur, die guten Ansätze bzgl. der Rekonstruierbarkeit der präoperativen Schaftachse bzw. der präoperativen Patientenanatomie bestätigt werden.

Das femorale Offset stellte einen weiteren wichtigen Faktor bei der Rekonstruktion der individuellen Anatomie sowie der Biomechanik dar. Das femorale Offset der insgesamt 54 implantierten Nanos® - Kurzschaftendoprothesen betrug präoperativ im Mittel 45,1 ± 7,0 mm (27 – 56 mm). Postoperativ betrug das femorale Offset im Mittel 43,3 ± 6,4 mm (29 – 60 mm) und zeigte somit in der Gesamtheit eine durchschnittliche Verkleinerung des femoralen Offset von 1,8 ± 5,8 mm (-10 bis 14 mm).
Die Rekonstruktion des Offsets war essentieller Bestandteil des Erhalts des Hebelarmes der Muskelkraft der Abduktoren des Hüftgelenkes und somit der Hüftgelenksstabilität.
Laut McGrory et al. hatte eine Vergrößerung des femoralen Offsets mit gleichzeitiger Verlängerung des Hebelarms sowie des Winkels der Abduktoren eine größere Abduktionsfähigkeit (ROM) im Hüftgelenk, eine gesteigerte Muskelkraft der Abduktoren und eine Reduktion der auf das Hüftgelenk wirkenden Kräfte zur Folge (McGrory, Morrey et al. 1995). Die dadurch erhöhte Spannung des Weichteilgewebes hatte ein geringeres Risiko eines Impingements sowie einer Instabilität bzw. einer Luxation zur Folge (Schmidutz, Beirer et al. 2012, Sculco, Cottino et al. 2016). Beeinträchtigungen der Osseointegration der Prothesen sowie vermehrte Biegebelastungen, besonders im medial-proximalen Teil des knöchernen Femur, konnten bei einer Vergrößerung des femoralen Offset nicht nachgewiesen werden (Davey, O'Connor et al. 1993). Sakalkale et al. beschrieben das Auftreten von Abnutzungserscheinungen des Polyethylens der implantierten Prothesen aufgrund einer Veränderung des femoralen Offset bei einem mittleren follow-up von 5,7 Jahren. Sie stellten fest, dass bei signifikanter Offset-Vergrößerung ein erhöhtes Risiko für eine Polyethylen-Abnutzung bestand (Sakalkale, Sharkey et al. 2001). Zeh et al. konnten bei 25 implantierten Nanos®-Kurzsschäften, ebenso wie Brinkmann et al. bei 26 Nanos®- und 24 Metha®-Kurzsschäften, keine signifikanten Unterschiede zwischen dem präoperativen und postoperativen femoralen Offset feststellen. (Zeh, Pankow et al. 2013, Brinkmann, Radetzki et al. 2017). Verschiedene Autoren postulierten, dass eine Reduktion des femoralen Offset eine Verkürzung des Hebelarmes der Abduktoren-Muskulatur zur Folge hatte, die letztlich zu einer verringerten Muskelkraft führte, ein erhöhtes Instabilitäts- bzw. Luxationsrisiko bedingte sowie das Auftreten eines pathologischen Gangbildes im Sinne eins Trendelenburg-Hinkens förderte (Lindgren and Rysavy 1992, McGrory, Morrey et al. 1995). Rüdiger et al. stellten fest, dass eine Reduktion des Offsets um 20% des Ausgangswertes eine Abnahme der Muskelkraft der Abduktoren um 15% bedingte (Rudiger, Parvex et al. 2016).

Kutzner et al. beschrieben nach Implantation von 114 Optimys®-Kurzsschäften insgesamt eine mittlere femorale Offset-Vergrößerung von 2,1 mm ± 5,8 mm (Kutzner, Kovacevic et al. 2015).

Amenabar et al. wiesen für 147 implantierte Nanos®-Kurzschaftendoprothesen, verglichen mit der nicht-operierten Gegenseite, eine statistisch signifikante (p= 0,043) mittlere Offset-Vergrößerung von 0,6 mm nach. Das femorale Offset der operierten Seite betrug postoperativ im Mittel 43,2 mm (38,8 mm – 49,2 mm), das der nicht-operierten Seite 42,6 mm (38,0 mm – 48,8 mm)(Amenabar, Marimuthu et al. 2015). Ettinger et al. konnten im Rahmen einer Untersuchung von 202 implantierten Nanos®-Kurzsschäften keine signifikanten Veränderungen des Offsets feststellen.
Der Mittelwert des Offsets präoperativ betrug 109,3 $\pm$ 11,9 mm (80,9 mm – 131,6 mm), der des postoperativen Offsets 109,7 $\pm$ 12,3 mm (79,7 mm – 155,6 mm)(Ettinger, Ettinger et al. 2013). Höhle et al. beschrieben nach Implantation von 162 Metha®- sowie 35 Mayo®-Kurzsschäften bei insgesamt 191 Patienten eine mittlere Offset-Reduktion um 0,7 mm. In der Gesamtheit betrug das femorale Offset präoperativ im Mittel 36 mm $\pm$ 7,1mm und postoperativ im Mittel 35,3 mm $\pm$ 7,4 mm (Hohle, Schroder et al. 2015). Cassidy et al. untersuchten 249 Patienten nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz nach einem Jahr follow-up. Die Veränderungen des Offsets der operierten und der nicht operierten Gegenseite wurden miteinander verglichen und anschließend in drei Gruppen kategorisiert. In 31 Fälle wurde eine Reduktion des Offsets (> -5 mm) beschrieben, in 163 Fällen ein „normales“ Offset (zwischen -5 mm und +5 mm) und in 55 Fällen eine Vergrößerung des Offsets (> +5 mm). Das femorale Offset der operierten Seite betrug im Mittel 42,1 mm, verglichen mit einem mittleren Offset von 41,2 mm der kontralateralen Seite. Die jeweiligen Patienten der drei Gruppen wurden gebeten den Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Indey (WOMAC) Fragebogen zu beantworten, der aus drei Domänen bestand (Schmerz, Steifigkeit, körperliche Funktion), von denen jede jeweils mit 0-100 Punkten gewertet wird (0= sehr schlecht, 100= sehr gut). Die Gruppe der Patienten mit reduziertem Offset (< - 5 mm) erzielte in Bezug auf Schmerz, Steifigkeit und Funktion im Mittel 86,5 $\pm$ 22,02, 69,35 $\pm$ 26,19 sowie 72,03 $\pm$ 24,67 Punkte. Die Gruppe des unveränderten Offset (zwischen - 5 mm und + 5 mm) konnte bzgl. der genannten Parameter 91,69 $\pm$ 14,77, 75,39 $\pm$ 23,14 sowie 83,23 $\pm$ 18,64 Punkte erzielen und die Gruppe des vergrößerten Offsets (> + 5 mm) 92,87 $\pm$ 12,87, 68,29 $\pm$ 26,34 sowie 79,51 $\pm$ 20,40 Punkte. Bei „normalem“ sowie vergrößertem Offset wurden die besten Ergebnisse erzielt (Cassidy, Noticewala et al. 2012).
Sariali et al. und Rüdiger et al. untersuchten in ihren jeweiligen Studien die Auswirkungen auf das Gangbild bzw. auf das Bewegungsausmaß des Hüftgelenkes bei Reduktionen des femoralen Offsets. Sariali et al. stellten bei der Untersuchung von 14 Patienten, die jeweils mit einem SPS-Modular-Schaft (Fa. Symbios, Yverdon-les-Bains, Schweiz) versorgt wurden, fest, dass eine Offset-Reduktion um 6-12 mm das Gangbild beeinflusste und zu Limitationen in der ROM führte.

Die Patienten zeigten bei 60 Metern Gehstrecke ein in der Geschwindigkeit reduziertes Mitschwingen des operativ-versorgten Beines, sowie eine reduzierte Beweglichkeit in Hüft- und Kniegelenk bzgl. Extension und Flexion. Die Messung erfolgte mithilfe von Bewegungssensoren an beiden unteren Extremitäten (Sariali, Klouche et al. 2014).

Veränderungen des femoralen Offsets nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese waren von verschiedenen Faktoren abhängig. Nicht nur Art und Größe des verwendeten Implantates, sondern auch Veränderungen des horizontalen Drehzentrums im Sinne einer Medialisierung / Lateralisierung hatte Einfluss auf das femorale Offset (Jerosch 2013). In dieser Arbeit fand sich in zwei Fällen eine maximale Reduktion des Offsets um jeweils 10 mm und in einem Fall eine maximale Vergrößerung des Offsets um 14 mm. Bei diesen Patienten konnte der Offset-Veränderung durch oben-genannten Veränderung des Drehzentrums entgegengewirkt werden, sodass die „reale“ Offset-Reduktion 3 mm bzw. 4 mm und die „reale“ Offset-Vergrößerung 2 mm betrug. Eine Empfehlung Offset-Veränderungen in einem Bereich von -5 mm bis zu +5 mm anzustreben kann aufgrund der bereits erwähnten Vor- bzw. Nachteile erwogen werden. Das Offset wurde in dieser Arbeit in der Gesamtheit um durchschnittlich 1,8 mm reduziert. Im Gesamtkollektiv der 54 Nanos® -Kurzschäfte konnte weder ein Luxationsereignis, noch ein Implantat-Versagen dokumentiert werden.

Der Mittelwert der ROM-Kategorie des HHS betrug insgesamt 5 $\pm$ 0,1 Punkte, von 5 maximal erreichbaren Punkten. Ein Trendelenburg-Hinken oder eine Impingement-Symptomatik konnten bei keinem Patienten nachgewiesen werden.

Die postoperative Veränderung des Hüftdrehzentrums stellte ebenfalls einen wichtigen Parameter bzgl. der Rekonstruktion der Hüftgelenksanatomie dar. Untersucht wurden Auswirkungen auf die Biomechanik des Hüftgelenkes nach Medialisierung-Lateralisierung bzw. Kranialisierung-Kaudalisierung des Drehzentrums. Das horizontale Drehzentrum wurde insgesamt um durchschnittlich 0,7 mm (-13 bis 10 mm) lateralisiert, das vertikale Drehzentrum insgesamt um durchschnittlich 1,4 mm (-6 bis 5 mm) kranialisiert.

Amenabar et al. beschrieben die postoperative Lage des Drehzentrums nach Implantation von 147 Nanos®-Kurzschäften, verglichen mit der kontralateralen nicht-operierten Gegenseite. Die Autoren konnten im Rahmen der Nachuntersuchung insgesamt eine durchschnittliche Kranialisierung des vertikalen Drehzentrums um 0,4 mm feststellen, sowie eine durchschnittliche Medialisierung des horizontalen Drehzentrums um 1,4 mm (Amenabar, Marimuthu et al. 2015). Brinkmann et al. konnten nach Implantation von 26 Nanos®- bzw. 24 Metha®-Kurzschäften, verglichen mit dem präoperativen Zustand, postoperativ keine signifikante Veränderung der Drehzentren beider Ebenen nachweisen (Brinkmann, Radetzki et al. 2015).

Bjarnason et al. untersuchten postoperative Veränderungen der Drehzentren nach Implantation von insgesamt 73 Geradschäften. In 40 der 73 Fälle befand sich das Drehzentrum sowohl medio-lateral, als auch kranio-kaudal innerhalb eines 5 mm Radius. Die Autoren beschrieben bei Überschreitung dieses Grenzwertes bei den übrigen Patienten ein vermehrtes Auftreten von Schmerzen sowie Funktionseinschränkungen im Bereich des neuen Kunstgelenkes. Schmidutz et al. verglichen die postoperative Lage des Drehzentrums von 50 implantierten Kurzschäften (Metha®-Kurzschaft) mit der Lage des Drehzentrums von 50 implantierten Geradschäften (CR-Schaft, Fa. Implantcast, Buxtehude, D). Verglichen mit der kontralateralen, nicht-operierten Gegenseite wurde das horizontale Drehzentrum im Durchschnitt insgesamt um 2,2 mm (Kurzschaft) bzw. 1,1 mm (Geradschaft) medialisiert, das vertikale Drehzentrum insgesamt um durchschnittlich 2,4 mm (Kurzschaft) bzw. 2,3 mm kranialisiert (Geradschaft). Signifikante Unterschiede zwischen Kurz-bzw. Geradschäften in Bezug auf die Rekonstruierbarkeit der patientenindividuellen Hüftanatomie bzw. des Hebelarms der Abduktoren-Muskulatur konnten nicht festgestellt werden (Schmidutz, Beirer et al. 2012).

Die in der Literatur formulierte These eines postoperativ häufig unveränderten vertikalen Drehzentrums konnte anhand der Ergebnisse dieser Arbeit bestätigt werden. Hinsichtlich des horizontalen Drehzentrums war, wie bereits im Rahmen der Diskussion des femoralen Offsets beschrieben, eine Veränderung dessen immer in Abhängigkeit zu der Veränderung des femoralen Offsets zu betrachten. Der bereits beschriebenen großen Varianz der Offset-Veränderung bei drei Patienten, konnte durch entsprechende Medialisierung bzw. Lateralisierung des horizontalen Drehzentrums entgegengewirkt werden, um den Hebelarm der Abduktoren-Muskulatur der Hüfte zu erhalten. Unter Beachtung beider sich bedingender Parameter, dem femoralen Offset sowie dem medio-lateralen bzw. kranio-kaudalen Drehzentrum, konnte mithilfe des Nanos®-Kurzschaftes die Rekonstruktion der patientenindividuellen Anatomie des Hüftgelenkes gewährleistet werden.

Bezüglich der Langzeitstabilität der Kurzschäfte wurden die radiologischen Aufnahmen jedes einzelnen Kurzschaftes auf das Vorhandensein radioluzenter Linien in den Zonen 1 – 7 nach Gruen untersucht (Gruen, McNeice et al. 1979). In dieser Studie wurden radioluzente Linien bei zwei Schäften in Zone 1 sowie bei acht Schäften in Zone 7 nach Gruen nachgewiesen. Das durchschnittliche follow-up betrug 97,8 Monate. Klinisch konnten keine Implantat-Lockerungen nachgewiesen werden. Keiner der insgesamt 54 Nanos®-Kurzschäfte musste revidiert werden.

Zhang et al. postulierten, dass aseptische Lockerungen eine der drei häufigsten Ursachen einer notwendigen Revisionsoperation waren.

Unter 215 revidierten Prothesenschäften waren aseptische Lockerungen (31,6%; n=86), neben Infektionen (50,7%; n= 109), Prothesen-Disklokationen (8,8%; n=19), periprothetischen Frakturen (3,7%; n=8), Implantat-Versagen (2,3%; n=5), periartikulären Ossifikationen (1,4%; n= 3) sowie Abnutzungserscheinungen des Polyethylens (0,9%; n=2), für etwa ein Drittel der Revisionen verantwortlich (Zhang, Zheng et al. 2014). Auch Melvin et al. stellten fünf Jahre nach Implantation von 1168 Hüftendoprothesen fest, dass aseptische Lockerungen (29%; n=82) des Prothesenschaftes eine der häufigsten Ursachen einer notwendigen Revisionsoperation darstellten (Melvin, Karthikeyan et al. 2014).

Ettinger et al. konnten nach einem mittleren follow-up von 5,2 $\pm$ 0,7 Jahren bei 72 implantierten Nanos®-Kurzschäften in zwei Fällen RL in Zone sieben nach Gruen nachweisen (Ettinger, Ettinger et al. 2011). Zeh et al. untersuchten Veränderungen der Knochendichte etwa ein Jahr nach Implantation bei 25 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen. Knochendichtemessungen zeigten Abnahmen der Knochendichte in den Zonen 1 (15%, zwei (5%) und 7 (12%) (Zeh, Pankow et al. 2013). Brinkmann et al. beschrieben nach Implantation von 51 Nanos®- bzw. 24 Metha®-Kurzschäften in insgesamt 33 Fällen RL nach. Abnahmen der Knochendichte zeigten sich ebenfalls in Zone 1 (13%) und Zone 7 (7,8%) (Brinkmann, Radetzki et al. 2017). Yan et al. analysierten die Ergebnisse aus insgesamt 16 Studien. Diese Metaanalyse enthielt neben den Daten verschiedener Kurzschäfte (Nanos®n=2, mittleres follow-up: 12 Monate; Fitmore®n=2, mittleres follow-up: 12 Monate; CFP®n=1, mittleres follow-up: 24 Monate; Metha®n=5, mittleres follow-up: 21,6 Monate) auch die Daten verschiedener Geradschäfte (CLS®n=4, mittleres follow-up: 48 Monate; Bicontact®n=2, mittleres follow-up: 18 Monate). Auch hier fand sich die größte prozentuale Abnahme der Knochendichte in Zone 1 bzw. Zone 7 nach Gruen (Yan, Weber et al. 2017).

Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigten das bereits in der Literatur beschriebene häufige Auftreten RL in den Zonen 1 und 7 nach Gruen. Die proximale Krafteinleitung und die daraus resultierenden Mikrobewegungen des Prothesenschaftes, ebenso wie die in den ersten Monaten nach Operation noch nicht abgeschlossene Osseointegration des Prothesenschaftes galten als Ursachen des Auftretens radioluzenter Linien. Im Rahmen der Nachuntersuchung konnte keine Progredienz der beschriebenen radioluzenten Linien festgestellt werden, sodass ein langfristiges Langzeitüberleben des Nanos®-Kurzschaftes postuliert werden konnte.

Um die Langzeitstabilität des Nanos®-Kurzschaftes weiter evaluieren zu können, wurde anhand radiographischer Kontrolluntersuchungen ein mögliches longitudinales Migrationsverhalten des Kurzschaftes, ebenso wie eine mögliche Schaft-Neigung untersucht. Diese Untersuchungen fanden im Durchschnitt an dem dritten postoperativen Tag, sowie nach 3,7 bzw. 97,8 Monaten postoperativ statt.

Die Distanz des Prothesenschaftes zum Trochanter minor betrug zu diesen Zeitpunkten im Mittel 58,7 ± 3,8 mm, 57,4 ± 4,1 mm und 57,1 ± 4,1 mm. Es zeigte sich ein statistisch signifikantes, aber klinisch nicht relevantes Einsinken des Prothesenschaftes um durchschnittlich 1,3 mm in den ersten Monaten nach der Operation. Der CCD-Winkel veränderte sich nicht.

Brinkmann et al. untersuchten mögliche Schaftmigrationen und Schaft-Neigungen bei 51 Nanos®- bzw. 24 Metha®-Kurzschäften am fünften Tag sowie 98 bzw. 382 Tage nach der Operation. Die Autoren konnten nachweisen, dass der Schaft zum Zeitpunkt der zweiten follow-ups, verglichen mit dem Zeitpunkt der ersten follow-ups, um etwa 1,5 mm im Mittel eingesunken war (Messstrecke FU1 = 53,4 ± 7,4mm; FU2 = 54,8 ± 7,8 mm). Zum Zeitpunkt des dritten follow-ups konnte keine Progredienz der longitudinalen Migration nachgewiesen werden (FU3 = 54,9 ± 8,0 mm). Eine signifikante Veränderung des CCD-Winkels von 129° ± 7° zu 135° ± 7° postoperativ (Nanos®) sowie von 131° ± 7° zu 127° ± 6° postoperativ (Metha®) konnte nachgewiesen werden. Klinisch relevante Auswirkungen der Veränderung des CCD-Winkels auf die Knochendichte wurden nicht beschrieben (Brinkmann, Radetzki et al. 2017). Budde et al. untersuchten das Migrationsverhalten nach Implantation von 14 Nanos®-Kurzschäften, drei, sechs, zwölf und 24 Monate postoperativ und beschrieben innerhalb der ersten drei Monate nach Implantation ein Einsinken des Schaftes um durchschnittlich 0,40 ± 0,34 mm. Relevante Veränderungen des CCD-Winkel (0,8 ± 3,2°) wurden nicht beschrieben (Budde, Seehaus et al. 2016). Anhand von periprothetischer Knochendichtemessungen nach Implantation konventioneller Geradschäfte konnten Parchi et al. nachweisen, dass der Knochenumbau bzw. die Osseointegration nach sechs bis zwölf Monaten abgeschlossen (Parchi, Cervi et al. 2014).

Vergleichbare Ergebnisse konnten auch in dieser Studie dokumentiert werden. Festzustellen war, dass eine initiale Migration des Prothesenschaftes innerhalb der ersten drei Monate postoperativ auftrat, ehe die Osseointegration des Prothesenschaftes abgeschlossen war und sich der Schaft dadurch sekundär stabilisierte. Eine fehlende Progredienz der longitudinalen Migration des Kurzschaftes konnte als Indikator einer suffizienten Langzeitstabilität des Nanos®-Kurzschaftes gewertet werden.

Periartikuläre Ossifikationen können grundsätzlich an jedem Gelenk auftreten und stellen im Rahmen der Hüft-Endoprothetik eine häufige Komplikation dar. Eine Theorie zur Pathophysiologie heterotoper Ossifikationen stellte die Differenzierung mesenchymaler Stammzellen zu Osteoblasten dar, die im Rahmen der operativen Rekonstruktion des Hüftgelenkes und des damit verbundenen Weichteiltraumas durch verschiedene osteoinduktive Wachstumsfaktoren angeregt wurde (Balboni, Gobezie et al. 2006).

In dieser Studie konnten in der Gesamtheit der 54 implantierten Nanos®-Kurzschäfte periartikuläre Ossifikationen in Stadium 1 (n= 5; 9,3%), Stadium 2 (n= 4; 7,4%) sowie Stadium 3 (n=2; 3,7%) nachgewiesen werden. Die drei jeweils beidseitig operierten Patienten wiesen keine PAO auf. Zur Prophylaxe heterotoper Ossifikationen erhielten die Patienten zehn Tage lang, jeweils morgens, mittags und abends 25 mg Indometacin.

Wittenberg et al. beschrieben, nach einem follow-up von fünf Jahren bei insgesamt 250 implantierten Metha®-Kurzschaftsystemen, das Auftreten heterotoper Ossifikationen in den Stadien 1 (6,9%) und 2 (1,3%) nach Brooker (Wittenberg, Steffen et al. 2013). Thorey et al. konnten nach Implantation von 151 Metha®-Kurzschaftsystemen in jeweils einem Fall eine PAO in Stadium 1 bzw. 2 nachweisen (Thorey, Hoefer et al. 2013). In einer Arbeit von Ettinger et al. über 202 implantierte Nanos®-Kurzschäfte, fanden sich in 14 Fällen heterotope Ossifikationen (Ettinger, Ettinger et al. 2013). Kutzner et al. dokumentierten nach einem follow-up von zwei Jahren bei 216 implantierten Kurzschäften trotz medikamentöser Prophylaxe das Auftreten einer PAO bei insgesamt 16 Fällen (7,8%). Eine PAO nach Stadium 3 bzw. 4 konnten in jeweils einem Fall nachgewiesen werden (Kutzner, Hechtner et al. 2017). Brinkmann et al. berichteten über das Auftreten periartikulärer Ossifikationen zwölf Monate nach Implantation von 24 Metha®- und 26 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen. In der Gruppe der Metha®-Kurzschäfte konnten periartikuläre Ossifikationen in Stadium 1 (n= 4) und in Stadium 2 (n= 1) nach Brooker nachgewiesen werden, in der Nanos®-Gruppe ebenfalls in den Stadien 1 (n= 1) und 2 (n= 1) (Brinkmann, Radetzki et al. 2015). Die Ergebnisse dieser Arbeit korrelierten mit denen in der Literatur beschriebenen Ergebnissen zum Auftreten einer PAO nach Implantation einer Kurzschaftendoprothese.

Nicht nur das Ausmaß des Weichteiltraumas, sondern auch der operative Zugangsweg schien einen Einfluss auf das Auftreten einer PAO zu haben. Hürlimann et al. beschrieben bei einem Vergleich zwischen vier verschiedenen operativen Zugangsmöglichkeiten ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer PAO bei einer lateralen bzw. anterolateralen Vorgehensweise verglichen mit einem posterioren Zugang (Hurlimann, Schiapparelli et al. 2017).

Ebenso schienen Patienten, die nach endoprothetischer Versorgung des Hüftgelenkes der Gegenseite bereits eine PAO entwickelt hatten, ein höheres Risiko rezidivierender PAO zu haben als Patienten mit erstmaliger operativer Versorgung (Eggli and Woo 2001, Balboni, Gobezie et al. 2006, Biz, Pavan et al. 2015). Die Gabe eines nicht-steroidalen Antirheumatikums sieben bis zehn Tage nach der Operation, sowie eine einmalige Radiation prä- bzw. postoperativ zur Prävention einer PAO scheint ebenfalls einen protektiven Effekt zu haben (Kutzner, Hechtner et al. 2017).

Trotz minimalinvasiver Implantationstechnik, der Gabe einer medikamentösen Prophylaxe und dem Bestreben der weichteilschonenden Operation, stellten heterotope Ossifikationen eine häufige Komplikation nach endoprothetischer Versorgung des Hüftgelenkes dar.

5.5 Abhängigkeit von Parametern

Die einzelnen Parameter wurden initial isoliert betrachtet. Im Folgenden wurde die Abhängigkeit verschiedener Parameter voneinander betrachtet, beginnend mit der Abhängigkeit des BMI von subjektiven (Einschätzung zu Schmerz und Funktion) bzw. objektivierbaren (HHS, FJS) Indikatoren der Patientenzufriedenheit.

Arsoy et al. verglichen das postoperative Gesamtergebnis im HHS von 42 „super-adipösen" Patienten (Fallgruppe, BMI durchschnittlich 53,2 kg/m^2) mit dem von 84 Patienten (Kontrollgruppe, BMI durchschnittlich 26,0 kg/m^2). Das follow-up betrug durchschnittlich 5,2 Jahre. Postoperativ wurde ein durchschnittliches Gesamtergebnis im HHS von 74,9 $\pm$ 16,5 Punkten (Fallgruppe) bzw. von 89,6 $\pm$ 14,0 Punkten (Kontrollgruppe) beschrieben. In den einzelnen Teilkategorien des HHS wurden signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt. Bzgl. der Kategorie Schmerz wurde kein signifikanter Unterschied beschrieben. 90% der Fälle bzw. 89% der Kontrollen gaben keine bzw. lediglich leichte Schmerzen an. Die Autoren beschrieben allerdings eine signifikant höhere Komplikationsrate innerhalb der Fallgruppe. Beschrieben wurden vor allem Wundheilungsstörungen, Wundinfektionen sowie Implantat-Dislokationen im postoperativen Verlauf (Arsoy, Woodcock et al. 2014).

Wagner et al. untersuchten das Auftreten postoperativer Komplikationen sowie die Überlebensrate der Implantate bei insgesamt 21.361 Prothesen (17.774 Patienten) in einem Zeitraum zwischen 1985 und 2012. Der durchschnittliche BMI des gesamten Patientenkollektivs betrug 28,7 kg/m^2 (15-69 kg/m^2). Die Autoren beschrieben eine signifikant höhere Komplikationsrate (Wundinfektionen, tiefe periprothetische Infektionen, Implantat-Dislokationen) bei Patienten mit einem BMI von über 25,0 kg/m^2. Eine Korrelation zwischen steigendem BMI und einer steigenden Rate an Revisionen aufgrund aseptischer Lockerungen oder mechanischem Implantat-Versagen konnte nicht beschrieben werden (Wagner, Kamath et al. 2016).

Issa et al. untersuchten anhand einer Fall-Kontroll-Studie ebenfalls den Einfluss des BMI auf das klinische Outcome nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz.

Sie verglichen die Daten von 20 „super-adipösen“ Patienten (BMI: $>$ 50 kg/m^2) (23 implantiere Prothesen) der Fallgruppe mit denen von 40 normalgewichtigen Patienten (BMI: $<$ 25 kg/m^2) (46 implantierte Prothesen) der Kontrollgruppe. Das follow-up betrug im Mittel 36 Monate. Ein signifikanter Unterschied bzgl. der Implantat-Überlebensrate der Fälle (96%) verglichen mit der der Kontrollen (100%) konnte nicht festgestellt werden. Im HHS zeigte sich jedoch ein signifikant niedrigeres durchschnittliches Gesamtergebnis von 84 Punkten (Fälle) verglichen mit 91 Punkten (Kontrollen) (Issa, Wohl et al. 2013). Eine spätere Arbeit von Issa et al. beschäftigte sich erneut mit dem Vergleich des klinischen Outcomes zweier Kohorten nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese bezogen auf den BMI. Die Studie schloss, bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 6 Jahren, 45 Patienten (48 Prothesen) mit einem BMI von über 50 kg/m^2 und 135 Patienten mit einem BMI von maximal 30 kg/m^2 ein. Der Unterschied bzgl. der im Mittel erzielten Gesamtergebnisse des HHS war signifikant und betrug durchschnittlich 82 Punkte in der Gruppe der super-adipösen sowie durchschnittlich 91 Punkte in der Gruppe der Normalgewichtigen (Issa, Harwin et al. 2016).

Die Auswirkungen der Adipositas auf das postoperative Outcome nach Geradschaftes-Implantation wurde in der Literatur bereits diskutiert. Vergleichbare Daten in Bezug auf die Kurzschaftendoprothetik fehlten. Chammai et al. untersuchten die Folgen der Adipositas bzgl. des postoperativen Outcomes zweier Kohorten nach Implantation des Metha®-Kurzschaftsystems. Die erste Kohorte bestand aus 34 Patienten (41 Prothesen) mit einen durchschnittlichen BMI von 35,22 kg/m^2 (30,02 – 57,79 kg/m^2). Die zweite Kohorte enthielt 36 Patienten (41 Prothesen) mit einem durchschnittlichen BMI von 26m,15 kg/m^2 (23,25 – 28,72 kg/m^2). Die im Durchschnitt erzielten Gesamtergebnisse des HHS betrugen in der ersten Kohorte 87,54 Punkten (56 – 100), in der zweiten Kohorte 92,49 Punkten (25-100) und stellten einen signifikanten Unterschied dar. Die Überlebensraten nach 50 Monaten waren mit etwa 96% innerhalb beider Kohorten identisch (Chammai and Brax 2015).

Die Auswirkungen der Adipositas auf das postoperative Outcome nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz waren in der Literatur bereits Gegenstand umfangreicher sowie kritischer Diskussion. Vordergründlich schien eine vermehrte mechanische Belastung auf das Implantat und das umgebende Femur eine erhöhte Rate an aseptischen Lockerungen, Implantat-Dislokationen sowie Weichteil-Komplikationen zu bedingen. Eine derartige Korrelation konnte in dieser Studie klinisch sowie radiographisch nicht bestätigt werden.

Die aktuelle Literatur wertete die Adipositas per se nicht als Risikofaktor der Entstehung einer PAO (Eggli and Woo 2001, Zhu, Zhang et al. 2015). Ein tendenziell häufigeres Auftreten einer PAO bei Patienten mit einem BMI > 25 kg/m^2 konnte in dieser Studie dargestellt werden.

Ursächlich könnte das größere Weichteiltrauma im Rahmen der Operation bei diesen eine Rolle für die Entstehung einer solchen PAO spielen.
In Bezug auf das subjektive (Schmerz; Funktion) bzw. objektivierbare (HHS; ROM) klinische Outcome konnten in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen normalgewichtigen bzw. adipösen Patienten dargestellt werden. Die Ergebnisse bzgl. der genannten Parameter waren für beide Gruppen vergleichbar. Eine Divergenz des klinischen Outcomes zwischen normalgewichtigen und adipösen Patienten, wie sie beispielsweise Chammai et al. beschrieben, wurde nicht bestätigt. Kritisch anzumerken waren aber sowohl das geringe Patientenkollektiv dieser Studie, als auch das Fehlen weiterer langfristiger Ergebnisse nach Implantation eines Kurzschaftes.

Untersucht wurde weiterhin der Einfluss einer postoperativen Beinlängenveränderung in Bezug auf das klinische Outcome bzw. die Patientenzufriedenheit. In vielen Publikationen (s. Kapitel 5.4) wurden Veränderungen der Beinlänge um mehr als einen Zentimeter als Ursache funktioneller Beschwerden im Sinne eines veränderten Gangbildes oder eines LWS-Syndroms beschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit wurde keine Veränderungen der Beinlänge um mehr als einen Zentimeter detektiert (Maximalwerte: -8 mm bis +8 mm).
Iversen et al. beschrieben nach Implantation von insgesamt 638 Hüft-Totalendoprothesen und einem follow-up von sechs Jahren in 32% der Fälle eine Veränderung der Beinlänge. 68% wiesen eine unveränderte Beinlänge auf. Das durchschnittliche HHS-Gesamtergebnis bei veränderter Beinlänge betrug 83 Punkte, bei unveränderter Beinlänge 92 (Iversen, Chudasama et al. 2011). Whitehouse et al. analysierten die Daten von 191 Patienten nach einem Zeitraum von durchschnittlich 3,8 Jahren (3,3 – 4,9) und berichteten in 8,9% der Fälle von einer Verkürzung der Beinlänge (0-5 mm, n= 15; 5-10 mm, n= 2), in 0,5% der Fälle von einer unveränderten und in 90,6% der Fälle von einer Verlängerung der Beinlänge (0-5 mm, n= 63; 5-10 mm, n= 69; $>$ 10 mm, n= 41). Das mittlere Gesamtergebnis im Oxford Hip Score betrug 41/48 Punkte. Signifikante Unterschiede hinsichtlich des objektivierbaren funktionellen Outcomes konnten sowohl bei veränderter, als auch unveränderter Beinlänge nicht festgestellt werden (Whitehouse, Stefanovich-Lawbuary et al. 2013).
Zhang et al. untersuchten den Einfluss einer postoperativen Beinlängenveränderung bei insgesamt 92 Patienten bezogen auf das Gesamtergebnis des HHS. Die Patienten der Studie wurden dabei in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe A enthielt Patienten mit einer Beinlängenveränderung um weniger als 10 mm, Gruppe B diejenigen mit einer Veränderung zwischen 10 – 20 mm und Gruppe C diejenigen mit einer Veränderung der Beinlänge um mehr als 20 mm. Nach einem follow-up von sechs Monaten zeigte sich eine mittlere HHS-Gesamtpunktzahl von 81,2 $\pm$ 6,5 Punkten (Gruppe A), von 73,3 $\pm$ 4,8 Punkten (Gruppe B) und von 71 und 69 Punkten (Gruppe C).

Ein Jahr postoperativ wurde eine mittlere HHS-Gesamtpunktzahl von 82,1 ± 6,5 Punkten (Gruppe A), 80,4 ± 4,7 Punkten (Gruppe B) sowie von 75 und 74 Punkten (Gruppe C) festgestellt. Die Autoren schlussfolgerten, dass sich bereits Veränderungen der Beinlänge um einen Zentimeter auf das objektivierbare, funktionelle postoperative Outcome auswirkten (Zhang, He et al. 2015). Benedetti et al. dokumentierten die Ergebnisse einer Ganganalyse bei 20 Patienten nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz. Das follow-up betrug insgesamt 16 Monate. Die Autoren postulierten, dass eine postoperative Veränderung der Beinlänge um 1-20 mm nicht zwangsläufig biomechanische Auswirkungen auf das Gangbild bzw. das Treppensteigen hatte. Die Entscheidung zu einer Absatzerhöhung im Sinne eines Ausgleiches sollte individuell getroffen werden und nicht verpflichtend sein (Benedetti, Catani et al. 2010).
In der Literatur wurden verschiedene, mögliche Grenzen einer maximalen Beinlängenveränderung diskutiert, anhand derer Auswirkungen auf die Patientenzufriedenheit bzw. die Biomechanik beobachtet werden konnten. Die besten subjektiven (FJS) bzw. objektivierbaren (HHS) Ergebnisse bzgl. der Patientenzufriedenheit wurde bei Beinlängenveränderungen um maximal einen Zentimeter beschrieben. Die Daten dieser Arbeit stützen diese These, obwohl Veränderungen der Beinlänge um mehr als einen Zentimeter und deren potentielle Auswirkung auf o.g. Parameter nicht ausgeschlossen werden konnten. Die Auswertung der Daten größerer Patientenkollektive blieb abzuwarten.

Untersucht wurden ebenfalls Veränderungen der postoperativen Schaftposition und deren mögliche Auswirkung auf die Patientenzufriedenheit. Im Rahmen dieser Studie konnte innerhalb des Patientenkollektives kein valgisch implantierter Kurzschaft detektiert werden. Die im Durchschnitt um 3,1° varisierte Schaftposition zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Patientenzufriedenheit (HHS). Eine statistisch signifikante, axiale Migration des Prothesenschaftes konnte bei einer Varisierung zwar nachgewiesen werden, blieb aber ohne jegliche klinische Relevanz bzgl. o.g. Komplikationen.
Kutzner et al. beschrieben die Auswirkungen einer Veränderung der postoperativen Schaftachse bzgl. der Patientenzufriedenheit (HHS), indem sie die Daten zu 216 implantierten optimys®-Kurzschaftendoprothesen (162 Patienten) analysierten. Das gesamte Patientenkollektiv wurde anhand des postoperativ-gemessenen CCD-Winkels in fünf Gruppen eingeteilt. In Gruppe A betrug der gemessene CCD-Winkel < 124,9°, in Gruppe B 125° – 129,9°, in Gruppe C 130° - 134,9°, in Gruppe D 135° - 139,9° und in Gruppe E > 140°. Die Schaftpositionen der jeweiligen Gruppen veränderten sich im Durchschnitt um −0,16° (A), + 0,37° (B), + 0,48° (C), + 0,01° (D) und + 0,86° (E).

Die durchschnittlich-erzielten Gesamtergebnisse des HHS betrugen in Gruppe A von 96,8 (± 9.2), in Gruppe B von 98,1 (± 4.6), in Gruppe C von 98,6 (± 3.5), in Gruppe D von 97,8 (± 4.8) und in Gruppe E von 97,9 Punkten (± 2.5). Die Autoren konnten hinsichtlich einer Varisierung / Valgisierung keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Patientenzufriedenheit feststellen. Trotzdem konnte im Rahmen einer intraoperativen Valgisierung nach einem follow-up von zwei Jahren eine axiale Migration des Prothesenschaftes nachgewiesen werden, die für die genannten Gruppen jeweils 1,2 mm (A), 1,02 mm (B), 1,44 mm (C), 1,5 mm (D) und 2,62 mm (E) betrug. Obwohl das klinische Outcome (Langzeitüberleben der Prothese, periprothetische Frakturen, vermehrtes „stress-shielding“) dadurch nicht beeinflusst wurde, empfahlen die Autoren regelmäßige klinische Kontrolluntersuchungen valgisch implantierter Prothesenschäfte (Kutzner, Freitag et al. 2017).
Trotz einiger Limitationen dieser Studie, wie der Größe des Patientenkollektivs sowie des Fehlens der Daten zu valgisch implantierten Kurzschäften, konnte nachgewiesen werden, dass mithilfe des Nanos®-Kurzschaftes die patientenindividuelle Schaftachse, verglichen mit dem präoperativen Zustand, suffizient wiederhergestellt werden konnte. Eine Empfehlung zur digitalen präoperativen Planung zur Auswahl eines geeigneten Implantates unter Berücksichtigung des individuellen CCD-Winkels konnte ausgesprochen werden (Kutzner, Pfeil et al. 2017).

Eine statistisch signifikante Auswirkung auf die Patientenzufriedenheit konnte in dieser Studie sowohl bei Offset-Reduktion (MW: 5,7 mm), als auch bei Offset-Vergrößerung (MW: 5,6 mm) nicht nachgewiesen werden.
Amenabar et al. beschrieben anhand der Daten zu 147 implantierten Nanos®-Kurzschäften (147 Patienten) die Auswirkung eines veränderten femoralen Offsets bezogen auf das Gesamtergebnis des HHS. Das femorale Offset wurde im Durchschnitt um 0,6 mm vergrößert, von 42,6 mm (38,0 – 48,8 mm) auf 43,2 mm (38,8 – 49,2 mm). Das Durchschnittsergebnis des HHS verbesserte sich signifikant ($p < 0{,}001$), von 53 Punkten präoperativ zu 91 Punkten postoperativ (Amenabar, Marimuthu et al. 2015). Nach Implantation von 114 optimys®-Kurzschaftsystemen berichteten Kutzner et al. über eine durchschnittliche Offset-Vergrößerung von 2,1 ± 5,8 mm. Die Patientenzufriedenheit betrug im Mittel 9,1 von 10 maximal erreichbaren Punkten auf einer visuellen Analogskala (0 – 10). Die Gesamtpunktzahl des Harris Hip Score verbesserte sich von 47,4 Punkten präoperativ zu 90,1 Punkten postoperativ (Kutzner, Kovacevic et al. 2015).
Eine durchschnittliche Vergrößerung des femoralen Offsets, wie sie in der Literatur beschrieben wurde, konnte in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Bei insgesamt hoher durchschnittlicher Patientenzufriedenheit sowohl subjektiv, als auch objektiv, wurde in dieser Studie eine mittlere Reduktion des femoralen Offsets um 1,8 mm nachgewiesen.

Die Bedeutung des femoralen Offsets bzw. die Auswirkungen eines veränderten Offsets bzgl. der Biomechanik des Hüftgelenkes, einer veränderten Muskel- bzw. Weichteilspannung sowie das Risiko einer erhöhten Instabilitäts- bzw. Luxationsrate wurde bereits diskutiert (Dastane, Dorr et al. 2011, Sariali, Klouche et al. 2014, De Fine, Romagnoli et al. 2017).

In dieser Studie wurde die Abhängigkeit des femoralen Offsets von Veränderungen des Drehzentrums (horizontal und vertikal) statistisch signifikant nachgewiesen. Das femorale Offset wurde im Rahmen dieser Arbeit sowohl bei Reduktion, als auch bei Vergrößerung durch eine adäquate Lateralisierung bzw. Medialisierung des horizontalen Drehzentrums ausgeglichen. Dies ermöglichte die Rekonstruktion der patientenindividuellen Anatomie und die volle Funktionalität des Hüftgelenkes.

Verschiedene Autoren befassten sich in ihren jeweiligen Publikationen bereits mit der Abhängigkeit eines veränderten femoralen Offsets zu Veränderungen des horizontalen bzw. vertikalen Drehzentrums und deren Auswirkung auf die Patientenzufriedenheit. In der Literatur fanden sich verschiedene kontrovers diskutierte Grenzen, bis zu denen die Biomechanik und Funktionalität vollumfänglich gewährleistet werden konnte. In dieser Studie wurden Offset und Drehzentrum, in Relation zueinander, deutlich innerhalb der empfohlenen Grenzen einiger Autoren (-5 mm bis +5 mm) verändert, sodass eine entsprechend hohe Patientenzufriedenheit resultierte (Cassidy, Noticewala et al. 2012, Bjarnason and Reikeras 2015). Eine Aussage zu einer möglichen statistischen Signifikanz bzgl. der Verbesserung der Patientenzufriedenheit konnte nicht getroffen werden. Der HHS im Zuge der präoperativen Vorbereitung der Patienten konnte retrospektiv nicht erhoben werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit, ebenso wie die sehr hohe subjektive (Schmerz und Funktion) und objektivierbare (HHS-Mittelwert: 92 Punkte) Zufriedenheit, stellten ungeachtet dessen ein positives Indiz dafür dar, dass mithilfe des Nanos®-Kurzschaftes eine erfolgreiche Wiederherstellung der individuellen Anatomie des Patienten gewährleistet werden konnte.

Der Einfluss des kranio-kaudaler Drehzentrums auf eine potentielle Beinlängenveränderung war im Rahmen der Dysplasie-Endoprothetik von Bedeutung. Acetabuläre Dysplasien erschwerten die Rekonstruktion der patientenindividuellen Anatomie und erforderten eine genaue Planung des Ausgleichs bzw. Korrektur einer bereits bestehenden Beinlängendifferenz (Stans, Pagnano et al. 1998). Die Veränderung des vertikalen Drehzentrums in Abhängigkeit zu einer Beinlängenveränderung wurde im Rahmen dieser Arbeit statistisch untersucht. Eine statistisch signifikante Abhängigkeit beider Parameter konnte innerhalb dieses Patientenkollektivs nicht festgestellt werden ($p= 0,82$), daher wurde in Kapitel 4 auf eine grafische Darstellung verzichtet.

Zwischen einer Veränderung der Schaftposition und einer damit möglicherweise einhergehenden Veränderung der Beinlänge (Verkürzung bzw. Verlängerung), konnte in dieser Studie weder ein statistisch signifikanter, noch ein klinisch relevanter Zusammenhang hergestellt werden.
Schmidutz et al. dokumentierten nach Implantation von 50 Metha®-Kurzschäften insgesamt eine durchschnittliche Varisierung um 0,5° ± 3,5°. In 92% der Fälle (n= 46) konnte, verglichen mit der nicht-operierten Gegenseite, eine statistisch signifikante Verlängerung der Beinlänge um 3,3 mm ($p < 0{,}001$) nachgewiesen werden. Nach Implantation von 50 CR-Geradschäften, die insgesamt im Durchschnitt in 0,1° ± 1,2° Varus-Position implantiert wurden, beschrieben die Autoren, verglichen mit der nicht-operierten Gegenseite, in 88% der Fälle (n= 44) ebenfalls eine statistisch signifikante Beinverlängerung um durchschnittlich 1,3 mm ($p < 0{,}001$) (Schmidutz, Beirer et al. 2012). Jerosch et al. stellten im Rahmen einer Nachuntersuchung von 246 Patienten, denen 250 MiniHip®-Kurzschaftsysteme (Fa. Corin Group, Cirencester, UK) implantiert wurden, fest, dass sich, verglichen mit dem präoperativen Ausgangzustand, eine Veränderung der Schaftachse auf die Beinlänge auswirkte. Sie beschrieben hinsichtlich der Schaftposition insgesamt eine durchschnittliche Varisierung um 0,51° ± 4,10°, sowie eine Verlängerung der Beinlänge um durchschnittlich 0,9 ± 3,4 mm (Jerosch, Grasselli et al. 2012).
Insgesamt betrug die Beinlängendifferenz innerhalb dieses Patientenkollektivs -0,1 mm. Diese Veränderung war weder statistisch signifikant noch klinisch relevant. Eine Valgisierung eines implantierten Kurzschaftes konnte nicht detektiert werden. In der Gesamtheit aller Nanos®-Kurzschäfte konnte eine mittlere Varisierung um 3,1° festgestellt werden. Eine Verlängerung der Beinlänge bei gleichzeitiger Valgisierung der Schaftachse, wie sie in Studien zu früheren Kurzschaft-Designs oft beschrieben wurde, konnte nicht bestätigt werden (Kutzner, Pfeil et al. 2017). Die Rekonstruierbarkeit der individuellen Hüftanatomie mithilfe des Nanos®-Kurzschaftes konnte, in Bezug auf die Beinlänge, trotz einer intraoperativen Varisierung des Schaftes erreicht werden.

Untersucht wurde weiterhin eine mögliche Auswirkung einer intraoperativen Veränderung der Schaftachse auf das postoperative femorale Offset bzw. das Drehzentrum des Hüftgelenkes. Insgesamt konnte bei durchschnittlicher Offset-Reduktion eine entsprechende Lateralisierung des horizontalen Drehzentrums dokumentiert werden. Veränderungen des femoralen Offsets korrelierten, wie bereits erwähnt, statistisch signifikant mit Veränderungen des horizontalen Drehzentrums. Ein Zusammenhang zwischen Veränderungen der Schaftachse in Bezug auf das femorale Offset oder das Drehzentrum konnte im Rahmen dieser Studie nicht hergestellt werden. Das im Durchschnitt kranialisierte vertikale Drehzentrum korrelierte ebenfalls nicht mit Veränderungen des Offsets bzw. der Schaftachse.

Die durchschnittliche Varisierung (3,1°), Lateralisierung (0,7 mm), Kranialisierung (1,4 mm) bzw. femorale Offset-Reduktion (1,8 mm) der 54 Nanos®-Kurzschäfte zeigte keinen Einfluss auf das Langzeitüberleben Kurzschäfte. Das durchschnittliche Ergebnis der Messung der ROM als Teil des HHS ergab einen Wert von 4,98 von 5 maximal erreichbaren Punkten.

Ettinger et al. untersuchten den Einfluss einer veränderten Schaftachse auf das femorale Offset anhand der Daten zu 202 implantierten Nanos®-Kurzschaftendoprothesen. Der durchschnittliche präoperative CCD-Winkel von 133,8° ± 4,3° veränderte sich postoperativ zu 134,6° ± 4,3°.

Im Zuge dieser geringen Valgisierung des Schaftes zeigte sich eine mittlere Offset-Veränderung von präoperativ 109,3 ± 11,9 mm zu postoperativ 109,7 ± 12,3 mm. Beide Veränderungen waren weder statistisch signifikant, noch klinisch relevant (Ettinger, Ettinger et al. 2013).

Anhand der Ergebnisse nach Implantation von 51 Nanos®- und 24 Metha®-Kurzschäften konnten Brinkmann et al., nach einem follow-up von einem Jahr, bzgl. des Nanos®-Kollektivs eine durchschnittliche Veränderung des CCD-Winkels von präoperativ 129° zu postoperativ 135° feststellen. Bzgl. des Metha®-Kollektivs wurde eine Veränderung von 131° präoperativ zu 127° postoperativ detektiert. Das femorale Offset veränderte sich im Mittel von präoperativ 45,5 ± 8 mm zu 45,2 ± 8 mm. Das Drehzentrum zeigte im Mittel eine Veränderung von 18,0 ± 5 mm (präoperativ) zu 18,2 ± 5mm (postoperativ).

Der in der Literatur oft publizierte Zusammenhang zwischen einer Valgisierung der Schaftachse und einer daraus resultierenden Reduktion des femoralen Offsets konnte durch die Ergebnisse dieser Studie nicht bestätigt werden (Schidlo, Becker et al. 1999, Kamada, Naito et al. 2011). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer veränderten Schaftachse in Bezug auf das vertikale Drehzentrum konnte nicht hergestellt werden. Gang-Alterationen, ebenso wie muskuläre Beeinträchtigungen seitens der Hüft-Abduktoren wurden nicht festgestellt. Während des gesamten follow-ups wurden keine Luxationen, Instabilitäten bzw. Revisionsoperationen der implantierten Kunstgelenke berichtet. Die Größe des Patientenkollektives, ebenso wie die fehlenden Daten zu valgisch implantierten Kurzschäften stellten allerdings limitierende Faktoren dieser Studie dar.

Das Auftreten periartikulärer Ossifikationen in dieser Studie zeigte eine stärkere Assoziation zum männlichen Geschlecht (n= 8), verglichen mit dem weiblichen Geschlecht (n= 3). Auswirkungen auf die Patientenzufriedenheit oder die ROM konnten nicht dokumentiert werden.

Biz et al. beschrieben anhand radiologischer Aufnahmen von insgesamt 651 Patienten ebenfalls in der Mehrzahl der Fälle das Auftreten heterotoper Ossifikationen beim männlichen Geschlecht (64,4%).

Die Autoren postulierten, dass das männliche Geschlecht, neben einer Coxarthrose, einer Schenkelhalsfraktur oder dem operativen Zugangsweg (lateral; anterolateral) einen wesentlichen Risikofaktor der Entstehung einer PAO darstellte. Auch bereits vorhandene heterotope Ossifikationen stellten einen Risikofaktor dar (Biz, Pavan et al. 2015). Kutzner et al. konnten nach Implantation von 216 Kurzschaftsystemen (154 Patienten; minimalinvasiver anterolateraler Zugang) sowie zweiwöchiger medikamentöser Prophylaxe mithilfe eines nicht-steroidalen Antiphlogistikums keine Korrelation des Auftretens einer PAO zu dem Geschlecht, dem Alter oder dem BMI der Patienten nachweisen. Lieberman et al. konnten bei fortgeschrittenem Brooker-Stadium der PAO statistisch signifikante Unterschiede im objektivierbaren klinischen Outcome der Patienten nachweisen. Im Mittel lag das Gesamtergebnis des HHS in Stadium 4 nach Brooker bei 50,6 Punkten, in Stadium 3 bei 89,4 Punkten und in Stadium 2 bei 91 Punkten (Lieberman, Moran et al. 1994).
Das mittlere Gesamtergebnis des HHS lag in den elf Fällen bei vorhandener PAO in den Stadien 1-3 bei 91,5 Punkten. Eine Abnahme der Patientenzufriedenheit konnte daher bei fortgeschrittenem Brooker-Stadium nicht dokumentiert werden. Signifikante Einschränkungen der ROM bzgl. des Hüftgelenkes bei hochgradiger PAO im Sinne eines Flexionsverlustes um 6°, eines Abduktionsverlustes um 4° sowie einer Innenrotationseinschränkung um 6°, wie sie Vasileiadis et al. beschrieben, konnte nicht nachgewiesen werden (Vasileiadis, Amanatullah et al. 2015). Hinsichtlich des häufigeren Auftretens einer PAO beim männlichen Geschlecht konnten die Daten dieser Studie die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse bestätigen. Die Empfehlung einer medikamentösen antiphlogistischen Prophylaxe, ebenso wie die einmalige prä- bzw. postoperative Radiation des betroffenen Hüftgelenkes konnte zur Vermeidung der Entstehung einer PAO ausgesprochen werden (Balboni, Gobezie et al. 2006, Rath, Warschawski et al. 2016).

Die Auswertung der klinischen und radiologischen Langzeitergebnisse des Nanos®-Kurzschaftes bewiesen die gute Rekonstruierbarkeit der patientenindividuellen Anatomie des Hüftgelenkes unter Gewährleistung einer suffizienten Langzeitstabilität bei hoher subjektiver sowie objektivierbarer Patientenzufriedenheit. Der Nanos®-Kurzschaft stellte nicht zuletzt aufgrund dieser vielversprechenden Ergebnisse, bei entsprechender Indikation, eine probate und zuverlässige Alternative zur etablierten Geradschaftendoprothetik dar.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser retrospektiven Studie stellte die Erhebung mittelfrister klinischer und radiologischer Ergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese dar. Diesbezüglich wurden die Daten von 51 Patienten, die mit insgesamt 54 Nanos®-Kurzschäften versorgt wurden, erhoben. Die Nachuntersuchung fand nach einem durchschnittlichen follow-up von 97,8 Monaten statt. Die patientenbezogenen Daten setzten sich aus der Erhebung der Patientenzufriedenheit bzgl. Schmerz und Funktion, des HHS sowie des FJS zusammen. Anhand der Auswertung röntgenologischer Befunde mithilfe der mediCAD® Planungssoftware Version 3.50 wurden Aussagen zur Rekonstruierbarkeit der patientenindividuellen Anatomie getroffen. Diese postoperative Auswertung beinhaltete die Messung der Beinlänge, der Schaftachse, des femoralen Offsets und des horizontalen bzw. vertikalen Drehzentrums. Radiologische Aufnahmen, die unmittelbar postoperativ, etwa drei Monate sowie nach durchschnittlich 97,8 Monaten erfolgten, wurden ebenfalls mithilfe der mediCAD® Planungssoftware ausgewertet, um potentielle Schaftangulation bzw. axiale Schaftmigration festzustellen. Alle implantierten Nanos®-Kurzschäfte wurden auf das Vorhandensein radioluzenter Linien bzw. periartikulärer Ossifikationen untersucht. Die Daten beidseitig operierter Patienten flossen, jeweils einzeln betrachtet, in die Datenerhebung ein.

Die subjektive Patientenzufriedenheit hinsichtlich Schmerzempfindung und Funktionalität betrug insgesamt eine Durchschnittsnote von 1,4 bzw. 1,5. Im FJS wurde ein mittleres Gesamtergebnis von 91,7% erzielt. Die stellte ein Indiz dafür dar, dass die Patienten das Kunstgelenk im Alltag kaum wahrnahmen. Im HHS wurde ein mittleres Gesamtergebnis von 92,0 Punkten erzielt. Dieses durchschnittliche Gesamtergebnis war gleichbedeutend mit einem hohen funktionellen postoperativen Outcome. Veränderungen der Beinlänge waren postoperativ nicht zu verifizieren (MW: -0,1 mm). Es konnte insgesamt eine überwiegend varische Schaftposition festgestellt werden (MW: 3,1°). Das femorale Offset wurde im gesamte Patientenkollektiv im Mittel geringfügig reduziert (MW: -1,8 mm). In horizontaler Ebene wurde eine mehrheitliche Lateralisierung des Drehzentrums nachgewiesen (MW: 0,7 mm), in vertikaler Ebene eine mehrheitliche Kranialisierung (MW: 1,4 mm). Der CCD-Winkels der Nanos®-Kurzschäfte veränderte sich nicht. Bzgl. der longitudinalen Schaftmigration konnte, drei Monate nach Implantation, ein durchschnittliches Einsinken des Schaftes um einen Millimeter festgestellt werden. Die entsprach den bereits publizierten Daten in Bezug auf den Abschluss der Osseointegration des Schaftes bzw. der Sekundärstabilisierung. Eine weitere Migration zum Zeitpunkt des dritten follow-ups war nicht mehr nachzuweisen. Radioluzente Linien traten in zehn Fällen auf und konnten ausschließlich in den Zonen 1 und 7 nach Gruen beschrieben werden.

Aseptische Lockerungen bzw. Revisionsoperationen traten während des gesamten Nachuntersuchungszeitraumes nicht auf. Elf Hüftgelenke wiesen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung heterotope Ossifikationen in den Stadien 1 bis 3 nach Brooker auf. Eine vollständige Ankylose wurde nicht nachgewiesen. Einschränkungen in der ROM (HHS-MW: 4,9) der betroffenen Patienten konnten daraus ebenfalls nicht abgeleitet werden.

Mithilfe der Nanos®-Kurzschaftendoprothese konnte aufgrund der knochen- bzw. weichteilschonenden Implantation nicht nur eine hohe Patientenzufriedenheit, sondern auch die Rekonstruktion der patientenindividuellen Anatomie sowie eine entsprechend wiederhergestellte Funktionalität erzielt werden. Die guten klinischen sowie radiologischen Langzeitergebnisse des Nanos®-Kurzschaftes bestätigten die bereits publizierten kurz- bzw. mittelfristigen Daten über eine gute Akzeptanz des Kurzschaftes. Der Nanos®-Kurzschaft stellte, bei entsprechender Indikation, neben der etablierten Geradschaftendoprothetik ein probates Implantat zur endoprothetischen Versorgung des Hüftgelenkes dar.

7. Literaturverzeichnis

Amenabar, T., et al. (2015). "Total hip arthroplasty using a short-stem prosthesis: restoration of hip anatomy." J Orthop Surg (Hong Kong) **23**(1): 90-94.

Arsoy, D., et al. (2014). "Outcomes and complications following total hip arthroplasty in the super-obese patient, BMI > 50." J Arthroplasty **29**(10): 1899-1905.

Balboni, T. A., et al. (2006). "Heterotopic ossification: Pathophysiology, clinical features, and the role of radiotherapy for prophylaxis." Int J Radiat Oncol Biol Phys **65**(5): 1289-1299.

Behrend, H., et al. (2012). "The "forgotten joint" as the ultimate goal in joint arthroplasty: validation of a new patient-reported outcome measure." J Arthroplasty **27**(3): 430-436 e431.

Benedetti, M. G., et al. (2010). "To what extent does leg length discrepancy impair motor activity in patients after total hip arthroplasty?" Int Orthop **34**(8): 1115-1121.

Biz, C., et al. (2015). "Heterotopic ossification following hip arthroplasty: a comparative radiographic study about its development with the use of three different kinds of implants." J Orthop Surg Res **10**: 176.

Bjarnason, J. A. and O. Reikeras (2015). "Changes of center of rotation and femoral offset in total hip arthroplasty." Ann Transl Med **3**(22): 355.

Brinkmann, V., et al. (2015). "A prospective randomized radiographic and dual-energy X-ray absorptiometric study of migration and bone remodeling after implantation of two modern short-stemmed femoral prostheses." J Orthop Traumatol **16**(3): 237-243.

Brinkmann, V., et al. (2017). "Influence of varus/valgus positioning of the Nanos(R) and Metha(R) short-stemmed prostheses on stress shielding of metaphyseal bone." Acta Orthop Belg **83**(1): 57-66.

Brooker, A. F., et al. (1973). "Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification." J Bone Joint Surg Am **55**(8): 1629-1632.

Budde, S., et al. (2016). "Analysis of migration of the Nanos(R) short-stem hip implant within two years after surgery." Int Orthop **40**(8): 1607-1614.

Capone, A., et al. (2017). "Short stem total hip arthroplasty for osteonecrosis of the femoral head in patients 60 years or younger: a 3- to 10-year follow-up study." BMC Musculoskelet Disord **18**(1): 301.

Cassidy, K. A., et al. (2012). "Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty." J Arthroplasty **27**(10): 1863-1869.

Castelli, C. C. and L. Rizzi (2014). "Short stems in total hip replacement: current status and future." Hip Int **24 Suppl 10**: S25-28.

Chammai, Y. and M. Brax (2015). "Medium-term comparison of results in obese patients and non-obese hip prostheses with Metha(R) short stem." Eur J Orthop Surg Traumatol **25**(3): 503-508.

Charnley, J. (1964). "[Adherence of Prostheses to Living Bone]." Acta Orthop Belg **30**: 663-672.

Charnley, J. (1970). "Total hip replacement by low-friction arthroplasty." Clin Orthop Relat Res **72**: 7-21.

Charnley, J. (1972). "The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention." J Bone Joint Surg Br **54**(1): 61-76.

Charnley, J. (1974). "Total hip replacement." JAMA **230**(7): 1025-1028.

Charnley, J. and J. A. Feagin (1973). "Low-friction arthroplasty in congenital subluxation of the hip." Clin Orthop Relat Res(91): 98-113.

Charnley J. Low Friction Arthroplasty of the Hip. Berlin: Springer Verlag, 1979, pp. 332–344

Claes L, Kirschner S, Perka C & Rudert M (2012): AE-Manual der Endoprothetik - Hüfte und Hüftrevision. Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-14645-9.

Dastane, M., et al. (2011). "Hip offset in total hip arthroplasty: quantitative measurement with navigation." Clin Orthop Relat Res **469**(2): 429-436.

Davey, J. R., et al. (1993). "Femoral component offset. Its effect on strain in bone-cement." J Arthroplasty **8**(1): 23-26.

De Fine, M., et al. (2017). "Is there a role for femoral offset restoration during total hip arthroplasty? A systematic review." Orthop Traumatol Surg Res **103**(3): 349-355.

Dong, N., et al. (2016). "Effect of Preoperative Leg Length Discrepancy on Functional Outcome and Patient Satisfaction After Total Hip Arthroplasty in Cases of Osteonecrosis of the Femoral Head." J Arthroplasty **31**(12): 2789-2794.

Eggli, S. and A. Woo (2001). "Risk factors for heterotopic ossification in total hip arthroplasty." Arch Orthop Trauma Surg **121**(9): 531-535.

Ellenrieder, M., et al. (2015). "Coexistent lumbar spine disorders have a crucial impact on the clinical outcome after total hip replacement." J Orthop Sci **20**(6): 1046-1052.

Ettinger, M., et al. (2013). "CCD and offset after Nanos short stem in total hip arthroplasty." Technol Health Care **21**(2): 149-155.

Ettinger, M., et al. (2011). "The NANOS short stem in total hip arthroplasty: a mid term follow-up." Hip Int **21**(5): 583-586.

Falez, F., et al. (2015). "Current concepts, classification, and results in short stem hip arthroplasty." Orthopedics **38**(3 Suppl): S6-13.
Feyen, H. and A. J. Shimmin (2014). "Is the length of the femoral component important in primary total hip replacement?" Bone Joint J **96-B**(4): 442-448.

Giardina, F., et al. (2018). "Short Stems Versus Conventional Stems in Cementless Total Hip Arthroplasty: A Long-Term Registry Study." J Arthroplasty.

Gordon, J. E. and L. E. Davis (2019). "Leg Length Discrepancy: The Natural History (And What Do We Really Know)." J Pediatr Orthop **39**(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1): S10-S13.

Gruen, T. A., et al. (1979). ""Modes of failure" of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening." Clin Orthop Relat Res(141): 17-27.

Günther KP, Fickert S & Goronzy J (2013): Arthrose. In: Wirth CJ, Mutschler E, Kohn D & Pohlermann T: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Thieme. ISBN: 9783131406439.

Hamilton, D. F., et al. (2017). "Validation of the English language Forgotten Joint Score-12 as an outcome measure for total hip and knee arthroplasty in a British population." Bone Joint J **99-B**(2): 218-224.

Harris, W. H. (1969). "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 **51**(4): 737-755.

Hauer, G., et al. (2018). "Survival Rate of Short-Stem Hip Prostheses: A Comparative Analysis of Clinical Studies and National Arthroplasty Registers." J Arthroplasty.

Hohle, P., et al. (2015). "Comparison between preoperative digital planning and postoperative outcomes in 197 hip endoprosthesis cases using short stem prostheses." Clin Biomech (Bristol, Avon) **30**(1): 46-52.

Hurlimann, M., et al. (2017). "Influence of surgical approach on heterotopic ossification after total hip arthroplasty - is minimal invasive better? A case control study." BMC Musculoskelet Disord **18**(1): 27.

Issa, K., et al. (2016). "Bariatric Orthopaedics: Total Hip Arthroplasty in Super-Obese Patients (Those with a BMI of >/=50 kg/m2)." J Bone Joint Surg Am **98**(3): 180-185.

Issa, K., et al. (2013). "Early results of total hip arthroplasty in the super-obese patients." J Long Term Eff Med Implants **23**(4): 309-313.

Iversen, M. D., et al. (2011). "Influence of self-reported limb length discrepancy on function and satisfaction 6 years after total hip replacement." J Geriatr Phys Ther **34**(3): 148-152.

Jerosch, J. (2011). "[Is shorter really better? : Philosophy of short stem prosthesis designs]." Orthopade **40**(12): 1075-1083.

Jerosch J (2013) Kurzschaftendoprothesen: Wo liegen die Unterschiede? Deutscher Ärzteverlag, Köln

Jerosch J: Weichteilbalancierung im Rahmen der Hüftendoprothetik. OUP 2013; 7: 360-366. DOI 10.3238/oup.2013.0360-0366

Jerosch, J. (2014). "[Differences between short stem prostheses]." Orthopade **43**(8): 783-795; quiz 796.

Jerosch, J., et al. (2012). "[Reproduction of the anatomy (offset, CCD, leg length) with a modern short stem hip design--a radiological study]." Z Orthop Unfall **150**(1): 20-26.

Kaipel, M., et al. (2015). "Migration characteristics and early clinical results of the NANOS(R) short-stem hip arthroplasty." Wien Klin Wochenschr **127**(9-10): 375-378.

Kamada, S., et al. (2011). "Hip abductor muscle strength after total hip arthroplasty with short stems." Arch Orthop Trauma Surg **131**(12): 1723-1729.

Khanuja, H. S., et al. (2014). "Short bone-conserving stems in cementless hip arthroplasty." J Bone Joint Surg Am **96**(20): 1742-1752.

Kutzner, K. P., et al. (2017). "Outcome of extensive varus and valgus stem alignment in short-stem THA: clinical and radiological analysis using EBRA-FCA." Arch Orthop Trauma Surg **137**(3): 431-439.

Kutzner, K. P., et al. (2017). "Incidence of heterotopic ossification in minimally invasive short-stem THA using the modified anterolateral approach." Hip Int **27**(2): 162-168.

Kutzner, K. P., et al. (2015). "Reconstruction of femoro-acetabular offsets using a short-stem." Int Orthop **39**(7): 1269-1275.

Kutzner, K. P. and J. Pfeil (2018). "Individualized Stem-positioning in Calcar-guided Short-stem Total Hip Arthroplasty." J Vis Exp(132).

Kutzner, K. P., et al. (2017). "Preoperative digital planning versus postoperative outcomes in total hip arthroplasty using a calcar-guided short stem: frequent valgization can be avoided." Eur J Orthop Surg Traumatol **27**(5): 643-651.

Learmonth, I. D., et al. (2007). "The operation of the century: total hip replacement." Lancet **370**(9597): 1508-1519.

Lieberman, I. H., et al. (1994). "Heterotopic ossification after primary cemented and noncemented total hip arthroplasty in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis." Can J Surg **37**(2): 135-139.

Lindgren, J. U. and J. Rysavy (1992). "Restoration of femoral offset during hip replacement. A radiographic cadaver study." Acta Orthop Scand **63**(4): 407-410.

Loth, F. L., et al. (2017). "Impact of Comorbidities on Outcome After Total Hip Arthroplasty." J Arthroplasty **32**(9): 2755-2761.

Mahmood, S. S., et al. (2015). "The Influence of Leg Length Discrepancy after Total Hip Arthroplasty on Function and Quality of Life: A Prospective Cohort Study." J Arthroplasty **30**(9): 1638-1642.

Marchetti, P., et al. (2005). "Long-term results with cementless Fitek (or Fitmore) cups." J Arthroplasty **20**(6): 730-737.

McGrory, B. J., et al. (1995). "Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty." J Bone Joint Surg Br **77**(6): 865-869.

Melvin, J. S., et al. (2014). "Early failures in total hip arthroplasty -- a changing paradigm." J Arthroplasty **29**(6): 1285-1288.

Parchi, P. D., et al. (2014). "Densitometric evaluation of periprosthetic bone remodeling." Clin Cases Miner Bone Metab **11**(3): 226-231.

Pivec, R., et al. (2012). "Hip arthroplasty." Lancet **380**(9855): 1768-1777.

Rath, E., et al. (2016). "Selective COX-2 Inhibitors Significantly Reduce the Occurrence of Heterotopic Ossification After Hip Arthroscopic Surgery." Am J Sports Med **44**(3): 677-681.

Rudiger, H. A., et al. (2016). "Impact of the Femoral Head Position on Moment Arms in Total Hip Arthroplasty: A Parametric Finite Element Study." J Arthroplasty **31**(3): 715-720.

Sakalkale, D. P., et al. (2001). "Effect of femoral component offset on polyethylene wear in total hip arthroplasty." Clin Orthop Relat Res(388): 125-134.

Salemyr, M., et al. (2015). "Lower periprosthetic bone loss and good fixation of an ultra-short stem compared to a conventional stem in uncemented total hip arthroplasty." Acta Orthop **86**(6): 659-666.

Sariali, E., et al. (2014). "The effect of femoral offset modification on gait after total hip arthroplasty." Acta Orthop **85**(2): 123-127.

Schafer, S. J., et al. (2000). "Heterotopic ossification in rehabilitation patients who have had internal fixation of an acetabular fracture." J Rehabil Res Dev **37**(4): 389-393.

Schidlo, C., et al. (1999). "[Change in the CCD angle and the femoral anteversion angle by hip prosthesis implantation]." Z Orthop Ihre Grenzgeb **137**(3): 259-264.

Schmidutz, F., et al. (2012). "Biomechanical reconstruction of the hip: comparison between modular short-stem hip arthroplasty and conventional total hip arthroplasty." Int Orthop **36**(7): 1341-1347.

Schmidutz, F., et al. (2012). "Sports activity after short-stem hip arthroplasty." Am J Sports Med **40**(2): 425-432.

Sculco, P. K., et al. (2016). "Avoiding Hip Instability and Limb Length Discrepancy After Total Hip Arthroplasty." Orthop Clin North Am **47**(2): 327-334.

Stans, A. A., et al. (1998). "Results of total hip arthroplasty for Crowe Type III developmental hip dysplasia." Clin Orthop Relat Res(348): 149-157.

Stulberg, S. D. and R. M. Patel (2013). "The short stem: promises and pitfalls." Bone Joint J **95-B**(11 Suppl A): 57-62.

Thienpont, E., et al. (2016). "Joint awareness in osteoarthritis of the hip and knee evaluated with the 'Forgotten Joint' Score before and after joint replacement." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **24**(10): 3346-3351.

Thorey, F., et al. (2013). "Clinical results of the metha short hip stem: a perspective for younger patients?" Orthop Rev (Pavia) **5**(4): e34.

van Oldenrijk, J., et al. (2014). "Revision rate after short-stem total hip arthroplasty: a systematic review of 49 studies." Acta Orthop **85**(3): 250-258.

Vasileiadis, G. I., et al. (2015). "Effect of heterotopic ossification on hip range of motion and clinical outcome." J Arthroplasty **30**(3): 461-464.

Wacha, H., et al. (2018). "Long-term follow-up of 1217 consecutive short-stem total hip arthroplasty (THA): a retrospective single-center experience." Eur J Trauma Emerg Surg.

Wagner, E. R., et al. (2016). "Effect of Body Mass Index on Complications and Reoperations After Total Hip Arthroplasty." J Bone Joint Surg Am **98**(3): 169-179.

Whitehouse, M. R., et al. (2013). "The impact of leg length discrepancy on patient satisfaction and functional outcome following total hip arthroplasty." J Arthroplasty **28**(8): 1408-1414.

Wittenberg, R. H., et al. (2013). "Five-year results of a cementless short-hip-stem prosthesis." Orthop Rev (Pavia) **5**(1): e4.

Yamako, G., et al. (2015). "Trade-off between stress shielding and initial stability on an anatomical cementless stem shortening: in-vitro biomechanical study." Med Eng Phys **37**(8): 820-825.

Yan, S. G., et al. (2017). "Periprosthetic bone remodelling of short-stem total hip arthroplasty: a systematic review." Int Orthop.

Zeh, A., et al. (2013). "A prospective dual-energy X-ray absorptiometry study of bone remodeling after implantation of the Nanos short-stemmed prosthesis." Acta Orthop Belg **79**(2): 174-180.

Zhang, T., et al. (2014). "[Causes of early failure after total hip arthroplasty]." Zhonghua Yi Xue Za Zhi **94**(48): 3836-3838.

Zhang, Y., et al. (2015). "Total Hip Arthroplasty: Leg Length Discrepancy Affects Functional Outcomes and Patient's Gait." Cell Biochem Biophys **72**(1): 215-219.

Zhu, Y., et al. (2015). "Incidence and risk factors for heterotopic ossification after total hip arthroplasty: a meta-analysis." Arch Orthop Trauma Surg **135**(9): 1307-1314.

Zweymuller, K. A., et al. (2006). "Radiolucent lines and osteolysis along tapered straight cementless titanium hip stems: a comparison of 6-year and 10-year follow-up results in 95 patients." Acta Orthop **77**(6): 871-876.

8. Thesen

1. Die Primärstabilität des Nanos®-Kurzschaftes wird durch mehrdimensionale metaphysäre Verankerung im proximalen Femur sowie durch das dreifach konische Schaftdesign mit zirkulotrapezoidalem Querschnitt erreicht. Ziel der proximalen metaphysären Krafteinleitung ist eine Reduktion des „stress-shieldings“ und der damit verbundenen Knochenatrophie.
2. Die Sekundärstabilität wird durch eine zusätzliche Kalziumphosphatschicht (Bonit) im Schaftbereich der Prothese gewährleistet, um so die Osseointegration des Prothesenschaftes zu verbessern.
3. Zur Beurteilung des Outcomes (Schmerzen und Funktionalität) nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz wurde der Harris Hip Score erhoben. Mithilfe des Forgotten Joint Scores wurde versucht zu bestimmen, inwiefern die Patienten das Kunstgelenk im Alltag wahrnahmen.
4. Aussagen zu Veränderungen der Beinlänge, der Schaftposition, des femoralen Offsets und des Drehzentrums wurden projektionsradiographisch (Beckenübersicht im Stand, axiale Aufnahme) getroffen. Das Auftreten radioluzenter Linien, periartikulärer Ossifikationen, Schaftneigungen bzw. – Migrationen wurde ebenfalls anhand der Röntgenbilder untersucht.
5. Insgesamt wurden 51 Patienten mit 54 Nanos®-Kurzschaftendoprothesen in diese retrospektive Studie eingeschlossen. Das follow-up betrug im Durchschnitt 97,8 Monate.
6. Im Harris Hip Score wurden von 100 möglichen Punkten im Durchschnitt 92 Punkte erreicht. Der erreichte Mittelwert im Forgotten Joint Score betrug 91,7%. Insgesamt 47 der 51 Patienten nahmen ihr Kunstgelenk im Alltag zu 80-100% nicht wahr.
7. Eine Veränderung der Beinlänge konnte nicht beobachtet werden. Die Schaftposition wurde um durchschnittlich 3,7° varisiert; das Offset im Durschnitt um 1,8 mm reduziert. Das Drehzentrum wurde im Mittel um 0,7 mm lateralisiert und um 1,4 mm kranialisiert.
8. Radioluzente Linien wurden gehäuft in den Zonen 1 und 7 nach Gruen festgestellt. Periartikuläre Ossifikationen traten vermehrt in den Stadien 1 und 2 nach Brooker auf. Es wurde keine klinische Relevanz der detektierten Radioluzenzen bzw. periartikulären Ossifikationen festgestellt.
9. Veränderungen des femoralen Offsets korrespondierten mit Veränderungen des medio-lateralen Drehzentrums (Offset-Vergrößerung – Medialisierung; Offset-Verkleinerung – Lateralisierung). Abhängigkeiten weiterer Parameter voneinander wurden nicht nachgewiesen.
10. Die mittelfristigen Ergebnisse hinsichtlich der Standzeit des Nanos®-Kurzschaftes bekräftigen die Erwartungen an eine hohe Langzeitstabilität des Implantates, die die bereits etablierte Geradschaftendoprothetik auszeichnet.

Tabellarischer Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name, Vorname:	Fischer, Christian
Geburtsdatum, -ort:	14. September 1990, Schweinfurt
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Familienstand:	ledig

Schulbildung:	1997 – 2001	Grundschule Schillerschule Schweinfurt
	2001 – 2010	Celtis-Gymnasium Schweinfurt

Ausbildung und Studium	2010 – 2011	Zivildienst St. Josef Krankenhaus Schweinfurt
	2011 – 2012	Ausbildung zum Rettungsassistenten Berufsfachschule der Malteser, Regensburg
	2012 – 2015	Studium der Humanmedizin in Frankfurt am Main
	2015	Abschluss des 1. Staatsexamens (Physikum)
	2015 – 2019	Studium der Humanmedizin in Halle (Saale)
	2018	Abschluss des 2. Staatsexamens
	2019	Abschluss des 3. Staatsexamen und Approbation

Praktisches Jahr	11/2018 – 03/2019	Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie Uniklinikum Halle (Saale)
	03/2019 – 07/2019	Chirurgie BG Klinikum Bergmannstrost Halle (Saale)
	07/2019 – 10/2019	Innere Medizin BG Klinikum Bergmannstrost Halle (Saale)

Beruflicher Werdegang	seit 01/2020	Assistenzarzt Unfall- und Wiederherstellungschirurgie BG Klinikum Bergmannstrost Halle (Saale)

Halle (Saale); den 10.02.2020 Christian Fischer

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich wahrheitsgemäß, die vorliegende Dissertation

Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese

zur Erlangung des akademischen Grades, Doktor der Medizin (Dr. med.), selbständig, ohne die Hilfe Dritter und nur unter Verwendung der vollständig angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Halle (Saale), den 10.02.2020 Christian Fischer

Erklärung

Hiermit erkläre ich wahrheitsgemäß, die vorliegende Dissertation

Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse der Nanos®-Kurzschaftendoprothese

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Medizin (Dr. med.) erstmalig einzureichen.

Ein weiterer Antrag auf Eröffnung eines Promotionsverfahrens liegt nicht vor.

Halle (Saale), den 10.02.2020 Christian Fischer

Danksagung

Ich danke Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank. Unter seiner Leitung konnte diese Promotionsarbeit an der Universitätsklinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie entstehen.

Ich möchte mich zudem ausdrücklich bei Herrn Prof. Dr. med. David Wohlrab für die Idee zu dieser Promotionsarbeit bedanken. Seine stets motivierende und fachliche Unterstützung trug maßgeblich zur Fertigstellung dieser Arbeit bei.

Mein Dank gilt insbesondere aber auch allen Patienten, die sich durch ihr Einverständnis bereit erklärten an dieser Studie teilzunehmen und diese dadurch erst ermöglichten.

Nicht zuletzt möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden danken, die durch ihre stetige Motivation und moralische Unterstützung auf das Gelingen dieser Arbeit einwirkten.