

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

DISSERTATION

**Untersuchungen zum Einfluss der Hüftgelenksanatomie des
dysplastischen Hüftgelenkes auf den Zeitpunkt der
Hüftendoprothesenimplantation**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Lena Hanna Lore Eydam

aus Berlin

Datum der Promotion: 07.12.2018

Vorwort

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden veröffentlicht auf Kongressen in Form von Vorträgen oder Postern beim DKOU (2017), bei der AAOS (2018), EFORT (2018), VSOU (2018) und NOUV (2018).

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Grafikenverzeichnis	IX
Abstrakt	X
Abstract	XII
1 Einleitung	1
1.1 Theoretischer Hintergrund.....	1
1.2 Einführung in die Aufgabenstellung.....	7
2 Material und Methoden	12
2.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	12
2.2 Patientenkollektiv	12
2.3 Röntgenologische Untersuchung.....	13
2.4 Anamnese und klinisches Erscheinungsbild.....	23
2.5 Statistische Auswertungen.....	25
3 Ergebnisse	29
3.1 Patientendemografie	29
3.2 Hüftgelenksanatomie	31
3.2.1 Patienten gesamtes Kollektiv	32
3.2.2 Hüftgelenksanatomie von Patienten der Kategorie Stuhlberg 1	34
3.3 Einfluss der Anatomie auf OP-Zeitpunkt	36
3.3.1 Einfluss von Kopfdeformität, Dysplasie- und Luxationsgrad im gesamten Patientenkollektiv	36
3.3.2 Der Einfluss von CE- und AC-Winkel im Gesamtkollektiv	38
3.3.3 Separate Betrachtung des CE- und AC-Winkels von Patienten mit Stuhlberg 1 Kopfdeformation	39
3.3.4 Lineare Regressionsanalyse zur Bestimmung eines OP-Alter-Vorhersagemodells...43	
3.4 Zusammenhang der einzelnen Hüftparameter untereinander	45
3.4.1 Korrelationen der Pfannendachparameter	45
3.4.2 Weitere Zusammenhänge	47
3.5 Implantate der Patienten	48

3.6	Postoperatives Outcome und Komplikationen	50
3.6.1	Postoperative Hüftgeometrie für das gesamte Patientenkollektiv.....	50
3.6.2	Schmerz und sportliche Aktivität	53
3.6.3	Komplikationen	53
4	Diskussion	54
4.1	Vergleich des Alters zum Zeitpunkt der TEP-Implantation von Patienten mit Dysplasiecoxarthrose und primärer Arthrose	54
4.2	Beeinflussung und Vorhersagbarkeit des OP-Alters	56
4.3	Anatomie der dysplastischen Hüfte	58
4.4	Weitere Zusammenhänge der Hüftparameter	63
4.5	Operationsalter und Zeitpunkt des Schmerzeinsetzens ohne Umstellung vs. PAO (Literatur).....	64
4.6	Betrachtungen der verwendeten Implantate, sowie des Outcomes und der Komplikationen	67
4.7	Limitationen.....	69
4.8	Schlussfolgerung	70
5	Anhang	71
6	Literaturverzeichnis.....	73
7	Eidesstattliche Versicherung.....	78
8	Lebenslauf	81
9	Publikationsliste	82
10	Danksagung	83

Abkürzungsverzeichnis

AC-Winkel: Tragflächenwinkel

a.-p.: anterior-posterior

BMI: Body-Mass-Index

CCD-Winkel: Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel

CE-Winkel: lateraler Centrum-Erker-Winkel

CMSC: Centrum für muskuloskeletale Chirurgie

DDH: developmental dysplasia of the hip

FHEI: Femoral-head-extrusion-index

FHNI: Femoral-head-neck-index

FHR: femoral-head-ratio

H-TEP: Hüfttotalendoprothese

IQR: Interquartilbereich

Lat.: lateral

Lig.: Ligamentum

Median: M

Med.: medial

MGSW: minimale Gelenkspaltweite

MW: arithmetischer Mittelwert

NAS: numerische Analogskala

OP: Operation

OPS: Operationen- und Prozedurenschlüssel

PAO: periacetabuläre Umstellungsosteotomie

PI: Pfannenindex

pTHA: primary total hip arthroplasty

SD: Standardabweichung

Sig.: signifikant

TEP: Totalendoprothese

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Operative Behandlungsmöglichkeiten der Hüftdysplasie. I Kapselplastiken, II Beckenosteotomien, III Pfannendachplastiken.	5
Abbildung 2: Systematik der Patientenselektion, Datenverarbeitung und Auswahlprozess der Studienpatienten aus dem Zeitraum 01.01.2005 bis 31.01.2014	13
Abbildung 3: CE- (A) und AC-Winkel (B).....	14
Abbildung 4: Pfannenindex=Verhältnis von Pfannentiefe (B) zur -breite (A) $PI= B/A \times 100$	15
Abbildung 5: Femoral-head-extrusion-index (FHEI) = Verhältnis von überdachter Epiphysenbreite (A) zur gesamten Epiphysenbreite (B) $FHEI=A/B \times 100$	15
Abbildung 6: Inklination prä(A)- und postoperativ(B).	16
Abbildung 7: Sharp-Winkel=Winkel von der Köhler'schen Tränenfigur zum Pfannenerker.	16
Abbildung 8: Luxationsgrad 1–4.....	17
Abbildung 9: Crowe-Klassifikation: Das Verhältnis der Strecke A zu B bestimmt den Crowegrad.	18
Abbildung 10: Röntgenologische Beispiele der Stuhlberg-Klassifikation Grad I-V.	19
Abbildung 11: Femoral-head-ratio=Verhältnis medialer Anteil (med) zum lateralen Anteil (lat.) des Hüftkopfes.....	19
Abbildung 12: Femoral-head-neck-index=Verhältnis der Schenkelhalskopflänge A zur Schenkelhalsbreite B mit 100 multipliziert.	20
Abbildung 13: Lage des Hüftzentrums, gemessen von der Tränenfigur über die Bildung eines rechtwinkligen Dreiecks.....	21
Abbildung 14: Das Offset ergibt sich aus dem senkrechten Abstand des Hüftzentrums zur Femurachse.....	21
Abbildung 15: CCD-Winkel – der Winkel des Schenkelhalses zur Femurachse.	22
Abbildung 16: Minimale Gelenkspaltweite.	22
Abbildung 17: Arthrosegrad nach Tönnis 0–3.....	23
Abbildung 18: Anatomische Beinlängendifferenz, gemessen durch den Abstand des Trochanter minores zur Tränenfigur.....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Patientendemografie für die gesamte Gruppe und der Stuhlberg=1 Gruppe, es wird die Anzahl an Hüften und Patientenzahl genannt.....	29
Tabelle 2: Absolute Beinlängendifferenz präoperativ. Es ist die Anzahl an Hüften mit der jeweiligen absoluten Beinlängenverkürzung in cm dargestellt (n=194).....	34
Tabelle 3: Deskriptive Statistik der Parameter der Stuhlberg=1 Gruppe (n=129). Aufgelistet findet sich der Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD), das Minimum (MIN) und Maximum (MAX) der jeweiligen Parameter. In Klammern ist jeweils der Wert für das gesamte Kollektiv angefügt.....	34
Tabelle 4: Durchschnittliches OP-Alter in Jahren \pm Standardabweichung innerhalb der einzelnen Gradeinteilungen nach Crowe, der Luxation und der Stuhlberg-Klassifikation mit der jeweiligen Anzahl an Hüften (n=245).Für den Dysplasiegrad nach Crowe und den Luxationsgrad ergab sich für das gesamte Modell ein signifikanter Altersunterschied ($p \leq 0,05$). Stuhlberg 1 Patienten waren signifikant älter waren als Stuhlberg 3 Patienten ($p < 0,01$).	37
Tabelle 5: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach CE-Winkel. Die Intervalle wurden entsprechend des CE-Winkels gewählt: $\leq 10^\circ$, $11-20^\circ$, $21-30^\circ$ für n=245 Patienten. Es zeigen sich signifikante Altersunterschiede zwischen der Gruppe $\leq 10^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,001$) und zwischen der Gruppe $11-20^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,05$).	38
Tabelle 6: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach AC-Winkel. Die Intervalle sind gesetzt als AC-Winkel $10-20^\circ$, $21-30^\circ$, $31-60^\circ$ für n=245. Es liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren OP-Alter der Gruppe $10-20^\circ$ und $31-60^\circ$ ($p \leq 0,05$) vor.....	39
Tabelle 7: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach CE-Winkel. Die Intervalle sind gesetzt als CE-Winkel $\leq 10^\circ$, $11-20^\circ$, $21-30^\circ$ für n=129. Es zeigen sich signifikante Altersunterschiede zwischen allen Gruppen ($\leq 10^\circ$ und $11-20^\circ$, $\leq 10^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,01$); $11-20^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,05$)).	39
Tabelle 8: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt entsprechend nach AC-Winkel Größe. Die Intervalle sind gesetzt als AC-Winkel $10-20^\circ$, $21-30^\circ$, $31-60^\circ$ für n=129. Es liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren OP-Alter aller Gruppen vor ($10-20^\circ$ und $21-30^\circ$, $21-30^\circ$ und $31-60^\circ$ ($p \leq 0,05$); $0-20^\circ$ und $31-60^\circ$ ($p \leq 0,001$)).	40
Tabelle 9: Dargestellt werden die einzelnen Korrelationsparameter in Bezug auf das OP-Alter innerhalb der gesamten Gruppe und Stuhlberg=1, hervorgehoben die signifikanten Korrelationen, *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$	42

Tabelle 10: Multivariate Regressionsanalyse mit dem OP-Alter als abhängige Variable für n=245. Das Modell zeigte die größte Signifikanz in der alleinigen Verwendung des CE-Winkels als unabhängige Variable. Die Konstante entspricht dem OP-Alter, wenn die unabhängige Variable (CE-Winkel) Null annimmt.	44
Tabelle 11: Multivariate Regressionsanalyse mit dem OP-Alter als abhängige Variable für n=129. Das Modell zeigte die größte Signifikanz in der alleinigen Verwendung des CE-Winkels als unabhängige Variable. Die Konstante entspricht dem OP-Alter, wenn die unabhängige Variable (CE-Winkel) Null annimmt.	45
Tabelle 12: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung des Offsets, des CCD-Winkels und der Inklination von präoperativ zu postoperativ. Angabe des Pearson'schen Korrelationskoeffizienten von dem präoperativen Offset und der Inklination zum/zur postoperativen. * $p \leq 0,001$	51
Tabelle 13: Absoluter Wert der Lokalisation des Hüftzentrums entlang einer Vertikalen und Horizontalen präoperativ und postoperativ mit Angabe des Mittelwerts \pm Standardabweichung (in mm). Somit ist im Mittel das Hüftzentrum um 7 mm caudalisiert und um 14,1 mm medialisiert worden.	51
Tabelle 14: Beinlängenveränderung in mm bei n=172.	52
Tabelle 15: Absolute Beinlängendifferenz prä- u. postoperativ in cm.	53
Tabelle 16: Tabellarische Auflistung der Verteilungsmuster des Crowegrades, der Stuhlbergeinteilung, des Arthrose- und Luxationsgrades in dieser Arbeit im Vergleich zu verschiedenen Studien.	60

Grafikenverzeichnis

Grafik 1: Darstellung der Altersverteilung zum Zeitpunkt der primären H-TEP-Implantation. Das Durchschnittsalter der gesamten Gruppe betrug $52,9 \pm 12,2$ Jahre.	29
Grafik 2: Darstellung der Fallzahlen des Zeitpunktes der Diagnose „Hüftdysplasie“ (1) und der Verteilung der beruflichen körperlichen Belastung (2).....	30
Grafik 3: Verteilung des BMIs der Patienten zum OP-Zeitpunkt.....	31
Grafik 4: Boxplotdarstellung der pfannenspezifischen Parameter der gesamten Patienten (n=245) in der Einheit Grad (°) bzw. als absolute Zahl für den Pfannenindex (PI).	32
Grafik 5: Absolute und prozentuale Anzahl an Hüften mit der entsprechenden Einteilung nach Grad für Crowe, Luxation, Stuhlberg und Arthrose (n=245).....	33
Grafik 6: Boxplotdarstellung der pfannenspezifischen Parameter der Stuhlberg=1 Gruppe in der Einheit Grad (°) bzw. als absolute Zahl (n=129).	35
Grafik 7: OP-Alter in Abhängigkeit zum CE-Winkel für Stuhlberg 1. R^2 beträgt 0,134 ($p \leq 0,001$).....	41
Grafik 8 : OP-Alter in Abhängigkeit zum AC-Winkel für Stuhlberg 1. R^2 beträgt 0,085 ($p \leq 0,001$).....	41
Grafik 9: OP-Alter in Abhängigkeit zum CE-Winkel für die Gesamtgruppe. R^2 beträgt 0,035 ($p \leq 0,01$).....	41
Grafik 10: OP-Alter in Abhängigkeit zum AC-Winkel für die Gesamtgruppe. R^2 beträgt 0,010 ($p > 0,1$; nicht signifikant).....	41
Grafik 11: Vergleich der Abhängigkeiten des AC-Winkels zur Inklination, zum Sharp- und CE-Winkel der gesamten Patienten (n=245). Die Ordinate bildet den AC-Winkel [°] und die Abszisse die Inklination [°] (A), Sharp-Winkel [°] (B) und CE-Winkel [°] (C) ab. Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson betragen für A 0,55 (sig.), B 0,61 und C -0,61 (sig.)....	46
Grafik 12: Häufigkeiten (n) von Pfannentyp (A) (a=Press-Fit Pfanne, b=Schraubpfanne, c=PE zementiert, d=Burch-Schneider-Ring) und Pfannengröße (B).....	48
Grafik 13: Häufigkeiten (n) von Inlaytyp (A), Inlay-/ Kopfgröße (B) und Kopftyp (C).	49
Grafik 14: Häufigkeiten (n) von Schafttyp (1) und Schaftgröße (2); *Standard = Geradschaft nach Zweymüller wie z.B. SL-Plus Gerad (Smith&Nephew) , Alloclassic-Schaft (Zimmer).	50

Abstrakt

Hintergrund

Die Hüftdysplasie kann frühzeitig durch unzureichende Kopfüberdachung zu Überbelastungsschmerzen und einer vorzeitigen Coxarthrose führen. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, kann eine gelenkerhaltende Korrekturosteotomie durchgeführt werden. Demgegenüber steht eine konservative Therapie, die allerdings beim Patienten häufig die Frage nach dem damit einhergehenden Alterszeitpunkt der notwendigen Prothesenimplantation aufwirft. Inwiefern gelenkgeometrische Parameter, die zur Quantifizierung der Hüftreifungsstörung im Erwachsenenalter zur Anwendung kommen, prädiktive Bedeutung bezüglich des Alters bei Hüft-TEP-Primärimplantation haben, wurde bislang nicht abschließend geklärt.

Das Ziel dieser Arbeit war es, nach relevanten Hüftparametern im Rahmen der Prognostik zu suchen und somit die Herleitung einer Formel zu ermöglichen, die anhand der Gelenkanatomie eine Abschätzung des Alterszeitpunktes der Prothesenimplantation zulässt. Zudem sollte die Anatomie der dysplastischen Hüfte detailliert untersucht werden.

Methoden

Es wurden 245 Hüftgelenke untersucht, welche von 2005–2014 bei Dysplasiecoxarthrose mittels Hüft-TEP-Implantation versorgt wurden. Die präoperative Hüftanatomie wurde anhand von relevanten Gelenkparametern wie AC-/CE-Winkel, Pfannenindex, Inklination und Sharp-Winkel ausgewertet. Mittels Korrelations- und multipler linearer Regressionsanalysen wurde die Abhängigkeit des Alters bei OP von multiplen Faktoren getestet und zusätzlich anhand dessen eine Formel abgeleitet. Es erfolgten im Anschluss separat jeweils erneut die Testungen für alle Patienten, die in die Kategorie Stuhlberg 1 fielen (129 Hüftgelenke), da sich hierbei stärkere Korrelationen ergaben und somit die Genauigkeit der OP-Alter-Bestimmung stieg.

Ergebnisse

Das mediane Alter bei Hüft-TEP-Primärimplantation lag bei $52,9 \pm 12,2$ y (Stuhlberg 1: $54,3 \pm 11$ y). Schmerzhaft funktionseingeschränkte Patienten gingen im Mittel $12,2 \pm 15,1$ Jahre vor der OP voraus. In der Stuhlberg 1 Gruppe korrelierte der OP-Zeitpunkt hochsignifikant mit dem CE- ($0,37$), AC- ($-0,29$), Sharp-Winkel ($-0,3$) und dem Dysplasiegrad ($0,23$) ($p < 0,001$). Das mittlere OP-Alter von Patienten mit einem CE-Winkel $\leq 10^\circ$ lag hier bei $41,9 \pm 14,0$ Jahren (CE = $11-20^\circ$ bei $52,7 \pm 9,5$

y; CE = 21-30° bei $57,0 \pm 10,3$ y). Das mittlere OP-Alter von Patienten mit einem AC-Winkel zwischen 10-20° lag bei $57,9 \pm 10,0$ y (AC = 21-30° bei $53,7 \pm 11,1$ y; AC = 31-60° bei $45,8 \pm 11,3$ y). Mittels der multivariaten linearen Regressionsanalyse konnte eine Formel zur „Schätzung“ des Operationsalters erstellt werden.

Schlussfolgerung

Es ergab sich eine eindeutige Korrelation des Operationsalters mit dem CE-Winkel. Weitere Parameter von eindeutiger Relevanz waren der AC- und der Sharp-Winkel. Es zeigte sich, je dysplastischer das Hüftgelenk war, desto früher kam es zu einer Operation. Insbesondere für Stuhlberg 1 Patienten lässt sich mittels der erstellten Formel eine Alterswahrscheinlichkeit der Prothesenimplantation bestimmen und in ein Beratungsgespräch über Therapieoptionen mit einbeziehen.

Abstract

Introduction

DDH can lead to activity-related pain and increase early-onset osteoarthritis risk. Affected patients demand information on the time course for progression of symptoms and on therapeutic options. Key question in weighing well established hip-joint-preserving surgical procedures such as periacetabular osteotomies against conservative treatment paths is when osteoarthritis secondary to DDH will occur and require pTHA. The purpose of this study was to derive a formula using relevant prognostic geometric hip-parameters to estimate when patients would require pTHA. Additionally, the anatomy of dysplastic hips were investigated in detail.

Methods

We examined 245 hip joints in patients who underwent pTHA between 2005–2014 due to osteoarthritis caused by DDH. Preoperative hip anatomy was assessed using standard joint parameters—namely, the AC-, CE-, and Sharp-angle. We performed correlation and multiple linear regression analyses to determine if age at pTHA was dependent on these parameters. We then used these parameters to derive a formula to predict age at which surgery would be necessary. Finally, we performed separate testing for all patients that were categorized as Stuhlberg 1 (129 joints), as these joints showed a stronger correlation and thereby a more exact age estimate.

Results

The median age of patients who underwent pTHA was $52,9 \pm 12,2$ y (Stuhlberg 1: $54,3 \pm 11$ y). Loss of function due to pain occurred on average $12,2 \pm 15,1$ years prior to surgery. In the Stuhlberg 1 group, time of surgery was significantly correlated with the CE- (0,37), AC- (-0,29), Sharp-angle (-0,3), and the grade of dysplasia (0,23) ($p < 0,001$). The average age of patients undergoing surgery whose CE-angle was $\leq 10^\circ$ was $41,9 \pm 14,0$ years (CE = 11-20°: $52,7 \pm 9,5$ y; CE = 21-30°: $57,0 \pm 10,3$ y). The average age of patients who underwent surgery with an AC-angle between 10-20° was $57,9 \pm 10,0$ y (AC = 21-30°: $53,7 \pm 11,1$ y; AC = 31-60°: $45,8 \pm 11,3$ y). Multivariate linear regression analysis revealed a formula to “estimate” age at which surgery would be necessary.

Conclusion

We observed a strong correlation between CE-angle and age at which pTHA was performed. The AC- and Sharp-angle were also relevant parameters. We found that more dysplastic joints required arthroplastic surgery earlier than less dysplastic joints. Using the formula derived here, it may be possible to estimate when Stuhlberg 1 patients will need prosthesis surgery and use that information to optimize treatment on an individual basis.

1 Einleitung

1.1 Theoretischer Hintergrund

Die Hüftdysplasie

Die Hüftdysplasie beschreibt eine Verknöcherungsstörung des Pfannenerkers mit ungenügender Überdachung des Hüftkopfes. Ihre Extremvariante, die Hüftluxation, weist eine komplette Luxation des Hüftkopfes aus der ursprünglichen/natürlichen Hüftpfanne auf. Bereits an Skelettfunden aus neolithischer Zeit konnten Deformitäten des Femurkopfes ausgemacht werden, welche einen Rückschluss auf eine Hüftdysplasie erlauben. In den Abhandlungen über die Gelenke beschrieb Hippokrates vier Formen der Oberschenkelluxation und versuchte die Ätiologie mittels Dislokation im Mutterleib zu erklären (1). Detailliertere Untersuchungen erfolgten dann im 17. und 18. Jahrhundert im Zuge der in dieser Epoche vermehrt durchgeführten anatomischen Obduktionen, unter anderem durch den Arzt Giovanni Battista Palletta. Dieser beschrieb erstmalig exakt die Hüftgelenke eines 15 Tage alten Knaben mit doppelseitiger Hüftluxation (1). Die damals durch Obduktionsberichte überlieferte Prävalenz lag seiner Ansicht nach weit unter der tatsächlich beobachteten. Zudem stellte der Anatom und Anthropologe Pieter Camper zur selben Zeit bereits eine örtliche Häufung von Hüftluxationen fest.

Durch diese und weitere Untersuchung kam man zur Erkenntnis, dass die Pathologie vor allem in der knöchernen Gelenkverbindung zu suchen sei.

Um das 19. Jahrhundert kam dann durch den Chirurgen Jacques Mathieu Delpech der Gedanke auf, dass die Genese in der muskulären und nervalen Komponente zu suchen sei (1). Friedrich August von Ammon wiederum brachte eine weitere Theorie etwas später im 19. Jahrhundert auf, nach der es zu einer Anomalie der Embryonalentwicklung gekommen sein müsste (1).

Am Ende des 19. Jahrhunderts sah man die Ursache der Hüftdysplasie in der Genese der Entwicklungsmechanik des Fetus im Uterus (2). Ab dem 20. Jahrhundert kamen dann noch die hormonellen Erklärungsansätze hinzu, in welchen das Progesteron einen lockernden Einfluss hat und das Östrogen einen verfestigenden. In Familien mit generalisierter Gelenkschlaffheit sah man eine angeborene Gelenkinstabilität bei den Kindern, zudem wurde eine erbliche Prädisposition zur flachen Hüftpfanne vermutet (1,2).

Prävalenz

Insgesamt zeigt sich eine ca. 5–10 %ige Prävalenz (3) der Hüftdysplasie. Es sind jedoch geografische Häufungen erkennbar. In Mitteleuropa liegt diese bei 2–4 %, in Skandinavien, England und den USA bei 0,5–1 %. Bei den Naturvölkern Afrikas, Chinas und Südostasiens ist die Hüftdysplasie hingegen so gut wie unbekannt (4). In nördlichen Ländern wie Lappland zeigt sich eine hohe Prävalenz mit 5 %, in Japan sogar 10 % (5). Das Geschlechterverhältnis liegt bei 4:1 (weiblich: männlich) (6).

Ätiologie

Grundsätzlich können nach Dunn (7) zwei Arten von Hüftdysplasie unterschieden werden. Die erste Art beschreibt eine angeborene Instabilität mit generalisierter Gelenkschlaffheit. Hierbei spielen neben genetischen und konstitutionellen vor allem hormonelle Faktoren eine Rolle (7). Nennenswert sind das Progesteron, Östrogen und Relaxin, welche eine Rolle als lockerndes Agens einnehmen (8). Es wird vermutet, dass im zweiten und dritten Trimenon die Hormone der Mutter auf den Fetus übergehen, dessen Leber aber noch nicht ausreichend zur Inaktivierung befähigt ist. Die mütterliche Östrogen- und Relaxinproduktion führt dann auch beim weiblichen Fetus zu dessen Beckenauflockerung. Deshalb sind von dieser Variante hauptsächlich Mädchen betroffen (13 Mal häufiger als Jungen) (9).

Die zweite Art geht nicht von einer wesentlichen Bandlaxität aus. Hier steht die flache Hüftpfanne im Zentrum. Als Hauptursache für die verminderte Bildung der Pfanne werden ein Oligohydramnion und eine Steißlage gesehen. Diese führen zu einem Platzmangel des Kindes im Uterus und somit zu einem mechanischen, deformierenden Druck. Als Risikofaktoren für einen intrauterinen Platzmangel gelten weiterhin die Erstschwangerschaft, mütterlicher Bluthochdruck und fetale Wachstumsverzögerungen (9). Hierbei liegt die Geschlechterverteilung bei 1:2 (Jungen: Mädchen). Es ist eine Assoziation der Hüftluxation zu Gesichts- und Schädeldeformitäten, zur Skoliose und zum Klumpfuß bekannt (9).

Nach der Geburt findet sich dann in beiden Fällen eine Instabilität des Hüftgelenks, welche sich bei 90 % spontan wieder bessert. Werden die Kinder –wie dies bei den Inuit oder Ureinwohnern Amerikas üblich ist – mit gestreckten Beinen gewickelt, kommt es nicht zu einer Zentrierung des Hüftkopfes. Im Gegensatz dazu sorgt die Wickelung in Abduktion – wie bei den Naturvölkern Afrikas – für eine verbesserte Hüftkopfplatzierung innerhalb der Hüftpfanne. Die Streckung wird

allgemein als luxationsfördernd angesehen. Somit könnte die geografische Verteilung durch die verschiedenen Formen des Wickelns erklärt werden (2).

Klinik

Die Schwere der dysplastischen Veränderung nach der Geburt reicht von einer prognostisch guten Kapsellaxizität, über einen bereits veränderten knorpeligen Pfannenrand mit Cranialisierung und Bildung einer sekundären Pfanne. Es ist entscheidend, wie gut der Hüftkopf zentriert ist und somit eine ausreichende Überdachung vorliegt. Erste Hinweise können eine Asymmetrie der Glutealfalten, eine Beinlängendifferenz oder eine Abspreizhemmung bieten. Erstere erweisen sich als sehr unsichere Zeichen, da 40 % der gesunden Neugeborenen eine Faltenasymmetrie aufweisen und sie erst bei höhergradigen bzw. meist erst bei luxierten Hüften zum Tragen kommt (9). Gleiches gilt auch für die Beinlängendifferenz. Von den klinischen Testungen nach Barlow und Ortolani, durch welche eine Luxation des Hüftgelenks mit einhergehendem Klickgeräusch erzeugt wird, wird heutzutage aufgrund der Verletzungsgefahr Abstand genommen. Bei älteren Patienten kann eine vollkommene klinische Inapparenz vorliegen bis zu Einschränkungen in der Bewegung durch Beinlängendifferenzen (Galeazzi-Zeichen) und einer Muskelinsuffizienz in Form des Duchenne-Hinkens (9).

Klassifikation und Diagnostik

Eine große Verbesserung in der Diagnostik und Prävention von Langzeitschäden der Hüftdysplasie stellt die in den 80er Jahren eingeführte Hüftgelenkssonografie im Rahmen der U3, gegebenenfalls auch der U2, dar (9). Hierdurch konnte das durchschnittliche Alter bei Diagnose von mehr als 8 Monaten auf wenige Wochen reduziert werden (10). Zur Beurteilung der Hüfte werden zum einen der Pfannendachwinkel und zum anderen der Knorpeldachwinkel bestimmt (11).

Das Röntgenbild verlor zwar nach der Einführung der Hüftsonografie die Stellung als Methode der Wahl in der Diagnostik der Hüftdysplasie (1), jedoch behält es weiterhin Relevanz aufgrund der Möglichkeit, eine durch Hüfteinstellungsmanöver entstandene Hüftkopfnekrose auszuschließen. Über das Röntgenbild erfolgt sowohl die Beurteilung der Ossifikation des Pfannendachs als auch die Bestimmung des AC-Winkels und des ACM-Winkels, der eine Aussage über die Pfannentiefe machen lässt (12). Bei dem AC-Winkel ist die starke Altersabhängigkeit zu beachten (12).

Die Arthrographie bleibt dislozierten Hüftgelenken vorbehalten. Sie hilft vor allem, ein Repositionshindernis darzustellen, wie z. B. einen Kapselsthmus oder einen eingeschlagenen Limbus (9). Nach erfolgter Reposition dient sie als gute Methode zur Kontrolle des Ergebnisses (13).

Frühkindliche Behandlungen konservativ und operativ

Wenn in der Screeninguntersuchung eine Hüftdysplasie diagnostiziert wurde, wird zunächst versucht, eine konservative Behandlung durchzuführen. Nach Tönnis (14) erfolgt die Therapie mittels Beugespreizschienen oder Hocksitzgipsen nach Fettweis. Er nennt als schwerwiegendste Komplikation der Hüfteinstellung die Hüftkopfnekrose.

Bei dem Beginn der Behandlung vor dem 3. Lebensmonat kann annähernd eine 100 %ige Ausheilung erreicht werden, bis zum 6. Lebensmonat eine 75 %ige, bis zum 1. Lebensjahr eine 50 %ige und bis zum 2. Lebensjahr eine 25 %ige (9).

Je nach pathologischen Befund stehen verschiedene Ziele im Zentrum. Bei einer Instabilität soll mittels Immobilisation in Abspreizung (via Spreizkissen, Spreizhosen, Spreizschienen, von Rosen-Splint) eine Stabilisierung geschaffen werden. Bei bereits dislozierter Hüfte erfolgt die Reposition in die primärrere knorpelige Pfanne mittels Pavlik-Bandage, welche zugleich die Retention erhält. Die Retention soll so lange durchgeführt werden, bis das knöchernen Pfannendach eine ausreichende Stabilität gewährleistet. Darüber hinaus kann mittels Extensionsbehandlung in verschiedener Technik und Zugrichtung die Gelenkkapsel aufgeweitet werden. Ist der Hüftkopf selbst nach Traktion jedoch irreponibel, muss eine offene Reposition erfolgen. Diese kann von medial nach Ludloff, ventral nach Smith-Petersen oder anterolateral erfolgen (15).

Wird eine Dysplasie zu spät erkannt oder bestehen weiterhin dysplastische Anteile, ist eine operative Behandlung indiziert. Angriffspunkt ist sowohl der proximale Femur (Verkürzungen und Umstellungen), das Acetabulum (Acetabuloplastik) oder aber auch das Becken (Beckenosteotomien). Die Abbildung 1 gibt einen systematischen Überblick über die operativen Versorgungsmethoden.

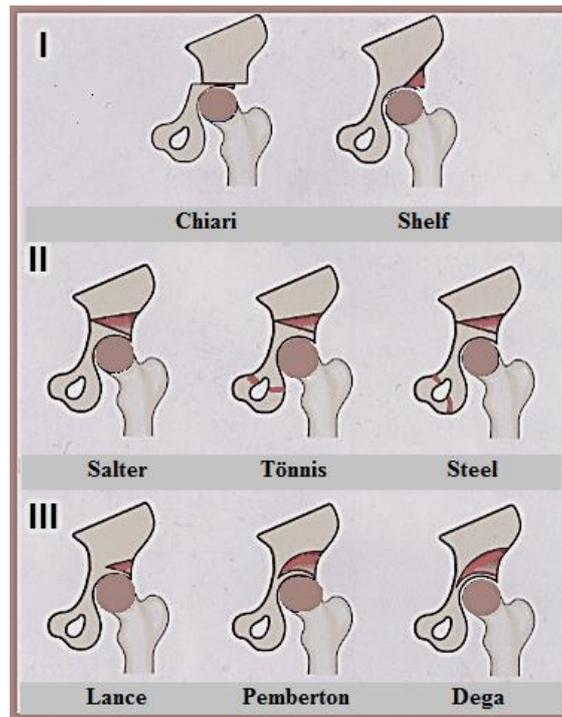


Abbildung 1: Operative Behandlungsmöglichkeiten der Hüftdysplasie.
I Kapselplastiken, II Beckenosteotomien, III Pfannendachplastiken.

Hüftdysplasie im Erwachsenenalter

Eine unerkannte Hüftdysplasie kann unter Umständen erst im Erwachsenenalter zu erstmaligen Beschwerden führen. Meist kommt es dann zunächst beim Sport oder bei starken Belastungen zu Schmerzen in der Leiste oder in der seitlichen Hüfte. Auch plötzliche Gelenkblockaden, ein Instabilitätsgefühl oder ein „Wegknicken“ des Gelenks können auftreten.

Als Diagnostikverfahren gilt die Beckenübersicht als Goldstandard. Hierbei wird insbesondere ein Augenmerk auf die Überdachung des Femurkopfes sowie dessen Zentrierung und den Arthrosegrad gelegt. Entscheidend sind hierbei die Bestimmung des CE-Winkels, AC-Winkels, Dysplasiegrads nach Crowe und des Arthrosegrads nach Tönnis bzw. nach Kellgren-Lawrence.

Als Therapiemöglichkeit besteht ein konservativer Ansatz mit Meidung von Bewegungen mit starker Stoßbelastung, Kräftigung der hüftstabilisierenden Muskulatur, Analgesie und mit physiotherapeutischen Übungen. Als operative Verfahren sind vor allem die Umstellungsosteotomien nach Ganz und Tönnis zu nennen.

Die periacetabuläre Umstellungsosteotomie nach Ganz wird bei geschlossener Y-Fuge durchgeführt, was ungefähr einem Alter von 13–14 Jahren geschlechtsabhängig (16) entspricht. Das Verfahren genießt weite Akzeptanz und wird im Erwachsenenalter hauptsächlich zur

Umstellung bei Hüftdysplasie gewählt. Kritiker bemängeln jedoch ein Defizit an Langzeitstudien (17), die frühzeitigen klinischen Resultate hingegen erweisen sich als sehr gut bei einer niedrigen Komplikationsrate (18). Durch dieses Operationsverfahren sind ausgedehnte Neuorientierungen des Acetabulums möglich. Das Acetabulum wird ausgemeißelt, indem das Os ilium, pubis und ischii unvollständig durchtrennt werden (18). Hierzu wird über einen modifizierten Smith-Petersen-Zugang die Spina iliaca anterior superior osteotomiert. Über den distalen Anteil des Schnittes erfolgt von ventral die Osteotomie des Os ischiis. Der obere Schambeinast wird medial der Eminentia iliopectinea osteotomiert. Supraacetabulär wird am distalen Rand der Spina iliaca anterior superior beginnend senkrecht nach dorsal osteotomiert. Die verbliebene ossäre Verbindung wird in Folge mit einer Schanz-Schraube und Spreizzange kontrolliert gebrochen. Es kann nun das Acetabulum frei in die gewünschte Form gebracht werden und, nach vorangegangener Fixierung mittels Kirschner-Draht, eine endgültige Fixierung mittels Kortikalisschrauben nach entsprechender röntgenologischer Lagekontrolle erfolgen. Bei diesem Operationsverfahren bleibt der Beckenring intakt (19). Da bei diesem Verfahren das kleine Becken unverändert bleibt, müssen die operierten Frauen keine Einschränkung hinsichtlich einer vaginalen Geburt erwarten (20). Ein weiterer Vorteil ist, dass direkt nach der Operation eine Teilbelastung möglich und keine Immobilisation vonnöten ist (18).

Ein weiteres Korrekturverfahren ist die Tripleosteotomie nach Tönnis. Hierbei wird über dem Lig. sacrotuberale in Seitenlage inzidiert. Es erfolgt die Osteotomie auf einer Linie von der Incisura ischiadica bis zum ventralen Anteil des Tuber ischiadicum. Über dem Schambein wird doppelt schräg mittels Sägeblatt osteotomiert, 45° nach medial und 45° nach kaudal. Am Os ileum wird die Haut auf einer Länge von 10 cm inzidiert und mithilfe einer Schanzschraube von der Innenseite osteotomiert. Die Pfanne kann nun in jede beliebige Richtung geschwenkt werden. Nach röntgenologischer Kontrolle wird mittels Schrauben am Darm- und Schambein fixiert. Im Gegensatz zur PAO kommt es bei diesem Verfahren zu einer Durchtrennung des hinteren Hüftpfelers. Da die Beckenausgangsebene verändert wird, ist unter natürlicher Geburt eine Beeinflussung möglich. Es werden jedoch keine erhöhten Komplikationsraten beobachtet (19).

Prognose

Selbst nach erfolgreicher Behandlung im Säuglings- und Kindesalter zeigt sich, dass die Hüftpfanne in der Pubertät durch einen vorzeitigen Verschluss der Y-Fuge wieder dysplastische Züge annehmen kann (6). Das acetabuläre Missverhältnis führt zu einer erhöhten Belastung der Weichteile, des Labrums, des Knorpels und der Kapsel (21).

Sowohl milde Formen der Hüftdysplasie (22) als auch definitive Dysplasien stellen einen Risikofaktor für die Entwicklung der Hüftgelenksarthrose dar (23, 24). Die sekundäre Arthrose aufgrund einer Hüftdysplasie ist eine der häufigsten Ursachen für die Implantation einer Totalendoprothese bei Patienten unter 60 Jahren. Sie liegt in 29 % der Fälle bei totalendoprothetisch versorgten Patienten unter 60 Jahren vor (25). Wiederum lässt sich sagen, dass 40–50 % der Patienten mit unbehandelter Dysplasie ohne Subluxation mit 50 Jahren an einer fortgeschrittenen Hüftgelenksarthrose leiden (19). Die Hüftarthrose bedeutet zum einen für den Patienten eine funktionelle Einschränkung verbunden mit Schmerzen und zum anderen für die Wirtschaft eine große Belastung sowohl durch direkte Behandlungskosten als auch den produktiven Ausfall des Betroffenen (26).

Die Problematik der Hüftdysplasie als Arthrose prädisponierender Risikofaktor

Wie bereits oben dargelegt, gilt für die Entwicklung einer Dysplasiacoxarthrose als gesichert, dass eine unzureichende Überdachung des Hüftkopfes mit einer Überbelastung der die Last tragenden Gelenkfläche einen beschleunigten Verschleiß des Gelenkknorpels und im zeitlichen Verlauf eine Veränderung der knöchernen Anteile bewirkt (27). Die Hüftgelenksdysplasie hat eine relevante Bedeutung für die Entstehung der Coxarthrose und der therapeutischen Gelenkersatzverfahren.

Das Problem der vorzeitigen Entwicklung einer Arthrose mit zuvor jahrelangen schmerzhaften Bewegungseinschränkungen führt zu einer frühzeitigen Implantation einer Endoprothese. Es zeigt sich entsprechend dem Endoprothesenregister insbesondere bei jungen Patienten eine geringe Standzeit der Prothese, aufgrund der hohen Aktivität und der damit einhergehend hohen Verschleißrate. Dies führt wiederum zu der Notwendigkeit von Wechseloperationen, die nur begrenzt oft durchführbar sind aufgrund eines zunehmenden Verlusts der Knochensubstanz mit der Folge einer mangelhaften Implantatverankerung. Ebenso haben Wechseloperationen erhöhte Komplikationsraten hinsichtlich der Lockerung, Luxation und Infektion. Daher ist es sinnvoll, frühzeitig bei bekannter Hüftdysplasie entgegenzusteuern, wünschenswert gelenkerhaltend.

1.2 Einführung in die Aufgabenstellung

Die klinische Manifestation einer Hüftdysplasie erfolgt häufig zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr, in Form von belastungsabhängigen Schmerzen im Bereich des Hüftgelenkes. Diese Schmerzen sind die Folge einer zunehmenden Dekompensation des mechanisch überbelasteten Gelenkknorpels.

Bei den betroffenen Patienten handelt sich vornehmlich um junge Patienten, die zum Teil sportlich aktiv sind, sich in einem Alter der beruflichen und familiären Entwicklungsphase befinden. In der Regel liegen bis zur ersten Symptomatik keinerlei Einschränkungen vor und es bestand eine sehr gute Beweglichkeit. Die Patienten werden meist sehr unerwartet mit einer körperlichen Beeinträchtigung konfrontiert, welche durch konservative Maßnahmen nur unzureichend therapierbar sind. Die Beschwerdeintensität zeigt starke Schwankungen im Verlauf, was bei vielen Betroffenen die Hoffnung auf eine konservative Heilung erweckt.

Eine Option zur Korrektur der Dysplasie bietet die Umstellungsosteotomie des Hüftgelenkes.

Eine von mehreren möglichen Umstellungsosteotomien ist die Operation nach Ganz aus dem Jahre 1988 (PAO; periacetabuläre Osteotomie) (18). Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine periacetabuläre Osteotomie. Es werden das Os ileum, Os ischii und Os pubis osteotomiert. Das Resultat ist eine extraartikuläre polygonale Osteotomie (28).

Wie bei jedem operativen Eingriff müssen jedoch die Risiken und Nutzen gegeneinander abgewogen werden. Ein Risiko liegt in einer übermäßigen Korrektur mit der Eventualität der Generierung eines femoralacetabulären Impingements (FAI). Umgekehrt könnte es zu einer Unterkorrektur der Überdachung des Hüftgelenkes kommen mit unzulänglichem protektivem Nutzen. Überdies könnten die Osteotomiezonen ungenügend verknöchern mit der Folge eines Pseudogelenkes. Perioperativ können Gefäße und Nerven (insbesondere die Vasa femoralis und der Nervus ischiadicus) verletzt werden und eine Fraktur des Acetabulums oder des Femurhalses ist möglich (29). In der Literatur zeigt sich in einer retrospektiven Follow-up Studie über im Durchschnitt 20 Jahre, dass die PAO eine effektive Technik sein kann, um Beschwerden im Bereich des Hüftgelenks zu reduzieren und den Hüftgelenkersatz zu verhindern. Es wurden 68 Hüften untersucht, welche im Durchschnitt mit 29 Jahren operiert wurden, hiervon hatten 24 % präoperativ Anzeichen von Arthrose. Es wurden in der Zeit der Observation keine größeren Veränderungen der radiologischen Parameter, abgesehen des Arthrosegrades festgestellt. Zudem konnten sechs Vorhersagefaktoren für ein schlechtes Outcome definiert werden – das OP-Alter, präoperativer Merle d'Aubigné und Postel Score, ein positiver anteriorer Impingement-Test, Humpeln, der Arthrosegrad und der postoperative Extrusionsindex (30).

Beim rechtzeitigen Durchführen (Arthrosegrad Tönnis 0 und 1), der korrekten Indikation und guter Operationstechnik können gute Resultate erwartet werden (19, 31, 32).

Eine weitere Studie, welche 121 Hüften über im Durchschnitt 18 Jahre retrospektiv untersuchte, konnte zeigen, dass 53 % der Hüften vollständig beschwerdefrei blieben, 26 % entwickelten

Beschwerden (gemessen an Aktivität, Schmerz und allgemeinem Gesundheitszustand) und 21 % erhielten eine Hüft-TEP durchschnittlich 9 Jahre nach PAO. Als Faktoren für eine Progression der Hüftarthrose sahen sie ein OP-Alter über 25 Jahre, schlechte präoperative Hüftkongruenz und einen präoperativen Gelenkspalt, der kleiner als 2 mm oder größer als 5 mm war (33). Eine 5 Jahre Follow-up Studie mit 67 durch PAO operierte Patienten konnte eine 94,1 % Rate erzielen ohne Reoperation (Arthroskopie, TEP) (34).

Eine Studie aus dem Jahr 2010 untersuchte die Komplikationen, welche mit einer PAO assoziiert waren (35). Hierzu wurden 83 Hüften untersucht auf kleinere Komplikationen (22 %) (Pseudarthrose des oberen Schambeinastes, oberflächliche Abszesse und eine vorübergehende Lähmung des Nervus cutaneus femoris lateralis) sowie größere Komplikationen wie das Entfernen von störenden Schrauben (11 %) und eine Zweitoperation zur Reposition des acetabulären Fragments (2 %). Das Vorliegen von Grunderkrankungen neben der Hüftdysplasie zeigte sich als Risikofaktor für kleinere Komplikationen, wohingegen eine lange OP-Dauer, größerer Blutverlust und eine proximale femorale Osteotomie die Rate an Majorkomplikationen erhöhte (35).

Den genannten Risiken ist die verbesserte Gelenkfunktion mit deutlicher Reduktion des Schmerzniveaus gegenübergestellt. Diesen Vorteil bemerken die operierten Patienten zeitnah. Die Langzeiterfolge im Sinne einer Arthroseprävention hingegen zeigen sich erst zu einem späteren Zeitpunkt. Es stellt sich die Frage, in wie weit eine standardisierte Empfehlung der Umstellungsosteotomie bei jungen symptomatischen Patienten erfolgen sollte. Daher wünschen sich die Betroffenen häufig in der Beratung eine prognostische Schätzung und eine möglichst exakte Bestimmung des Zeitpunktes einer möglichen Totalendoprothese aufgrund eines fortlaufenden Gelenkverschleißes.

Hierbei zeigt sich jedoch, dass eine mangelnde Datenlage vorliegt. Dies gab den Anlass für die folgende Arbeit, um sowohl dem behandelnden Arzt als auch dem Patienten bei der Entscheidungsfällung für oder gegen eine Umstellung zu helfen. Es sollte eine objektive Möglichkeit zur Berechnung des OP-Alters geschaffen werden. Darüber hinaus sollte versucht werden, die Frage nach der Notwendigkeit einer Totalendoprothese aufgrund der vorliegenden Dysplasie zu beantworten.

Studienziele

Ziel dieser retrospektiven Arbeit ist, anhand der Anatomie der Hüftdysplasie das voraussichtliche Alter bei Hüftendoprothesenimplantation zu bestimmen. Es soll zum einen die

Indikationsstellung für eine periacetabuläre Umstellungsosteotomie erleichtern und zum anderen dem Betroffenen einen Anhaltspunkt zur Abwägung des Kosten-Nutzen-Risiko-Profiles jener Operation bieten. Es wird dem Betroffenen ein Anhaltspunkt für den zeitlichen Rahmen des endoprothetischen Ersatzes gegeben und stellt somit eine Hilfestellung bei der Lebensplanung dar.

Es werden die Patienten mit Totalendoprothese bei Dysplasiecoxarthrose erfasst und es wird mittels Bildauswertung eine Datenbank erstellt. Es erfolgt eine deskriptive Beschreibung der einzelnen Parameter, zudem eine Berechnung der intervariablen Abhängigkeit, um ein umfassenderes Verständnis der Hüftanatomie zu schaffen und gleichzeitig eine mögliche Redundanz einzelner Parameter aufzudecken. Es wird berechnet, welche Parameter die stärkste Korrelation zum OP-Alter aufweisen. Die Regressionsanalyse ermittelt die Parameter mit dem stärksten Voraussagewert und ermöglicht die simultane Miteinbeziehung mehrerer Variablen. Die Regressionsformel ermöglicht mittels röntgenologisch messbarer Daten die Berechnung des voraussichtlichen Alters bei Hüftendoprothesenimplantation.

Darüber hinaus erfolgt eine Unterteilung in parameterspezifische Gruppen wie den Luxationsgrad, die Kopfdeformität, den CE- und AC-Winkel, um den Einfluss und die Relevanz der jeweiligen Parameter durch den Vergleich der Altersmittelwerte zu ermöglichen.

Die Berechnungen erfolgen jeweils für zwei Gruppen – das gesamte Patientenkollektiv und die Hüften, die das Kriterium der Stuhlbergklassifikation gleich 1 erfüllen, um dadurch Einflussfaktoren wie einen unrunderen Femurkopf weitestgehend auszuschließen.

Die gewonnenen Daten sollen mit der aktuellen Literatur, vor allem mit Daten von nicht dysplastischen Coxarthrosepatienten, dabei insbesondere mit deren Gelenkanatomie, Alterszeitpunkt der TEP-Implantation, Implantatwahl und Komplikationen verglichen werden.

Fragestellung

- 1) Welche anatomische Geometrie liegt bei einer dysplastischen Hüfte vor?
- 2) Durch welche Geometrie und Komorbiditäten wird das OP-Alter beeinflusst und lässt sich der OP-Zeitpunkt im Voraus berechnen?
- 3) Ist die Möglichkeit des Treffens einer Prognose bei Stuhlberg 1 Patienten, somit nicht entrundetem Hüftkopf, besser? Kann daraus die Empfehlung einer frühzeitigeren Diagnostik und ggf. Therapieempfehlung folgen, da zu Beginn der Erkrankung der Hüftkopf noch nicht so deutlich entrundet ist und somit eher in die Kategorie Stuhlberg 1 fällt?

- 4) Welche Faktoren haben darüber hinaus Einfluss auf die Entstehung der Dysplasiecoxarthrose? Welche anatomischen Parameter sind bei der Prognose redundant? Welche Parameter korrelieren so ausgeprägt miteinander, dass die Bestimmung beider Parameter keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn bringt?
- 5) Wie ist in der Literatur das durchschnittliche Alter von Hüftdysplasiepatienten beschrieben beim Schmerzeinsetzen als auch zur TEP-Implantation im Vergleich zu Patienten, welche mittels PAO versorgt wurden?
- 6) Welche Implantate waren häufig vertreten und kam es zu einer unerwartet hohen Komplikationsrate?

2 Material und Methoden

In diese retrospektive Arbeit wurden Patienten eingeschlossen und untersucht, die am Centrum für muskuloskeletale Chirurgie (CMSC), Klinik für Orthopädie am Campus Charité Mitte, aufgrund einer Dysplasiecoxarthrose mittels einer Hüfttotalendoprothese (H-TEP) im Zeitraum vom 01.01.2005 bis zum 31.01.2014 operativ versorgt wurden. Es erfolgte sowohl eine röntgenologische Auswertung der prä- und postoperativen Hüftgelenksanatomie als auch die Aufarbeitung der demografischen Daten, des operativen Outcomes sowie Belastungs-/Risikoprofil mittels BMI, Beruf, sportlicher Aktivität und hüftrelevanter Nebendiagnosen. Zusätzlich wurde eine telefonische Umfrage durchgeführt, um weitere demografisch relevante Faktoren wie z. B. das Körpergewicht zum Zeitpunkt der OP zu bestimmen.

2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden alle Patienten, die aufgrund einer Dysplasiecoxarthrose eine Hüfttotalendoprothesenversorgung im CMSC erhielten. Das Vorliegen einer Dysplasie wurde anhand röntgenologischer Parameter mit einem CE-Winkel $\leq 30^\circ$ und einem AC-Winkel $\geq 10^\circ$ sowie nach Crowe-Klassifikation 1–3 definiert (36, 37). Entsprechend wurden Patienten mit einem CE-Winkel $>30^\circ$ oder einem AC-Winkels $<10^\circ$ sowie mit einer hohen Hüftluxationen (Crowe 4) ausgeschlossen. Des Weiteren wurden Patienten ausgeschlossen, die anamnestisch innerhalb der letzten 20 Jahre am betroffenen Hüftgelenk voroperiert wurden. Lagen veränderte anatomische Bedingungen vor, die die Bestimmung eines Hüftgelenksparameters unmöglich machten wie z. B. das Fehlen des Trochanter minors bei der Bestimmung des Femoral-head-ratio, wurde der entsprechende Patient für den zu bestimmenden Parameter aus der Wertung ausgeschlossen.

2.2 Patientenkollektiv

Die Patientenselektion erfolgte mittels Suchmaschine über das krankenhausinterne Informationssystem und das digitale Patientenarchiv (SAP). Insgesamt wurden 2852 Patienten selektiert, die zwischen dem 01.01.2005 und dem 31.01.2014 mit der gewählten Prozedur „Implantation einer zementierten oder unzementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk“ (5-820**) versorgt wurden. Von den 2852 selektierten Patienten hatten 433 die Diagnose „einseitige oder beidseitige dysplastische Coxarthrose“ (M16.3). Diese 433 Fälle wurden dann röntgenologisch auf das Vorliegen einer Dysplasie entsprechend den o. g. röntgenologischen Parametern geprüft. Wie bereits erwähnt wurden hohe Hüftluxationen (Crowe 4) aussortiert. So

konnten 254 Hüften und 226 Patienten selektiert werden. Davon wiederum zeigten sich bei neun Patienten bildmorphologische Zeichen einer femoralen oder acetabulären Korrekturosteotomie. Da der zeitliche Abstand der Korrekturosteotomie zur TEP-Implantation nicht eruierbar war, wurden diese Patienten in der Auswertung nicht berücksichtigt.

Von den eingeschlossenen 217 Patienten war es möglich 116 (134 Hüften) telefonisch zu erreichen und zu befragen (Abbildung 2).

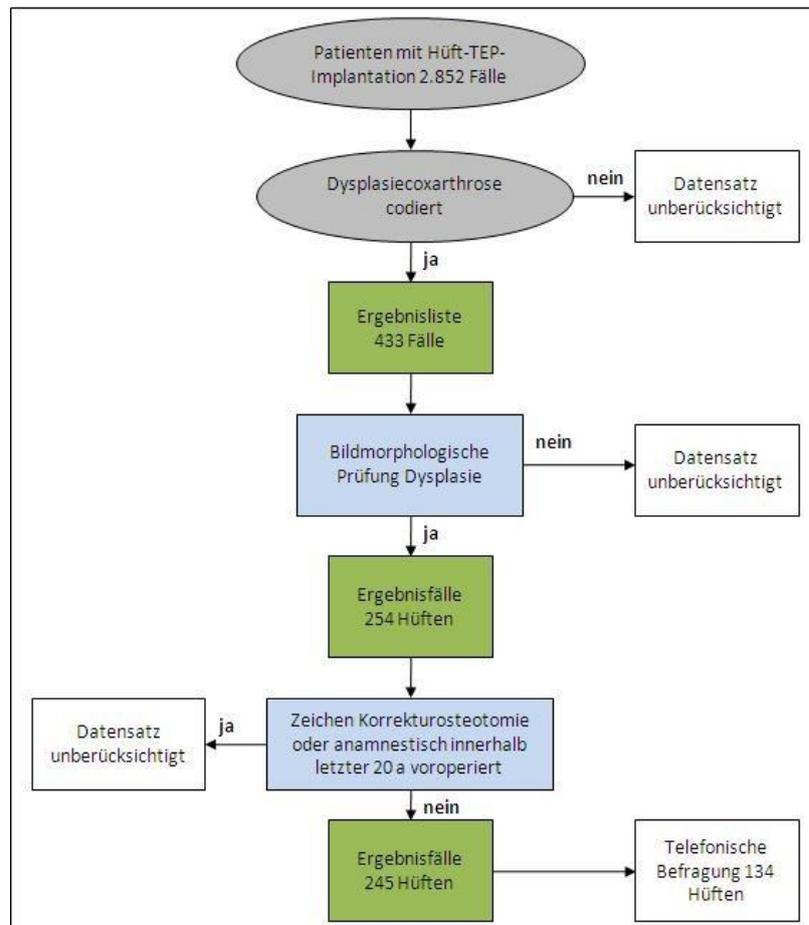


Abbildung 2: Systematik der Patientenselektion, Datenverarbeitung und Auswahlprozess der Studienpatienten aus dem Zeitraum 01.01.2005 bis 31.01.2014

2.3 Röntgenologische Untersuchung

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte über ein eigens programmiertes Bildauswertungsprogramm. Die Längen, Winkel und Abstände wurden maßstabsgetreu ermittelt. In den Röntgenbildern wurden der CE-Winkel nach Wiberg, der Tragflächenwinkel (AC-Winkel), der Pfannenindex, der Femoral-head-extrusion-index, die Inklination, der Sharp-Winkel, der Luxationsgrad, die Einteilung nach Crowe und nach Stuhlberg, das Femoral-head-ratio (FHR), der Femoral-head-neck-index, das Hüftzentrum, das femorale Offset, der Centrum-Collum-

Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel), die minimale Gelenkspaltweite (MGSW), der Arthrosegrad nach Tönnis und die anatomische Beinlängendifferenz bestimmt.

CE-Winkel nach Wiberg

Der von G. Wiberg 1939 eingeführte (38) und bis heute als ausschlaggebend bei der Klassifikation einer Hüftdysplasie geltende Centrum-Excenter-Winkel (CE) wird wie folgt bemessen: In der a.-p.-Beckenübersicht wird vom Drehzentrum des Hüftgelenks eine Senkrechte zur Beckeneingangsebene und eine weitere Gerade zum äußeren Pfannenerker gezogen. Diese beiden Geraden bilden den CE-Winkel (Abbildung 11). Entsprechend der Literatur kann ein CE-Winkel $\leq 30^\circ$ als pathologisch angenommen werden (36).

Pfannendachwinkel (AC-Winkel)

Zur Beurteilung des Pfannendachwinkels nach Hilgenreiner (AC-Winkel) wird in der a.-p.-Beckenübersicht die Beckeneingangsebene bestimmt und diese parallel verschoben bis zum medialen Anteil der acetabulären Sklerosierungszone (ursprüngliche Verwachsung der y-Fuge (39)). Von diesem Punkt wird eine Gerade bestimmt, die am lateralen Pfannenerker endet und mit der parallel verschobenen Beckeneingangsebene den AC-Winkel bildet (Abbildung 3). Ein AC-Winkel $> 10^\circ$ wird als dysplastisch angesehen (37)).

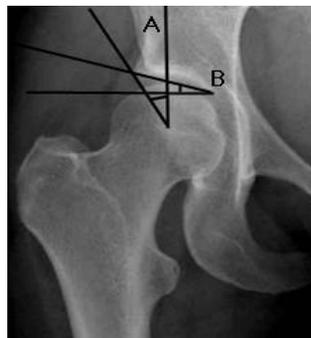


Abbildung 3: CE- (A) und AC-Winkel (B).

Pfannenindex (PI)

Der Pfannenindex (PI) gibt Aufschluss über das Verhältnis der Tiefe der Pfanne zu ihrer Breite. Er wird bestimmt, indem man den Quotienten aus Pfannentiefe und Pfannenbreite mit 100 multipliziert (Abbildung 4).

$$PI = \frac{B}{A} \times 100$$

Laut R. Bauer und H. Jünger 1974 (24) gilt ein PI >40 als sehr gut, >35 als gut, >30 als befriedigend und <30 als ungenügend.



Abbildung 4: Pfannenindex=Verhältnis von Pfannentiefe (B) zur -breite (A) $PI = B/A \times 100$.

Femoral-head-extrusion-index (FHEI)

Dieser Index gibt Rückschluss über den prozentualen Anteil der Epiphyse, der acetabulär überdacht ist. Er resultiert aus dem Verhältnis von überdachter Epiphysenbreite (A) zur gesamten Epiphysenbreite (B) (Abbildung 5).

$$FHEI = \frac{A}{B} \times 100$$

Eine Überdachung von <74 % gilt als dysplastisch (24). Als optimal gilt ein Wert von 100 %, was einer kompletten Überdachung der Epiphyse entspricht.



Abbildung 5: Femoral-head-extrusion-index (FHEI) = Verhältnis von überdachter Epiphysenbreite (A) zur gesamten Epiphysenbreite (B) $FHEI = A/B \times 100$.

Inklination

Die Inklination ist ein Maß für die seitliche Kippung der Pfanne. Sie wird bestimmt, indem die Beckeneingangsebene parallel bis zum unteren Pol des Acetabulums verschoben wird. Von dort aus wird eine Verbindung zum oberen Pol des Pfannenerkers gebildet, welcher dann dem Inklinationswinkel entspricht (Abbildung 6). Die Inklination wurde sowohl prä- als auch zur Kontrolle der Pfannenposition postoperativ (siehe Abbildung 6B; hier gemessen über medialen und lateralen Pfannenpol des Implantats) ermittelt.

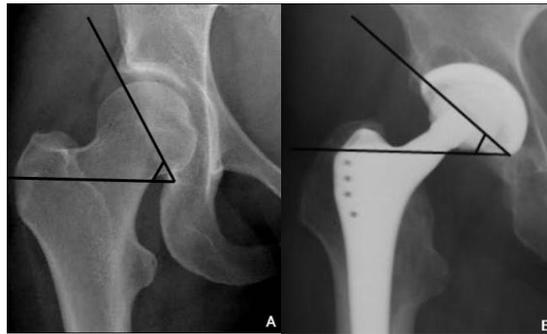


Abbildung 6: Inklination prä(A)- und postoperativ(B).

Sharp-Winkel

Dieser Winkel gibt ebenfalls Auskunft über die Steilheit des Acetabulums. Zur Bestimmung des Sharp-Winkels wird wieder die Beckeneingangsebene bestimmt und vom Boden der Tränenfigur eine Verbindung zum Pfannenerker gezogen. Der eingeschlossene Winkel entspricht dem Sharp-Winkel (Abbildung 7). Der Normbereich liegt bei $\leq 45^\circ$ (40).



Abbildung 7: Sharp-Winkel=Winkel von der Köhler'schen Tränenfigur zum Pfannenerker.

Luxationsgrad

Die Einteilung des Luxationsgrades erfolgt in 4 Graden. Vom Pfannenerker werden eine horizontale und eine vertikale Linie gezogen. Der erste Grad entspricht einer physiologischen Lage des Femurkopfes innerhalb des Acetabulums. Das Drehzentrum befindet sich medial der vertikalen und caudal der horizontalen Linie. Der Grad 2 entspricht einem nach lateral versetzten Drehzentrum mit caudaler Position zur horizontalen Linie. Der Grad 3 weist ein Drehzentrum auf, welches auf der horizontalen Linie liegt und der 4. Grad eines, welches cranial davon liegt (Abbildung 8) (41).

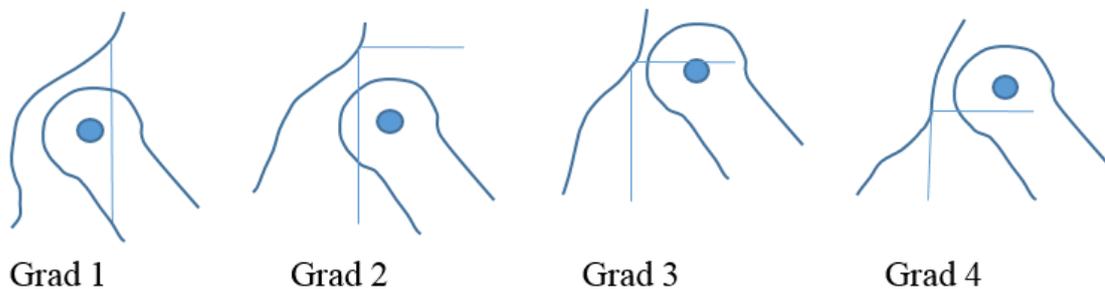


Abbildung 8: Luxationsgrad 1–4.

Crowe- Klassifikation

Die Einteilung nach Crowe ist eine klassische Schweregradeinteilung der Dysplasie des Hüftgelenkes. Sie beschreibt den Grad der Dezentrierung, der Subluxation und Luxation des Hüftgelenkes. Die Einteilung kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen.

Bei der ersten Variante wird der Abstand der caudalen Begrenzung der Köhler'schen Tränenfigur zum medialen Kopf-Hals-Übergang (A) in ein Verhältnis zur Beckenhöhe (B) gesetzt (Abbildung 9) (42).

Hier gilt dann:

- Crowe I: $A/B > 0,1$
- Crowe II: $A/B = 0,1-0,15$
- Crowe III: $A/B = 0,15-0,2$
- Crowe IV: $A/B > 0,2$.

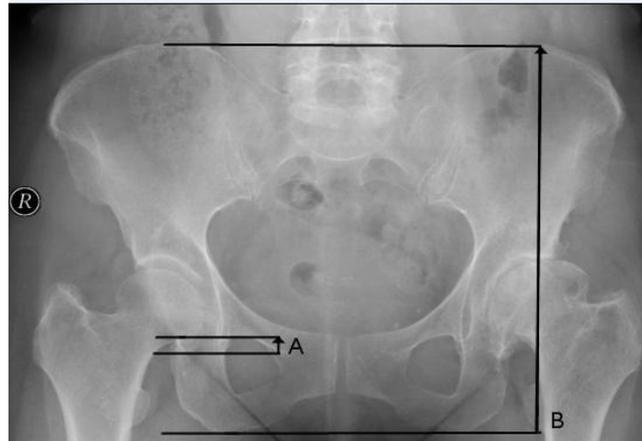


Abbildung 9: Crowe-Klassifikation: Das Verhältnis der Strecke A zu B bestimmt den Crowegrad.

Im Fall von tiefen Beckenübersichten mit nicht abgebildeten Darmbeinkämmen kann der Dysplasiegrad nach Crowe auch alternativ anhand der folgenden Kriterien bestimmt werden (43).

Crowe I: Das Femur und Acetabulum zeigen nur geringe Veränderung, die Dislokation des Drehzentrums beträgt weniger als 50 %.

Crowe II: Das Acetabulum zeigt Veränderung, die Dislokation beträgt 50–75 %.

Crowe III: Das Acetabulum hat keine ausreichende Überdachung, es kommt zur Entwicklung einer Neopfanne, die Dislokation ist bei 75–100 %.

Crowe IV: Eine regelrechte Pfanne existiert nicht, es liegt eine hohe Hüftluxation vor, der Kopf ist über 100 % disloziert.

Die hohen Hüftluxationen (Crowe 4) wurden aus dieser Arbeit ausgeschlossen, da eine Bestimmung der verschiedenen Winkel und Pfannenparameter nicht möglich ist.

Einteilung nach Stuhlberg

Diese Einteilung stammt aus der Klassifikation des Morbus Perthes (44) und beschreibt die Sphärizität des Hüftkopfes als auch die Kongruenz zum Acetabulum. Es gibt 5 Unterteilungen (Abbildung 10).

- I: runder Kopf – normale Hüfte
- II: runder Kopf – Coxa magna
- III: ovaler/pilzförmiger Kopf – Coxa magna
- IV: flacher Kopf – kongruent zum Acetabulum

- V: flacher Kopf – inkongruent zum Acetabulum

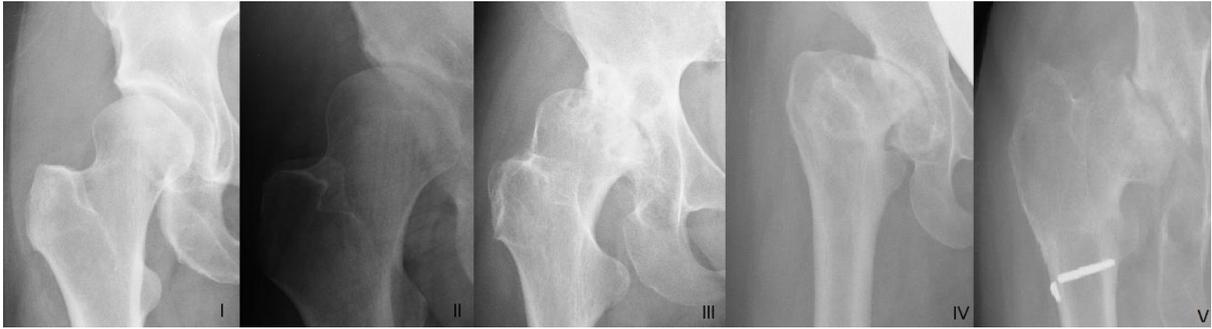


Abbildung 10: Röntgenologische Beispiele der Stuhlberg-Klassifikation Grad I-V.

Femoral-head-ratio (FHR)

Die Femoral-head-ratio beschreibt ebenfalls die Sphärizität des Femurkopfes. Sie wurde von Murray (45) definiert als Verhältnis vom medialen und lateralen Anteil des Femurkopfes ($FHR = \frac{med}{lat}$). Zur Bestimmung muss der Mittelpunkt der intertrochanteren Linie mit dem Mittelpunkt der Schenkelhalslinie verbunden und nach proximal entlang der Schenkelhalslinie verlängert werden. Diese Gerade teilt dann die Verbindungslinie der maximalen Femurkopfausdehnung in einen medialen und einen lateralen Anteil (Abbildung 11). Normwerte für Männer sind bei 0,62–1,92 und bei Frauen 0,66–1,36.

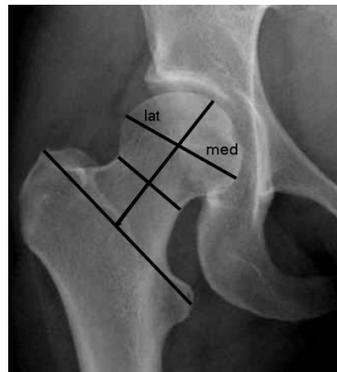


Abbildung 11: Femoral-head-ratio=Verhältnis medialer Anteil (med) zum lateralen Anteil (lat.) des Hüftkopfes.

Femoral-head-neck-index (FHNI)

Dieser Parameter beschreibt das Verhältnis von Schenkelhalskopflänge zur Schenkelhalsbreite, zur Beschreibung einer möglichen Pistol-Grip- oder auch CAM-Deformität. Er wird gebildet, indem man eine Verbindungslinie vom Mittelpunkt der intertrochanteren Linie zur mittleren Femurkopfbegrenzung zieht (A) und diese Strecke dann durch die der Schenkelhalsbreite (B)

dividiert (Abbildung 12). Das Verhältnis wird mit 100 multipliziert ($FHNI = \frac{A}{B} \times 100$) und sollte zwischen 150 und 190 liegen (46).



Abbildung 12: Femoral-head-neck-index=Verhältnis der Schenkelhalskopflänge A zur Schenkelhalsbreite B mit 100 multipliziert.

Hüftzentrum

Das Hüftzentrum ist das Drehzentrum des Hüftgelenkes und wurde zunächst mit Hilfe von Kreis- oder Ellipsenschablonen als Mittelpunkt des Femurkopfes bestimmt. Um die Koordinaten einheitlich zu beschreiben, wurde ein rechtwinkliges Dreieck gebildet (Abbildung 13), welches die Köhler'sche Tränenfigur mit dem Drehzentrum als Hypotenuse verbindet (3) und als weitere Schenkel die Longitudinal- (1) als auch Transversalachse (2) wählt. Die drei erhaltenen Strecken (1/2/3) wurden dann mit den postoperativ bestimmten Strecken verglichen und somit konnte eruiert werden, inwiefern sich das Hüftzentrum cranialisiert/caudalisiert bzw. medialisiert/lateralisiert hat.

Offset

Das femorale Offset ist ein wichtiger Parameter, um die Hebelkräfte der Hüftmuskulatur zu verstehen. Es beschreibt den Abstand vom Drehzentrum (A) senkrecht zur Verlängerung der proximalen Femurschaftachse (Abbildung 14). Da dieses auch entscheidend für das Outcome der Hüft-TEP-Implantation verantwortlich ist, wurde eine Messung prä- als auch postoperativ durchgeführt.

Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel)

Der CCD-Winkel gibt Aufschluss über die Stellung von der proximalen Femurachse zum Oberschenkelhals. Hierfür wird eine Achse in den Femurschaft und eine in den Schenkelhals gelegt und der somit gebildete Winkel ermittelt (Abbildung 15). Dieser Winkel wurde sowohl prä- als auch postoperativ nach TEP-Implantation bestimmt. Der CCD-Winkel ist normwertig zwischen 120° und 140° . Ist er größer als 140° spricht man von einer Coxa valga; ist er kleiner als 120° von einer Coxa vara (47).

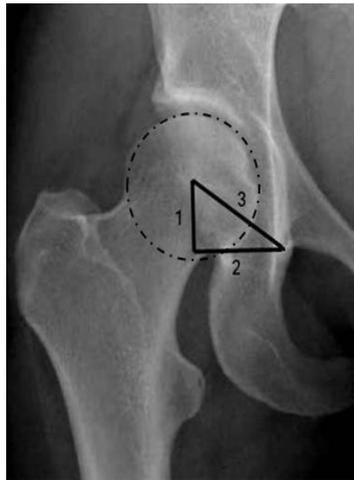


Abbildung 13: Lage des Hüftzentrums, gemessen von der Tränenfigur über die Bildung eines rechtwinkligen Dreiecks.



Abbildung 14: Das Offset ergibt sich aus dem senkrechten Abstand des Hüftzentrums zur Femurachse.



Abbildung 15: CCD-Winkel – der Winkel des Schenkelhalses zur Femurachse.

Minimale Gelenkspaltweite (MGSW)

Die minimale Gelenkspaltweite gibt Auskunft über die Abnutzung des Gelenkknorpels. In der Hauptbelastungszone wird in der a.-p.-Aufnahme der geringste Abstand zwischen Femurkopfrand und Acetabulum bestimmt (Abbildung 16). Ein Abstand von ≤ 2 mm lässt eine Arthrose wahrscheinlich erscheinen (23).



Abbildung 16: Minimale Gelenkspaltweite.

Arthrosegrad nach Tönnis

Die Graduierung nach Tönnis erfolgt in vier Schritten und gibt Aufschluss über den Arthrosegrad des Hüftgelenkes (48) (Abbildung 17).

- **Grad 0:** gesund, keine degenerativen Veränderungen
- **Grad 1:** Beginn einer subchondralen Sklerosierung, minimale Gelenkspaltverschmälerung, geringfügige Osteophyten
- **Grad 2:** Existenz subchondraler Zysten, moderate Gelenkspaltverminderung

- **Grad 3:** schwere Gelenkspaltverschmälerung bis zum kompletten Verlust des Gelenkspaltes



Abbildung 17: Arthrosegrad nach Tönnis 0–3.

Anatomische Beinlängendifferenz

Die anatomische Beinlängendifferenz des rechten und linken Beines wurde jeweils vor und nach der Operation gemessen. Der Abstand des Trochanter minors zur Köhler'schen Tränenfigur wurde beidseits bestimmt (A und B) und dann die Differenz ermittelt (Abbildung 18).

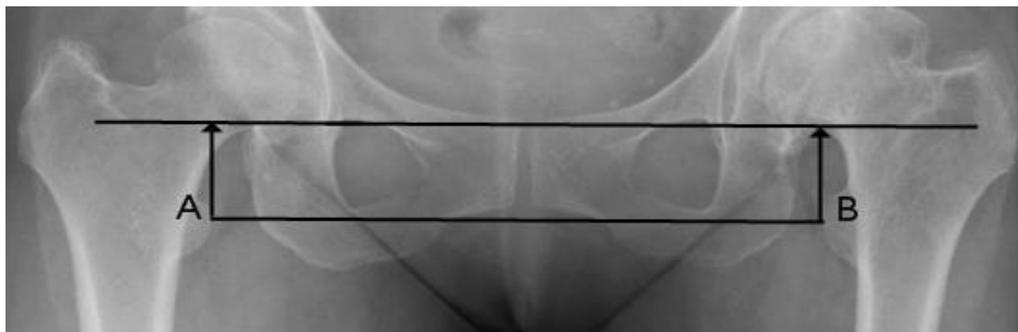


Abbildung 18: Anatomische Beinlängendifferenz, gemessen durch den Abstand des Trochanter minores zur Tränenfigur.

2.4 Anamnese und klinisches Erscheinungsbild

Zur Ermittlung möglicher Einflussfaktoren einer Coxarthrose (wie z. B. der BMI, sportliche Aktivität und der Beruf) und Komorbiditäten wurde eine Aufarbeitung der Patientenakte vorgenommen. Hieraus ergab sich auch das jeweils verwendete Prothesenmaterial. Darüber hinaus wurden die Patienten telefonisch kontaktiert und der folgende Fragenkatalog durchgearbeitet.

- Beruf vor und nach der Operation
- Körpergröße zum OP-Zeitpunkt
- Körpergewicht zum OP-Zeitpunkt
- Alter zum Zeitpunkt der Diagnose Hüft dysplasie
- Vorbehandlungen operativ als auch konservativ

- Numerische Analogskala (NAS) vor OP mit Datum des Beginns (nur der Leistenschmerz, keine andere Gelenkbeteiligung)
- NAS nach OP (nur der Leistenschmerz, keine andere Gelenkbeteiligung)
- Komplikationen
- Sportliche Aktivität präoperativ
- Sportliche Aktivität postoperativ
- Relevante Nebenerkrankungen
- Familiäre Belastung Hüftproblematik/ Hüftdysplasie.

Es war möglich 116 der eingeschlossenen Patienten zu befragen. Die Gründe für eine Nichtbefragung waren in den meisten Fällen eine ungültige Telefonnummer, eine wiederholte Nichterreichbarkeit (acht Versuche bei Freizeichen zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Tagen, fünf Versuche bei wiederholter Anrufbeantworteraktivierung zu verschiedenen Tageszeiten an verschiedenen Tagen) und in einem Fall eine Ablehnung der Befragung. Die erfassten Antworten wurden alle in einer Tabelle zusammengefasst, weiterverarbeitet und mit Angaben aus den Arztbriefen ergänzt. Sie werden in digitaler Form als Anhang der Arbeit bereitgestellt. In der Tabelle werden die folgenden Parameter aufgeführt:

- Verschlüsselter Vor- und Nachname
- Geburtsdatum
- Geschlecht
- OP-Datum
- Alter zur OP
- Beruf prä- und postoperativ
- Beruf Kategorie stehend(1)¹, sitzend(2)², gemischt(3)³, Rentner(4)
- Körpergröße in cm
- Körpergewicht in kg zum OP-Zeitpunkt
- Body-Mass-Index (BMI)
- Diagnosezeitpunkt
- Diagnosezeitpunkt Kategorie bis zur U3/ 4.-5. Lebenswoche(1), Kindheit/ 13.
- Lebensjahr inklusive(2), Jugend/ 14–18 Lebensjahr(3), Erwachsen/ ab 18. Lebensjahr(4)
- Vorbehandlung
- Vorbehandlung Kategorie keine(0), konservativ mit Spreizbehandlung(1)⁴, operativ(2)⁵
- Schmerzhöhe und Eintrittsdatum ⁶

- Mittelwert VAS
- Anzahl an Jahren mit Schmerzen vor OP
- Schmerzen nach OP Eintrittsdatum
- Schmerzhöhe entsprechend NAS nach OP
- Komplikationen postoperativ
- Komplikationen: Kategorie⁷
- Sport präoperativ Art und Häufigkeit⁸
- Sport Ja(1), Nein(0)
- Sport postoperativ Art und Häufigkeit
- Sport Ja(1), Nein(0)
- Nebendiagnosen
- Nebendiagnosen Kategorie irrelevant(0), relevant(1)⁹
- Familiäre Belastung Hüftproblematik/ Hüftdysplasie
- Familiäre Belastung Kategorie nicht vorhanden(0), vorhanden(1,2,3)¹⁰.

2.5 Statistische Auswertungen

Zur statistischen Auswertung ist das Programm SPSS (22.0, IBM, New York, USA) verwendet worden, welches über die Charité-Universitätsmedizin Berlin zur Verfügung stand. Die Auswertung erfolgte zunächst für das gesamte Patientenkollektiv als auch separat für die Gruppe der Patienten mit dem Kriterium Stuhlberg=1. Die Stuhlberg=1 Gruppe ist in der Intention selektiert betrachtet worden, um nur die rein acetabuläre Dysplasie zu untersuchen und die zusätzlichen Einflussfaktoren eines unrunden oder vergrößerten Kopfes auszuschließen. Aus diesem Grund erfolgt eine separate statistische Betrachtung dieser Gruppe.

1. Deskriptive Statistik: Zunächst erfolgte eine demografische Auswertung mittels Patientenumfrage und -archiv. Danach wurde eine deskriptive Auswertung der anatomischen Parameter der Hüfte durchgeführt. Unter Kapitel 3.5. folgt die deskriptive Auswertung der verwendeten Implantate. Hierbei wurden sowohl das arithmetische Mittel mit den dazugehörigen Standardabweichungen als auch die Minima und Maxima bestimmt.

2. Korrelationen: Um den Zusammenhang einer einzelnen Variable (Hüftparameter) zum Endoprothesenimplantations-Alter darzustellen, wurde die Korrelationsanalyse durchgeführt. Darüber hinaus war somit erkennbar, ob ein positiver oder negativer Einfluss bestand. Es wurde mittels Pearson-Korrelation getestet, ob ein linearer Zusammenhang des Alters zu den

verschiedenen Hüftparametern besteht. Für die Variablen, welche keine Normalverteilung aufwiesen oder ordinal verteilt waren, wurde der Spearman-Korrelationskoeffizient bestimmt. Zudem wurde der BMI in Korrelation (Pearson) zum OP-Alter gesetzt.

3. Gruppenbildung: Um weitere Aussagen über die Relevanz des Luxationsgrades, der Stuhlberg-Klassifikation, des CE-Winkels und des AC-Winkels treffen zu können, wurden diese gruppiert und das mittlere OP-Alter verglichen. Die Gruppierung erfolgt anhand der jeweiligen Gradeinteilung des Scores bzw. des Winkels (beispielsweise Stuhlberg Gruppe 1–5), somit konnte unter anderem der Unterschied zwischen stark und weniger stark dysplastischen Hüften aufgezeigt werden. Hierbei wurde zunächst mittels ANOVA (Analysis of Variance) das gesamte Modell auf einen signifikanten Altersunterschied zwischen den einzelnen Gruppen getestet. Lag dieser vor, wurde weiterhin mittels Levene-Test die Homoskedastizität (Varianzhomogenität) geprüft (Signifikanzniveau auf 0,05 festgelegt) und dementsprechend der passende Post-hoc-Test ausgewählt. Hierbei wurde aufgrund der vorliegenden Gruppengrößenungleichheit der Scheffé-Test gewählt (sehr konservativ) bzw. der LSD-Test (Least significant difference) (liberal) bei vorhandener Varianzgleichheit. Bei nicht normalverteilten Variablen (Luxationsgrad und Stuhlberg-Einteilung) wurde der Kruskal-Wallis-Test oder Mann-Whitney-Test (nicht parametrisches Testverfahren) verwendet.

4. Regressionsanalyse: Unter der Annahme, dass das OP-Alter nicht monovariabel determiniert war, sondern unter dem Einfluss verschiedener Hüftparameter stand, wurde als weiteres statistisches Verfahren die multiple lineare Regressionsanalyse verwendet. Hierbei war es möglich, die Abhängigkeit des OP-Alters von multiplen Faktoren simultan zu betrachten, im Gegensatz zur Korrelationsanalyse, die stets nur eine Variable in Korrelation zu einer anderen Variable setzt. Die multivariable Regression wurde unter Ceteribus- Paribus-Bedingungen (unter der Bedingung, dass alle ebenfalls verwendeten Variablen konstant gehalten werden) durchgeführt, um somit für das gewählte Modell jeweils den Einfluss der einzelnen Variable zu bestimmen. Hierbei ermittelte SPSS in der linearen Regressionsanalyse mit einem rückwärtsgerichteten Auswahlverfahren sukzessiv die Parameter, welche die geringste Signifikanz zeigten, entfernte diese aus dem Modell, um schlussendlich die Erstellung einer Formel zur Berechnung des voraussichtlichen OP-Alters zu ermöglichen. Die erstellte Formel wies die Grundstruktur $f(w)=\text{Konstante}+a(x)+b(y)+c(z)$ auf. Hierbei stellte $f(w)$ das Alter zum OP-Zeitpunkt dar und war somit die abhängige Variable. Die Regressionskonstante entspricht dem Wert der Zielvariablen, wenn die unabhängige Variable den Wert 0 aufweist. Die Interpretation der Regressionskonstanten ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn ein Wert von 0 empirisch bei der

unabhängigen Variablen auftreten kann. Die Koeffizienten a (bzw. b/c) gaben jeweils Auskunft über die Art (positiv/negativ) und die Stärke des gewählten Hüftparameters. Die Variable x (bzw. y/z) entsprachen jeweils dem individuell gemessenen Wert der gewählten Variable am jeweiligen Patienten.

Zur Validierung der Gültigkeitskriterien der linearen Regression wurden verschiedene Tests durchgeführt. Die Residuen, welche die Differenz des geschätzten vom beobachteten Wert darstellen, wurden auf Normalverteilung mittels eines Histogramms der standardisierten Residuen geprüft. Eine weitere Voraussetzung für die Gültigkeit der linearen Regression ist der Ausschluss von Multikollinearität. Multikollinearität beschreibt den Zustand einer starken Korrelation einzelner Prädiktoren innerhalb des Regressionsmodells. Dieses hat die Folge, dass es schwierig ist, die aufgeklärte Varianz einem bestimmten Prädiktor zuzuordnen. Sie wurde mittels Varianzinflationsfaktor (VIF) getestet und lag in allen Fällen unter 10 und die Toleranzen lagen stets über 0,1. Der Hintergrund des VIF besteht darin, dass versucht wird, eine bestimmte Variable durch ein lineares Modell aller anderen unabhängigen Variablen auszudrücken. Ist dies möglich, besteht der Verdacht, dass die geprüfte Variable zu einer oder mehreren Variablen multikollinear ist.

Die Unabhängigkeit der Residuen wurde mittels Durbin-Watson-Test ermittelt. Läge diese nicht vor, käme es zu Verzerrungen bei der Ermittlung des Standardfehlers der Regressionskoeffizienten und ihrer Konfidenzintervalle. Die Residuen sollen nur rein zufällig streuen und keinerlei Systematik mehr enthalten, das heißt die Zielvariable y soll durch x vollständig erklärt werden. Die Homoskedastizität, also die Varianzgleichheit der Residuen, kann mittels Diagramm beurteilt werden (x -Achse=beobachtete kumulative Wahrscheinlichkeit, y -Achse=erwartete kumulative Wahrscheinlichkeit). Somit sind die Residuen von der unabhängigen Variable und von der Reihenfolge der Beobachtungen unabhängig. Die Linearität, also der lineare Einfluss der unabhängigen auf die abhängige Variable, des Modells wurde grafisch geprüft.

5. Intervariable Abhängigkeit: Ein weiterer interessanter Punkt war die Abhängigkeit der einzelnen Parameter untereinander zur Veranschaulichung der Hüftgeometrie. Diese wurden mittels pearsonscher bzw. spearmanscher Korrelation in einen Zusammenhang gesetzt.

6. Outcome/ Komplikationen: Unter 3.6. wurden sowohl die postoperativen Parameter (das Offset, die Inklination, das Hüftzentrum, die Beinlängendifferenz) als auch die telefonisch erfragten Faktoren (der prä- und postoperative Schmerz, die sportliche Aktivität prä- und postoperativ und die Komplikationen) deskriptiv ausgewertet.

Das Signifikanzniveau α war auf 0,05 festgelegt. Es wurde keine Adjustierung für multiples Testen vorgenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Patientendemografie

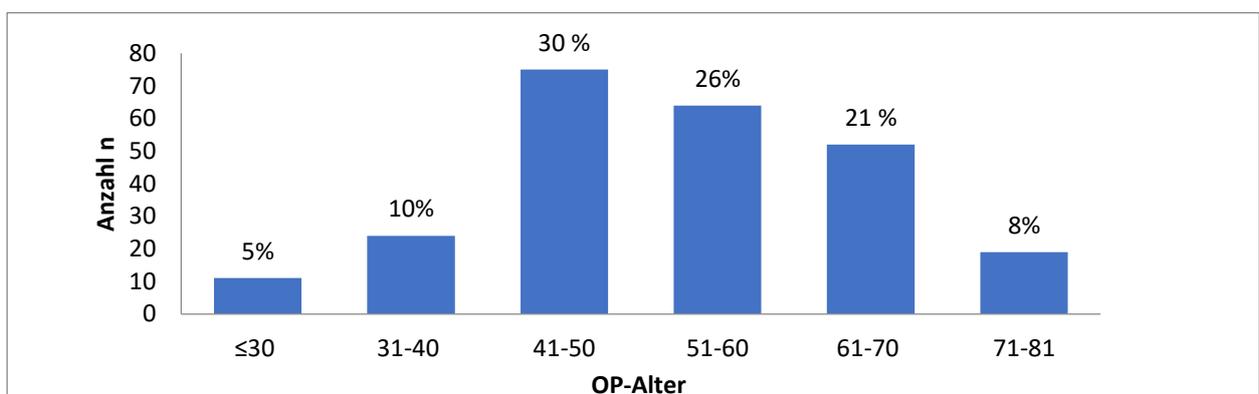
Das mittlere Patientenalter aller Patienten lag zum Zeitpunkt der primären H-TEP-Implantation bei $52,9 \pm 12,2$ Jahren (15–81 Jahre). Unter der Beschränkung auf die Patienten, bei denen die Stuhlbergklassifizierung gleich 1 ($n=120$) war, lag das OP-Alter bei $54,3 \pm 11,3$ Jahren (15–78 Jahre). Der ermittelte Unterschied beider Gruppen ist nicht signifikant.

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die Anzahl der operierten Patienten, die Geschlechterverteilung und die operierte Seite. Die Stuhlberggruppe 1 wird gesondert aufgelistet (Tabelle 1). Insgesamt lagen 4,5-mal mehr weibliche Patienten vor. Der Geschlechterunterschied war signifikant.

Tabelle 1: Vergleich der Patientendemografie für die gesamte Gruppe und der Stuhlberg=1 Gruppe, es wird die Anzahl an Hüften und Patientenzahl genannt.

Gruppen	Hüften/ Patienten	Stuhlberg=1 Hüften/ Patienten
Gesamt	245/217	129/120
weiblich	200/180	111/105
männlich	45/37	18/15
rechte Seite	128	73
linke Seite	117	56

Eine Übersicht über die Altersverteilung des gesamten Patientenkollektives gibt Grafik 1.

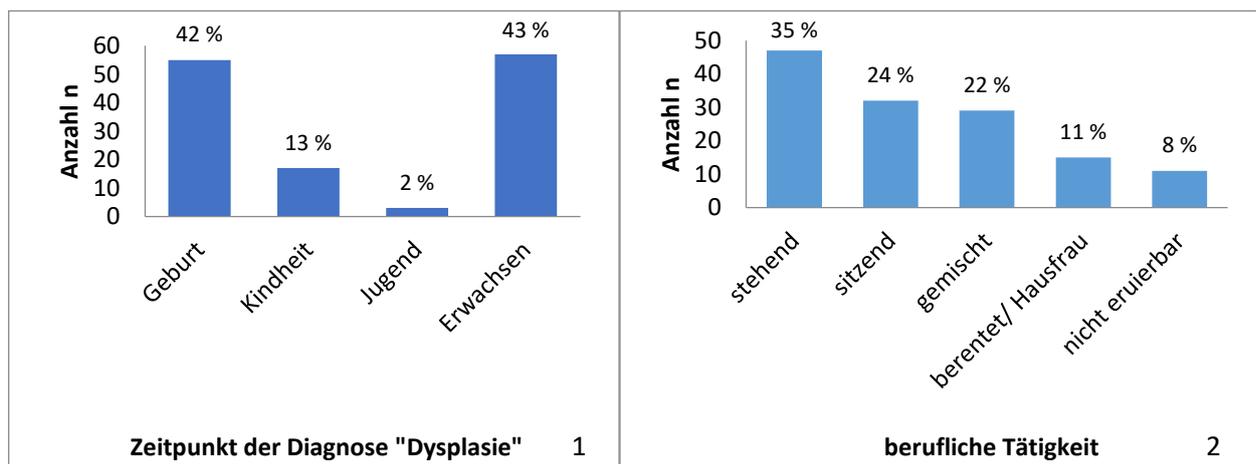


Grafik 1: Darstellung der Altersverteilung zum Zeitpunkt der primären H-TEP-Implantation. Das Durchschnittsalter der gesamten Gruppe betrug $52,9 \pm 12,2$ Jahre.

Somit wurden in 31 % der Fälle die primären Hüftendoprothesen im Alter von 41–50 Jahren implantiert, 26 % mit 51–60 Jahren, 21 % mit 61–70 Jahre, 10 % mit 31–40 Jahren, 8 % mit 71–81 Jahren und 4 % mit unter 30 Jahren (Grafik 1). Der Median lag bei 52 Jahren. Der jüngste Patient war 15 Jahre und der älteste 81 Jahre.

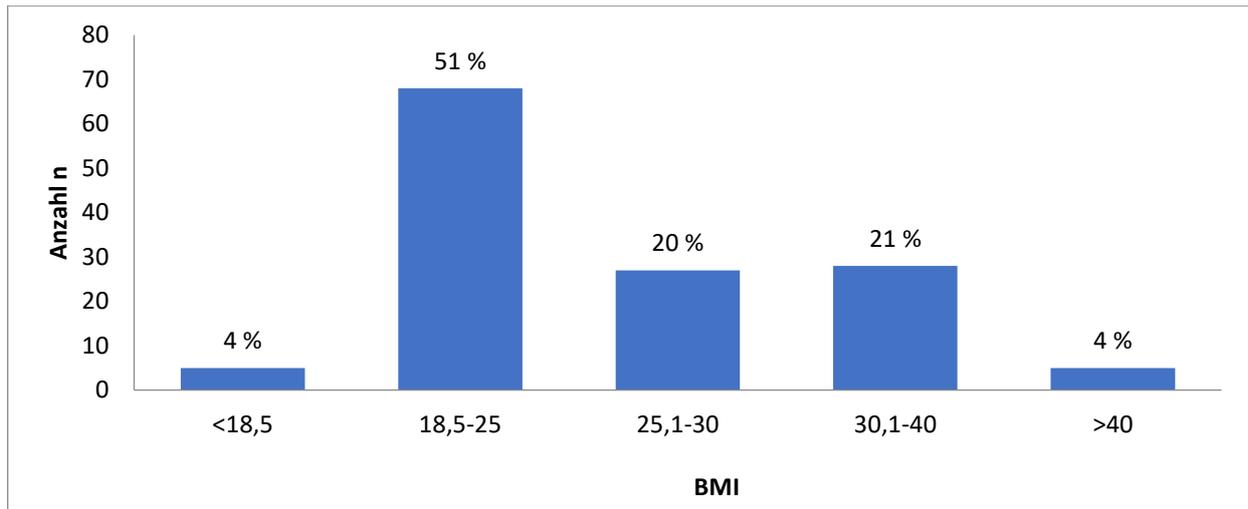
Telefonische Befragung zu möglichen Risikofaktoren und zum Krankheitsverlauf

Es konnten 116 Patienten telefonisch hinsichtlich Diagnosezeitpunkt und beruflicher Aktivität befragt werden (134 Hüften, davon 111 weiblich und 23 männlich). Auffällig war dabei, dass die Diagnose „Hüftdysplasie“ vor allem direkt nach der Geburt oder erst nach dem 18. Lebensjahr gestellt worden ist (Grafik 2;1). Die berufliche körperliche Belastung von stehenden, sitzenden, gemischten und berenteten/hausfraulichen Tätigkeiten zeigte eine Häufung der stehenden Tätigkeit (35 %) gefolgt von der sitzenden (24 %) und der gemischten Tätigkeit (22 %) (Grafik 2;2).



Grafik 2: Darstellung der Fallzahlen des Zeitpunktes der Diagnose „Hüftdysplasie“ (1) und der Verteilung der beruflichen körperlichen Belastung (2).

Der ungefähre BMI zum OP-Zeitpunkt lag im Durchschnitt bei $26,5 \pm 5,9$ (n=133). Eine genaue Verteilung zeigt die Grafik 3.



Grafik 3: Verteilung des BMIs der Patienten zum OP-Zeitpunkt.

Von den befragten Patienten/ Patientinnen erhielten 55 % (n=74) keine Vorbehandlung, in 19 % (n=25) der Fälle erfolgte eine konservative Spreizhosen-therapie nach der Geburt und 25 % (n=33) wurden operativ femoral oder am Becken in der Kindheit oder frühen Jugend umgestellt.

Das mittlere OP-Alter in der Gruppe ohne Therapie lag bei $58,2 \pm 11,3$ Jahren, bei konservativer Therapie bei $53,4 \pm 8,1$ Jahren und bei voroperierten Hüften bei $46,9 \pm 12,3$ Jahren. Der LSD-Test zeigte, dass sowohl der Altersunterschied zwischen den nicht vorbehandelten und voroperierten Patienten signifikant unterschiedlich war ($p \leq 0,001$) als auch zwischen den konservativ und operativ therapierten Patienten ($p=0,029$). Als relevante Information ist die Tatsache, dass rund 60 % der voroperierten Hüften eine höhergradige Dysplasie ($CE < 20^\circ$) aufwiesen.

Der Arztbriefauswertung und der telefonischen Befragung konnte entnommen werden, dass 12,7 % der Patienten (n=31) eine relevante Nebendiagnose wie z. B. eine längerfristige systemische Cortisontherapie aufwiesen (Erläuterung siehe Anhang 9).

Die familiäre Belastung (mindestens die Kinder, die Eltern, die Großeltern oder Geschwister waren betroffen, siehe Anhang 10) sah für die 134 befragten Patienten wie folgt aus:

- Keine: 56 % (n=75)
- Hüftdysplasie: 27 % (n=36)
- Coxarthrose mit oder ohne H-TEP/ Hüft-OP: 8 % (n=11)
- Hüftprobleme mit Schmerzen bzw. unklaren Fehlstellungen: 9 % (n=12).

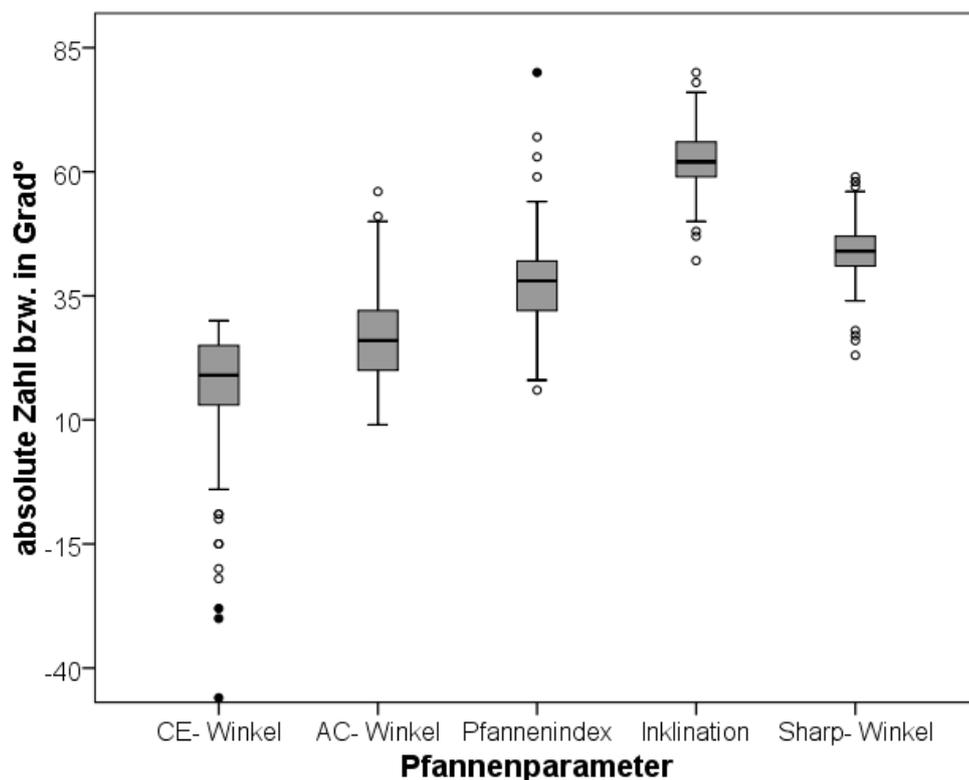
3.2 Hüftgelenksanatomie

Es wurden der CE-, Sharp- und AC-Winkel, der PI, die Inklination (prä- und postoperativ), der Luxationsgrad, die Crowe- und Stuhlberg-Einteilung, das Offset (prä- und postoperativ), der CCD-

Winkel (prä- und postoperativ), die MGSW, der Arthrosegrad nach Tönnis, die Beinlängendifferenz prä- und postoperativ, der FHEI, die FHR, der FHNI und das Hüftzentrum prä- und postoperativ bestimmt.

3.2.1 Patienten gesamtes Kollektiv

Für die pfannenspezifischen Parameter CE-Winkel, AC-Winkel, Pfannenindex, Inklination und Sharp-Winkel ergab sich die in Grafik 4 ersichtliche Verteilung.

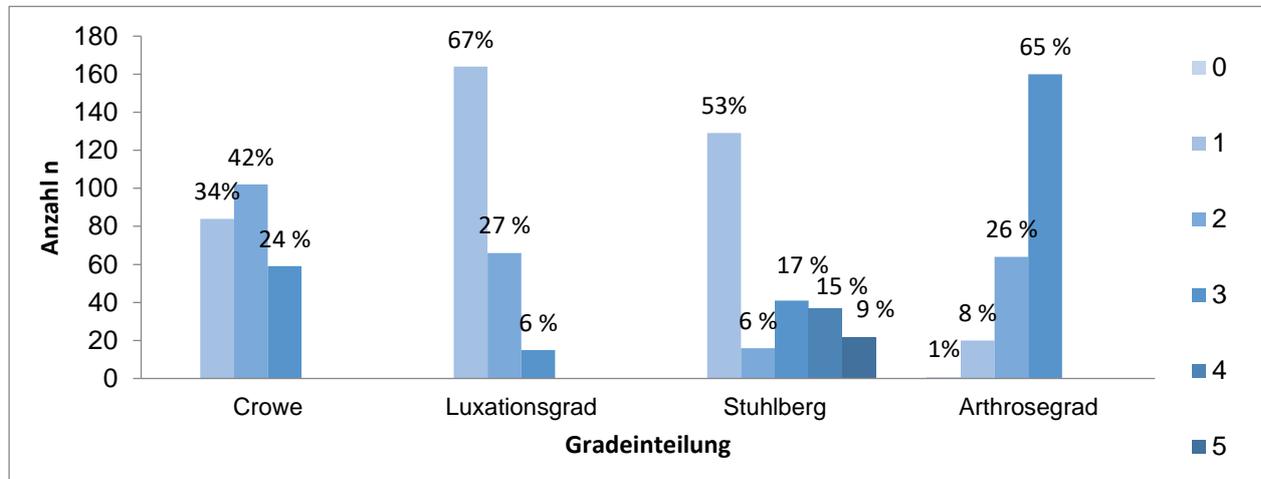


Grafik 4: Boxplotdarstellung der pfannenspezifischen Parameter der gesamten Patienten (n=245) in der Einheit Grad (°) bzw. als absolute Zahl für den Pfannenindex (PI).

Der CE-Winkel des gesamten Patientenkollektives lag erwartungsgemäß in einem dysplastischen Bereich mit einem Mittelwert von $16,8 \pm 11,6^\circ$ (Spannbreite von -46° bis 30°) bei Linksschiefe. Der Median war bei 19° (IQR: $12,5-25^\circ$). Der AC-Winkel war ebenfalls deutlich vergrößert mit $26,8 \pm 8,6^\circ$ (9° bis 56°). Der Pfannenindex betrug im Mittel $37,4 \pm 8,1$ ($16-80$) und lag damit im Normbereich. Die Inklination hatte einen durchschnittlichen Winkel von $62,4 \pm 5,7^\circ$ (von 42° bis 80°). Der Sharp-Winkel lag im Mittel bei $44,1 \pm 5,5^\circ$ (23° bis 59°) und somit noch im Normbereich ($\leq 45^\circ$ (40)).

Das folgende Balkendiagramm (Grafik 5) zeigt die Verteilung des Dysplasiegrads nach Crowe, des Luxationsgrads, der Einteilung nach Stuhlberg und den Arthrosegrad nach Tönnis. Die

dazugehörigen Mediane (M) und Interquartilbereiche (IQR) waren für Crowe M=2 (IQR:1–2), die Luxation M=1 (IQR:1–2) und für den Arthrosegrad M=3 (IQR:2–3). Für die Stuhlberg-Klassifikation war es nicht sinnvoll einen Median zu bilden, da die Variable nicht ordinal ist.



Grafik 5: Absolute und prozentuale Anzahl an Hüften mit der entsprechenden Einteilung nach Grad für Crowe, Luxation, Stuhlberg und Arthrose (n=245).

Die minimale Gelenkspaltweite der Hauptbelastungszone im präoperativen Röntgen lag bei einem Mittelwert von $1,0 \pm 1,6$ mm (0–6,5 mm); bei Rechtsschiefe, der Median war 0 mm (IQR: 0–1,9 mm). Sie war somit unterhalb des Grenzbereichs von 2 mm.

Das femorale Offset zeigte präoperativ einen Mittelwert von $32,6 \pm 11,2$ mm mit einer Spannweite von 0 bis 63 mm.

Der CCD-Winkel war präoperativ im Durchschnitt valgisch bei $145,8^\circ \pm 9,9^\circ$ (Spannweite 111–170°).

Der Femoral-head-extrusion-index betrug im Mittel $67,1 \pm 11,0$ % (30–100 %) und lag damit deutlich im dysplastischen Bereich (24).

Die Femoral-head-ratio hatte im Schnitt für Männer und Frauen einen Wert von $1,7 \pm 0,9$ (0–7,3). Eine rechtsschiefe Verteilung mit einem Median von 1,2 (IQR: 0,9–1,5) war offensichtlich. Bei getrennter Betrachtung des Geschlechts ergab sich folgendes Verteilung: Die Frauen hatten im Durchschnitt eine FHR von $1,4 \pm 1,0$ mit einer Spannweite von 0–7,3. Die Männer hatten im Durchschnitt eine FHR von $1,2 \pm 0,6$ mit einer Spannweite von 0–2,6. Die Frauen wiesen eine rechtsschiefe Verteilung für die FHR auf mit einem Median von 1,1 (IQR: 0,9–1,5). Somit lagen die Frauen hinsichtlich des Mittelwerts außerhalb des Normbereichs (0,7–1,4) und in Bezug auf

den Median innerhalb. Bei den Männern befanden sich dagegen sowohl Median als auch der Mittelwert im (0,6–1,9) Normbereich.

Der Femoral-head-neck-index erbrachte im Mittel einen Wert von $161,0 \pm 34,9$ (Spannbreit von 67 bis 235) und lag somit ebenfalls im Normbereich (150–190).

In der folgenden Tabelle (Tabelle 2) ist die absolute präoperative Beinlängenverkürzung dargestellt ohne Beachtung, ob es sich um das zu operierende oder nicht zu operierende Bein handelt.

Tabelle 2: Absolute Beinlängendifferenz präoperativ. Es ist die Anzahl an Hüften mit der jeweiligen absoluten Beinlängenverkürzung in cm dargestellt (n=194).

Differenz in cm	0	0-1	1,1-2	2,1-3	3,1-4	4,1-5	5,1-6	8,1-9
Präoperativ n=Hüften	78	36	34	18	12	9	6	1
(prozentualer Anteil)	(40 %)	(19 %)	(18 %)	(9 %)	(6 %)	(5 %)	(3 %)	(0 %)

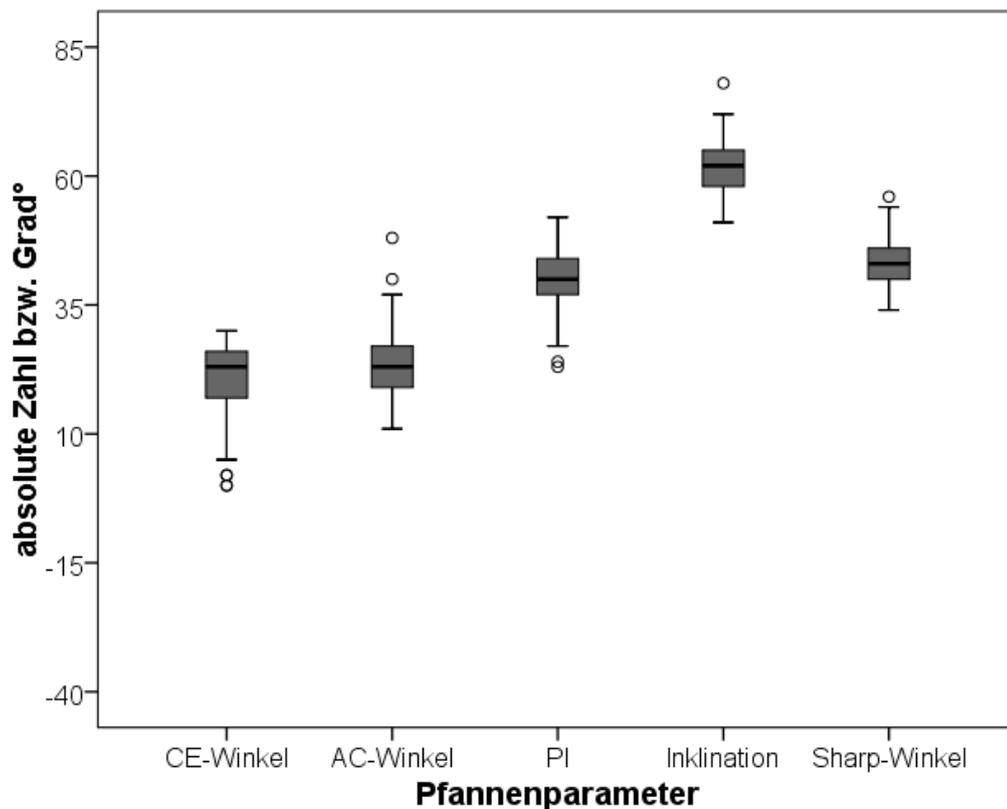
3.2.2 Hüftgelenksanatomie von Patienten der Kategorie Stuhlberg 1

Unter selektiver Betrachtung der Patienten mit einer nur geringen Kopfendrundung (Stuhlberg 1) ergab sich die in Tabelle 3 dargestellte Verteilung für die Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der einzelnen anatomischen Parameter.

Tabelle 3: Deskriptive Statistik der Parameter der Stuhlberg=1 Gruppe (n=129). Aufgelistet findet sich der Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD), das Minimum (MIN) und Maximum (MAX) der jeweiligen Parameter. In Klammern ist jeweils der Wert für das gesamte Kollektiv angefügt.

Parameter	MW	SD	MIN	MAX
CE-Winkel in °	21,2 (16,8)	7,1 (11,6)	0 (-46)	30 (30)
AC-Winkel in °	23,2 (26,8)	6,3 (8,6)	10 (9)	48 (56)
Pfannenindex	39,9 (37,4)	5,6 (8,1)	23 (16)	52 (80)
Inklination in °	61,8 (62,4)	4,9 (5,7)	51 (42)	78 (80)
Sharp-Winkel in °	43,2 (44,1)	4,3 (5,5)	34 (23)	56 (59)
Offset in mm	37,2 (32,6)	9,1 (11,2)	9 (0)	57 (63)
CCD-Winkel in °	145,2 (145,8)	8,4 (9,9)	125 (111)	167 (170)
MGSW in mm	1,1 (1,0)	1,7 (1,6)	0 (0)	6,5 (6,5)

Die Grafik 6 zeigt die Boxplotdarstellung der pfannenspezifischen Parameter für die Stuhlberggruppe 1.



Grafik 6: Boxplotdarstellung der pfannenspezifischen Parameter der Stuhlberg=1 Gruppe in der Einheit Grad (°) bzw. als absolute Zahl (n=129).

Der CE-Winkel zeigte in der Patientengruppe Stuhlberg 1 zwar auch eine Pathologie mit einem Mittelwert von $21,2 \pm 7,1^\circ$, war aber deutlich größer als im gesamten Patientenkollektiv ($MW_{\text{gesamt}}: 16,8^\circ \pm 11,6^\circ$). Der Unterschied war signifikant ($p \leq 0,001$). Der AC-Winkel war mit einem Mittelwert von $23,2 \pm 6,3^\circ$ signifikant kleiner als im gesamten Patientenkollektiv ($MW_{\text{gesamt}}: 26,8^\circ \pm 8,6^\circ$) ($p \leq 0,001$), dennoch aber deutlich im pathologischen Bereich von $> 10^\circ$. Der Pfannenindex wies auch signifikant ($p \leq 0,001$) bessere Werte auf ($MW: 39,9 \pm 5,6$) als in der gesamten Gruppe ($MW_{\text{gesamt}}: 37,4 \pm 8,1^\circ$). Die mittlere Inklination war nahezu identisch und betrug $61,8 \pm 4,9^\circ$ (gesamtes Kollektiv $62,4 \pm 5,7^\circ$, kein signifikanter Unterschied) und der Sharp-Winkel war ebenfalls im Mittel grenzwertig mit $43,2 \pm 4,3^\circ$ (gesamtes Kollektiv $44,1 \pm 5,5^\circ$, signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$)).

Das femorale Offset hatte präoperativ einen Mittelwert von $37,2 \pm 9,1$ mm (Gesamtkollektiv: $32,6 \pm 11,2$ mm, signifikanter Unterschied ($p \leq 0,001$)) und war damit deutlich größer. Demgegenüber war der CCD-Winkel präoperativ vergleichbar valgisch mit $145,2^\circ \pm 8,4^\circ$ im Mittel. Der

Unterschied zur Gesamtgruppe war nicht signifikant. Die minimale Gelenkspaltweite lag bei einem Mittelwert von $1,1 \pm 1,7$ mm mit Rechtsschiefe und einem Median von 0 (IQR: 0–2). Der Unterschied zur Gesamtgruppe war ebenfalls nicht signifikant. Der FHNI lag bei einem Mittelwert von $181,1 \pm 19,9$ und die FHR bei einem Mittelwert von $1,1 \pm 0,4$ bei rechtsschiefer Verteilung mit einem Median von 1,05 (IQR: 0,9–1,3) (n=90). Der FHNI war signifikant größer als im Gesamtkollektiv ($p \leq 0,001$). Für den FHR ($p \leq 0,05$) waren die Mittelwertunterschiede von Stuhlberg 1 selektierten Patienten zum Gesamtkollektiv signifikant kleiner. Der Arthrosegrad nach Tönnis hatte einen etwas größeren Anteil im niedrigeren Bereich als im Gesamtkollektiv (in Klammern sind die Werte des Gesamtkollektivs genannt) mit Grad 0 1 % (1 %), Grad 1 13 % (8 %), Grad 2 29 % (26 %), Grad 3 57 % (65 %).

3.3 Einfluss der Anatomie auf OP-Zeitpunkt

3.3.1 Einfluss von Kopfdeformität, Dysplasie- und Luxationsgrad im gesamten Patientenkollektiv

Ein wesentlicher Kernpunkt dieser Arbeit war die Untersuchung der Abhängigkeit des OP-Alters von verschiedenen anatomisch gegebenen Hüftparametern. In diesem Sinn wurden zunächst die Gradeinteilung nach Crowe, Luxation und Stuhlberg jeweils verglichen. Es wurde geprüft, ob durch die einzelne Graduierung ein Einfluss auf den Alterszeitpunkt der Prothesenimplantation erkennbar war. Es zeigte sich das niedrigste Durchschnittsalter für den Zeitpunkt einer TEP-Implantation bei Patienten mit einem Luxationsgrad nach Crowe 2, dem Luxationsgrad 2 und dem Stuhlberggrad 2 und 3 (Tabelle 4).

Tabelle 4: Durchschnittliches OP-Alter in Jahren \pm Standardabweichung innerhalb der einzelnen Gradeinteilungen nach Crowe, der Luxation und der Stuhlberg-Klassifikation mit der jeweiligen Anzahl an Hüften (n=245). Für den Dysplasiegrad nach Crowe und den Luxationsgrad ergab sich für das gesamte Modell ein signifikanter Altersunterschied ($p \leq 0,05$). Stuhlberg 1 Patienten waren signifikant älter als Stuhlberg 3 Patienten ($p < 0,01$).

Grad	Crowe	Anzahl	Luxation	Anzahl	Stuhlberg	Anzahl
1	55,0 \pm 10,4	84	53,2 \pm 11,4	164	54,3 \pm 11,3	129
2	50,4 \pm 12,4	102	50,8 \pm 13,6	66	48,6 \pm 10,2	16
3	54,2 \pm 13,7	59	59,1 \pm 13,6	15	48,6 \pm 13,0	41
4	-	-	-	-	53,9 \pm 14,7	37
5	-	-	-	-	54,0 \pm 11,5	22

Dysplasiegrad nach Crowe

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab für das gesamte Modell einen signifikanten Altersunterschied ($p \leq 0,05$). Um nachzuweisen, welche Gruppen im einzelnen einen signifikanten Unterschied des OP-Alters aufwiesen, wurde eine Post-hoc-Analyse durchgeführt. Der Levene-Test erbrachte eine Varianzgleichheit ($p = 0,262$) und somit konnte der Scheffé-Test als Post-hoc-Test herangezogen werden. Dieser zeigte einen signifikanten Altersunterschied zwischen der Gruppe Crowe 1 (55,0 \pm 10,4 Jahre) und 2 (50,4 \pm 12,4 Jahre) ($p \leq 0,05$) (Tabelle 4).

Luxationsgrad

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab für das gesamte Modell ebenfalls einen signifikanten Altersunterschied ($p \leq 0,05$). Der Levene-Test ermittelte eine Varianzgleichheit ($p = 0,597$) und somit konnte der LSD-Test als Post-hoc-Test herangezogen werden. So war ersichtlich, dass Patienten mit einem Luxationsgrad 3 signifikant älter waren als Patienten mit Luxationsgrad 2 ($p = 0,05$) (Tabelle 4).

Kopfeindrundung nach Stuhlberg

Darüber hinaus legte der LSD-Test dar, dass Stuhlberg 1 Patienten signifikant älter waren als Stuhlberg 3 Patienten ($p < 0,01$). Die weiteren Stuhlberggruppen konnten keine signifikanten Altersunterschiede aufweisen ($p > 0,05$; $t < 1,96$ bzw. $> -1,96$) (Tabelle 4).

3.3.2 Der Einfluss von CE- und AC-Winkel im Gesamtkollektiv

Die Patienten wurden entsprechend ihrer CE- und AC-Winkel in Gruppen eingeteilt, um dadurch den Einfluss des jeweiligen Parameters auf das OP-Alter zu veranschaulichen. Die Intervalle wurden für den CE-Winkel symmetrisch gewählt, entsprechend dem Schweregrad der Dysplasie. Für den AC-Winkel musste der Praktikabilität halber das oberste Intervall größer gefasst werden. Hierbei ergab sich die im Folgenden erläuterte Darstellung.

CE-Winkel eingeteilt in drei Abschnitte: $\leq 10^\circ$, $11-20^\circ$, $21-30^\circ$

In der Gruppe $\leq 10^\circ$ lag das mittlere OP-Alter bei $48,3 \pm 12,5$ Jahren ($n=54$), in der Gruppe $11-20^\circ$ bei $52,1 \pm 12,7$ Jahren ($n=77$) und in der Gruppe $21-30^\circ$ bei $55,6 \pm 11,1$ Jahren ($n=114$). Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab einen signifikanten Altersunterschied ($p \leq 0,001$). Der Levene-Test ergab eine Varianzgleichheit ($p=0,739$) und somit konnte der Scheffé-Test als Post-hoc-Test herangezogen werden. Dieser zeigte einen signifikanten Altersunterschied zwischen der Gruppe $\leq 10^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,001$). Der LSD-Test demonstrierte zudem einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe $11-20^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,05$). Die Tabelle 5 gibt eine Übersicht.

Tabelle 5: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach CE-Winkel. Die Intervalle wurden entsprechend des CE-Winkels gewählt: $\leq 10^\circ$, $11-20^\circ$, $21-30^\circ$ für $n=245$ Patienten. Es zeigen sich signifikante Altersunterschiede zwischen der Gruppe $\leq 10^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,001$) und zwischen der Gruppe $11-20^\circ$ und $21-30^\circ$ ($p \leq 0,05$).

CE-Winkel	$\leq 10^\circ$	$11-20^\circ$	$21-30^\circ$
Anzahl n	54	77	114
Alter MW (SD)	48,3 ($\pm 12,5$)	52,1 ($\pm 12,7$)	55,6 ($\pm 11,1$)

AC-Winkel eingeteilt in drei Abschnitte: $10-20^\circ$, $21-30^\circ$, $31-60^\circ$

In der AC-Winkel-Gruppe $10-20^\circ$ lag das mittlere OP-Alter bei $55,3 \pm 10,9$ Jahren ($n=64$), in der Gruppe $21-30^\circ$ bei $53,0 \pm 12,5$ Jahren ($n=110$) und in der Gruppe $31-60^\circ$ bei $50,6 \pm 12,6$ Jahren ($n=71$). Das gesamte Modell wies keinen signifikanten Altersunterschied nach. Da es sich in dieser Kategorie um eine nicht parametrische Variable handelt, wurde infolgedessen der Mann-Whitney-Test herangezogen. Dieser beinhaltet, dass ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren OP-Alter der Gruppe $10-20^\circ$ und $31-60^\circ$ bestand ($p \leq 0,05$), also Patienten mit einem Winkel von $10-20^\circ$ später operiert wurden als Patienten mit einem Winkel von $31-60^\circ$. Die folgende Tabelle 6 bietet eine Übersicht.

Tabelle 6: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach AC-Winkel. Die Intervalle sind gesetzt als AC-Winkel 10–20°, 21–30°, 31–60° für n=245. Es liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren OP-Alter der Gruppe 10–20° und 31–60° ($p \leq 0,05$) vor.

AC-Winkel	10–20°	21–30°	31–60°
Anzahl n	64	110	71
Alter MW (SD)	55,3 ($\pm 10,9$)	53,0 ($\pm 12,5$)	50,6 ($\pm 12,6$)

3.3.3 Separate Betrachtung des CE- und AC-Winkels von Patienten mit Stuhlberg 1 Kopfdeformation

Analog zur gesamten Fallzahl folgt die tabellarische Darstellung der CE- und AC-Winkeleinteilung für Patienten mit Stuhlberg 1 Kopfdeformitäten (Tabelle 7 und 8).

CE-Winkel eingeteilt in drei Gruppen: $\leq 10^\circ$, 11–20°, 21–30°

In der Gruppe $\leq 10^\circ$ lag das mittlere OP-Alter bei $41,9 \pm 14,0$ Jahren ($n=12$, MIN=15, MAX=68), in der Gruppe 11–20° bei $52,7 \pm 9,5$ Jahren ($n=37$, MIN=33, MAX=73) und in der Gruppe 21–30° bei $57,0 \pm 10,3$ Jahren ($n=80$, MIN=30, MAX=78). Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab für das gesamte Modell einen signifikanten Altersunterschied zwischen den einzelnen Gruppen ($p \leq 0,001$). Der Levene-Test ergab eine Varianzgleichheit ($p=0,592$) und somit konnte der Scheffé-Test als Post-hoc-Test herangezogen werden. Dieser zeigte einen signifikanten Altersunterschied zwischen der Gruppe $\leq 10^\circ$ und 11–20° als auch $\leq 10^\circ$ und 21–30° ($p \leq 0,01$). Der LSD-Test demonstrierte zudem einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe 11–20° und 21–30° ($p \leq 0,05$).

Tabelle 7: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt bei Einteilung nach CE-Winkel. Die Intervalle sind gesetzt als CE-Winkel $\leq 10^\circ$, 11–20°, 21–30° für n=129. Es zeigen sich signifikante Altersunterschiede zwischen allen Gruppen ($\leq 10^\circ$ und 11–20°, $\leq 10^\circ$ und 21–30° ($p \leq 0,01$); 11–20° und 21–30° ($p \leq 0,05$)).

CE-Winkel	$\leq 10^\circ$	11–20°	21–30°
Anzahl n	12	37	80
Alter MW (SD)	41,9 ($\pm 14,0$)	52,7 ($\pm 9,5$)	57,0 ($\pm 10,3$)

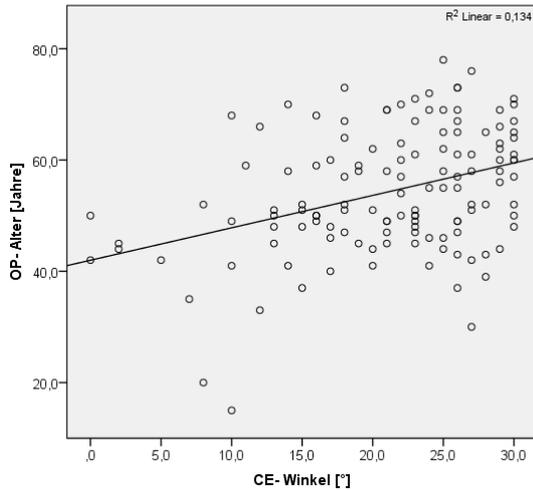
AC-Winkel eingeteilt in drei Gruppen: 10–20°, 21–30°, 31–60°

In der AC-Winkel-Gruppe 10–20° lag das mittlere OP-Alter bei $57,9 \pm 10,0$ Jahren ($n=50$, MIN=30, MAX=76), in der Gruppe 21–30° bei $53,7 \pm 11,1$ Jahren ($n=63$, MIN=20, MAX=78) und in der Gruppe 31–60° bei $45,8 \pm 11,3$ Jahren ($n=16$, MIN=15, MAX=68). Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab für das gesamte Modell einen signifikanten Altersunterschied zwischen den einzelnen Gruppen ($p \leq 0,001$). Der Levene-Test ergab eine Varianzgleichheit ($p=0,699$) und somit konnte der Scheffé-Test als Post-hoc-Test herangezogen werden. Der Scheffé-Test zeigte für die Gruppe 21–30° und 31–60° ($p \leq 0,05$) einen signifikanten Unterschied. Der Mann-Whitney-Test wies auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 10–20° und 21–30° auf ($p \leq 0,05$) und für die Gruppe 10–20° und 31–60° ($p \leq 0,001$) hin.

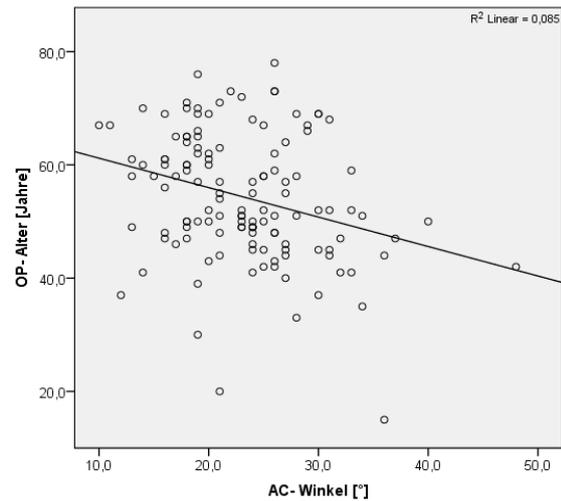
Tabelle 8: Das mittlere OP-Alter mit Standardabweichung ist dargestellt entsprechend nach AC-Winkel. Die Intervalle sind gesetzt als AC-Winkel 10–20°, 21–30°, 31–60° für $n=129$. Es liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren OP-Alter aller Gruppen vor (10–20° und 21–30°, 21–30° und 31–60° ($p \leq 0,05$); 0–20° und 31–60° ($p \leq 0,001$)).

AC-Winkel	10–20°	21–30°	31–60°
Anzahl n	50	63	16
Alter MW (SD)	57,9 ($\pm 10,0$)	53,7 ($\pm 11,1$)	45,8 ($\pm 11,3$)

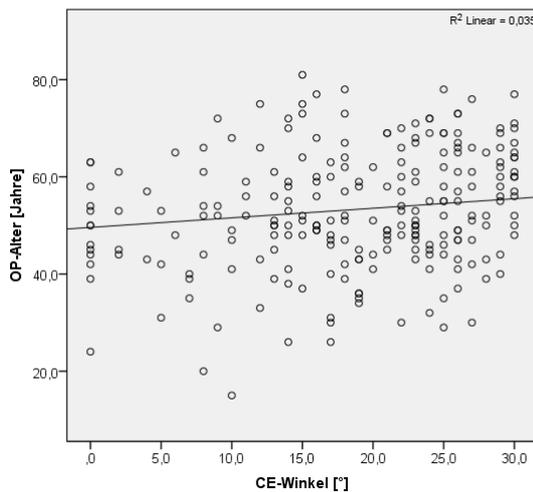
Die folgenden Streudiagramme veranschaulichen die Verteilung der CE-Winkel (Grafik 7) bzw. AC-Winkel (Grafik 8) in Bezug zum OP-Alter geltend für die Stuhlberg=1 Gruppe ($n=129$). Diese Darstellung zeigt ein steigendes OP-Alter bei zunehmendem CE-Winkel und abnehmendem AC-Winkel ($p \leq 0,001$). Im Vergleich folgt für die Gesamtgruppe die entsprechende Darstellung in Grafik 9 und 10, hierbei ist nur der CE-Winkel signifikant ($p \leq 0,01$).



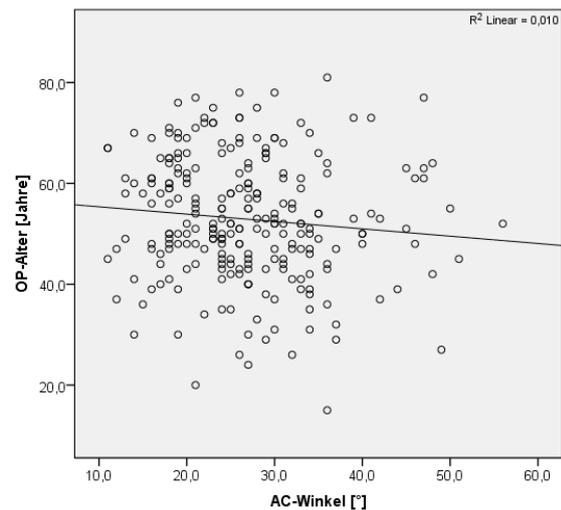
Grafik 7: OP-Alter in Abhängigkeit zum CE-Winkel für Stuhlberg 1. R^2 beträgt 0,134 ($p \leq 0,001$).



Grafik 8: OP-Alter in Abhängigkeit zum AC-Winkel für Stuhlberg 1. R^2 beträgt 0,085 ($p \leq 0,001$).



Grafik 9: OP-Alter in Abhängigkeit zum CE-Winkel für die Gesamtgruppe. R^2 beträgt 0,035 ($p \leq 0,01$).



Grafik 10: OP-Alter in Abhängigkeit zum AC-Winkel für die Gesamtgruppe. R^2 beträgt 0,010 ($p > 0,1$; nicht sig.).

Korrelationsanalysen nach Pearson für das gesamte Patientenkollektiv und für Stuhlberg=1 Patienten.

Um den Einfluss der einzelnen anatomischen Parameter auf den Zeitpunkt der Prothesenimplantation zu untersuchen, wurde für alle anatomischen Gelenkparameter eine zweiseitige bivariate Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Hierbei wurden die Parameter mit dem OP-Alter in Korrelation gesetzt. Die Tabelle 9 gibt einen Überblick über die

Korrelationskoeffizienten der jeweiligen anatomischen Gelenkparameter mit dem OP-Alter für das gesamte Patientenkollektiv und für die Patienten der Gruppe Stuhlberg 1.

Die bivariaten Korrelationskoeffizienten nach Pearson wiesen in der Stuhlberg=1 Gruppierung häufiger signifikante und stärkere Korrelationen als im gesamten Kollektiv auf. Die stärkste Korrelation hatte der CE-Winkel zum OP-Alter in der Stuhlberg=1 Gruppe (Korrelationskoeffizient=0,37). Darüber hinaus ergaben sich innerhalb der Stuhlberg 1 Gruppe weitere signifikante Korrelationen für den AC-Winkel, den Pfannenindex, den FHEI, den Sharp-Winkel, den Crowe- und Luxationsgrad sowie das Offset. In der gesamten Gruppe zeigte sich dagegen nur für den CE-Winkel und den FHEI eine signifikante Korrelation. Die bivariaten Korrelationen nach Pearson bzw. nach Spearman (zweiseitig) zum OP-Alter waren für alle anderen Parameter nicht signifikant.

Tabelle 9: Dargestellt werden die einzelnen Korrelationsparameter in Bezug auf das OP-Alter innerhalb der gesamten Gruppe und Stuhlberg=1, hervorgehoben die signifikanten Korrelationen, *** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$.

Parameter	Korrelationskoeffizienten zum OP-Alter	
	Gesamt n=245	Stuhlberg = 1 n=129
CE-Winkel in°	0,22***	0,37***
AC-Winkel in°	-0,10	-0,29***
Pfannenindex	0,11	0,23**
FHEI	0,20**	0,32**
Inklination in°	0,03	-0,10
Sharp-Winkel in°	-0,05	-0,30***
Luxationsgrad	0,01	-0,18*
Crowe	-0,04	-0,23**
Offset in mm	0,05	0,21*
Arthrosegrad	0,12	0,13
CCD-Winkel in °	0,03	-0,04
MGSW in mm	-0,12	-0,14
FHNI	-0,01	0,04
FHR gesamt	0,04	-0,02
FHR weiblich	0,02	-0,02
FHR männlich	0,27	0,35

BMI

Für den BMI ergaben sowohl die Korrelations- als auch die lineare Regressionsanalyse keinen Zusammenhang zum OP-Alter. Der Korrelationskoeffizient lag bei 0,014 (nicht signifikant) und der Regressionskoeffizient bei 0,028 (nicht signifikant).

3.3.4 Lineare Regressionsanalyse zur Bestimmung eines OP-Alter-Vorhersagemodells

Zur Beurteilung der Auswirkung der simultanen Veränderung multipler Hüftparameter wurde als weiteres statistisches Verfahren die multiple lineare Regressionsanalyse verwendet. Diese wurde für das gesamte Kollektiv als auch für die Beschränkung auf Patienten mit der Stuhlbergdeformität gleich 1 durchgeführt.

Patientenkollektiv gesamt

Um einen allgemeinen Eindruck über die Auswirkung der Hüftparameter auf die multivariate Regressionsanalyse zu erhalten, fand die bivariate Regressionsanalyse ihre Anwendung. Die abhängige Variable wurde durch das OP-Alter gebildet. Hierbei zeigten sich der CE-Winkel ($p \leq 0,001$) und die MGSW ($p \leq 0,05$) als signifikant. Die restlichen Parameter wiesen keine Signifikanz auf.

Um die Abhängigkeit des OP-Alters von multiplen Faktoren simultan zu betrachten, erfolgte die multivariate lineare Regressionsanalyse. Das OP-Alter stellte die abhängige Variable innerhalb des OP-Alter-Vorhersagemodells. Die Konstante der Regressionsformel entspricht dem Wert der Zielvariablen (OP-Alter), wenn die unabhängige Variable (ausgewählte Hüftparameter) den Wert 0 aufweist. Die Tabelle 10 zeigt das Ergebnis für den ausgewählten Parameter CE-Winkel ($n=245$). Dieser Parameter erwies sich bereits in der Korrelationsanalyse als aussagekräftig. Durch die statistische Auswertung zeigte der CE-Winkel auch in der multivariaten linearen Regressionsanalyse die größte Signifikanz. Das angepasste R-Quadrat lag bei 0,033.

Tabelle 10: Multivariate Regressionsanalyse mit dem OP-Alter als abhängige Variable für n=245. Das Modell zeigte die größte Signifikanz in der alleinigen Verwendung des CE-Winkels als unabhängige Variable. Die Konstante entspricht dem OP-Alter, wenn die unabhängige Variable (CE-Winkel) Null annimmt.

Unabhängige Variable	Reg.koeffizient	Standardfehler	t	p
CE-Winkel in °	0,197	0,066	2,973	0,003
Konstante	49,594	1,356	36,568	0,000

Aus dem Modell ergab sich zur Prediktion des Alters bei Prothesenimplantation die folgende Formel.

$$OP_Alter = 49,6 + 0,2(CE_Winkel)$$

Patienten mit Stuhlberg=1 Klassifikation

Unter Beschränkung des Kollektivs auf Patienten, die eine Kopfdeformität von Stuhlberg Grad 1 aufwiesen, ergaben sich für die bivariate Regressionsanalyse der CE-Winkel, der AC-Winkel, der Sharp-Winkel ($p \leq 0,001$), der PI ($p \leq 0,01$) und das femorale Offset ($p \leq 0,05$) in der Beeinflussung des OP-Alters als signifikant. Die weiteren Parameter erwiesen sich als nicht signifikant.

Unter der Anwendung der multivariaten linearen Regressionsanalyse ließ sich das Modell zur Bestimmung des voraussichtlichen OP-Alters ermitteln. Das OP-Alter war die abhängige Variable. Durch die statistische Auswertung zeigte der CE-Winkel ebenfalls in der Stuhlberg 1 Gruppe die größte Signifikanz. Die Tabelle 11 listet für den CE-Winkel den Regressionskoeffizienten, Standardfehler, t- und p-Werte d auf (n=129). Es ergab sich ein angepasstes R-Quadrat von 0,127.

Tabelle 11: Multivariate Regressionsanalyse mit dem OP-Alter als abhängige Variable für n=129. Das Modell zeigte die größte Signifikanz in der alleinigen Verwendung des CE-Winkels als unabhängige Variable. Die Konstante entspricht dem OP-Alter, wenn die unabhängige Variable (CE-Winkel) Null annimmt.

Unabhängige Variable	Reg.koeffizient	Standardfehler	t	p
CE-Winkel in °	0,583	0,131	4,435	0,000
Konstante	41,985	2,935	14,307	0,000

Aus dem Modell ergab sich zur Prediktion des Alters bei Prothesenimplantation die folgende Formel.

$$OP_{Alter} = 42,0 + 0,6(CE_Winkel)$$

3.4 Zusammenhang der einzelnen Hüftparameter untereinander

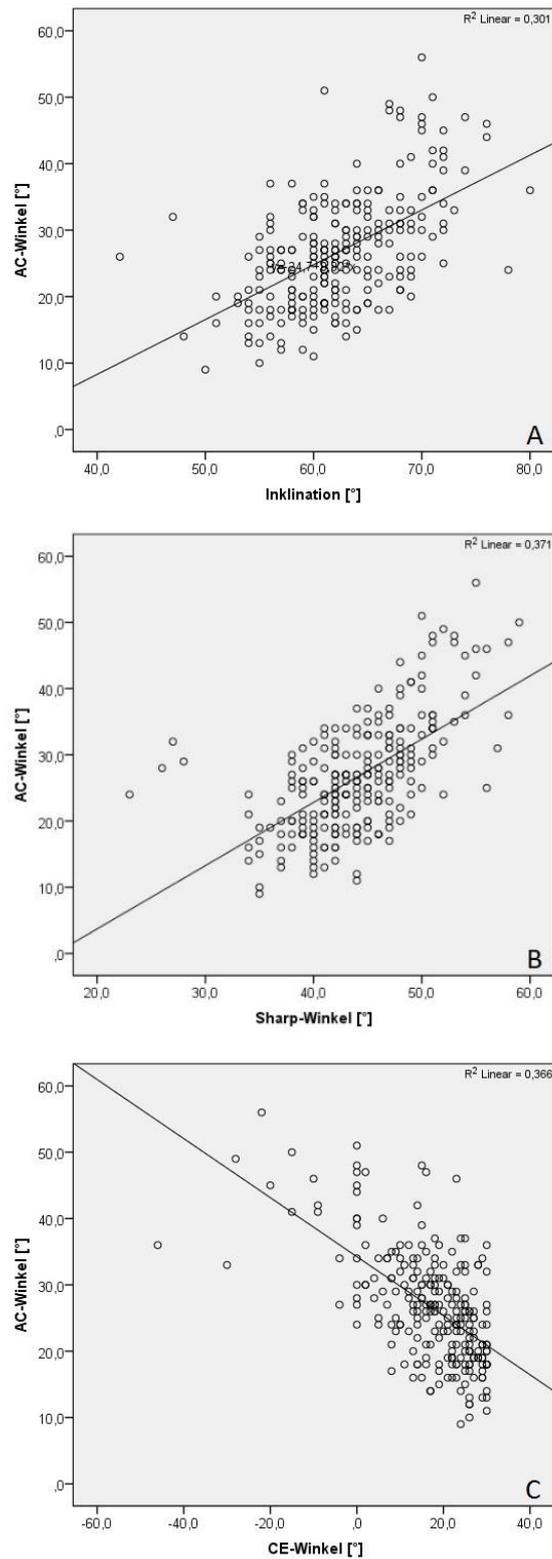
Da insbesondere der AC- und der CE-Winkel für die Diagnostik der Dysplasie einen hohen Stellenwert haben, wurde ein gesondertes Augenmerk auf diese Parameter gelegt. Aus der geometrischen Ähnlichkeit folgend, sollten diese in Korrelation sowohl zueinander als auch zur Inklination und zum Sharp-Winkel gesetzt werden.

3.4.1 Korrelationen der Pfannendachparameter

Nach statistischer Analyse erwiesen sich der AC-Winkel, die Inklination, der Sharp-Winkel und der CE-Winkel als relevant zur weiteren Betrachtung. Um ein besseres Verständnis der Hüftanatomie zu erhalten, wurde der AC-Winkel mit den genannten Parametern korreliert und somit die gegenseitige Beeinflussung dargestellt. Die unten folgenden Streudiagramme sollen die Beziehung des AC-Winkels zur Inklination, zum Sharp-Winkel und zum CE-Winkel veranschaulichen für n=245 (Grafik 11).

Die zugehörigen Korrelationskoeffizienten:

- AC-Winkel und Inklination: **0,55 (p≤0,001)**
- AC-Winkel und Sharp-Winkel: **0,61 (p≤0,001)**
- AC-Winkel und CE-Winkel: **-0,55 (p≤0,001).**



Grafik 11: Vergleich der Abhängigkeiten des AC-Winkels zur Inklination, zum Sharp- und CE-Winkel der gesamten Patienten (n=245). Die Ordinate bildet den AC-Winkel [°] und die Abszisse die Inklination [°] (A), Sharp-Winkel [°] (B) und CE-Winkel [°] (C) ab. Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson betragen für A 0,55 (sig.), B 0,61 und C -0,55 (sig.).

Die Grafik 11 dient als Veranschaulichung der Korrelationen des AC-Winkels zur Inklination, zum Sharp-Winkel und zum CE-Winkel. Die Inklination als auch der Sharp-Winkel korrelieren positiv mit dem AC-Winkel, der CE-Winkel negativ. Das heißt, je größer die Inklination und der Sharp-Winkel wurden, desto größer wurde der AC-Winkel. Bei steigendem CE-Winkel hingegen kam es zu einem Abfallen des AC-Winkels.

3.4.2 Weitere Zusammenhänge

Für ein besseres Verständnis wurde darüber hinaus untersucht, ob weitere der statistisch relevanten Parameter in gegenseitiger Beeinflussung stehen. Jene Untersuchung sollte zusätzliche Anhaltspunkte zum geometrischen Verständnis des Hüftgelenks bieten. Hierzu wurden zum einen die CE-Mittelwerte innerhalb der jeweiligen Luxations- und Crowegrade miteinander verglichen und zum anderen die Korrelationskoeffizienten nach Spearman bei zweiseitiger, bivariater Betrachtung gebildet. Diese Berechnung wurde sowohl für das gesamte Patientenkollektiv als auch für die Einschränkung auf Stuhlberg 1 Patienten ermittelt. In beiden Kollektiven zeigte sich für den Luxationsgrad und Dysplasiegrad sowie für den Arthrosegrad und die MGSW eine signifikante Korrelation.

Gesamtes Patientenkollektiv

- CE-Winkel und Luxationsgrad:
 - Luxationsgrad 1: CE-Winkel **MW 21,83** ± 5,89
 - Luxationsgrad 2: CE-Winkel **MW 7,79** ± 12,15
 - Luxationsgrad 3: CE-Winkel **MW 2,26** ± 19,01

Alle Mittelwerte des CE-Winkels sind signifikant verschieden mit $p \leq 0,001$ außer für Luxationsgrad 2 mit 3 im Vergleich.

- CE-Winkel und Crowegrad:
 - Crowe 1: CE-Winkel **MW 24,02** ± 4,68
 - Crowe 2: CE-Winkel **MW 17,55** ± 7,81
 - Crowe 3: CE-Winkel **MW 5,42** ± 14,93

Alle Mittelwerte des CE-Winkels sind signifikant verschieden mit $p \leq 0,001$.

- Luxationsgrad und Crowegrad: **0,42 ($p \leq 0,001$)**
- Arthrosegrad und MGSW: **-0,63 ($p \leq 0,001$)**

Stuhlberg 1

- CE-Winkel und Luxationsgrad:
 - Luxationsgrad 1: CE-Winkel MW **22,76** ± 5,36
 - Luxationsgrad 2: CE-Winkel MW **10,00** ± 7,86

Alle Mittelwerte des CE-Winkels sind signifikant verschieden mit $p \leq 0,001$.

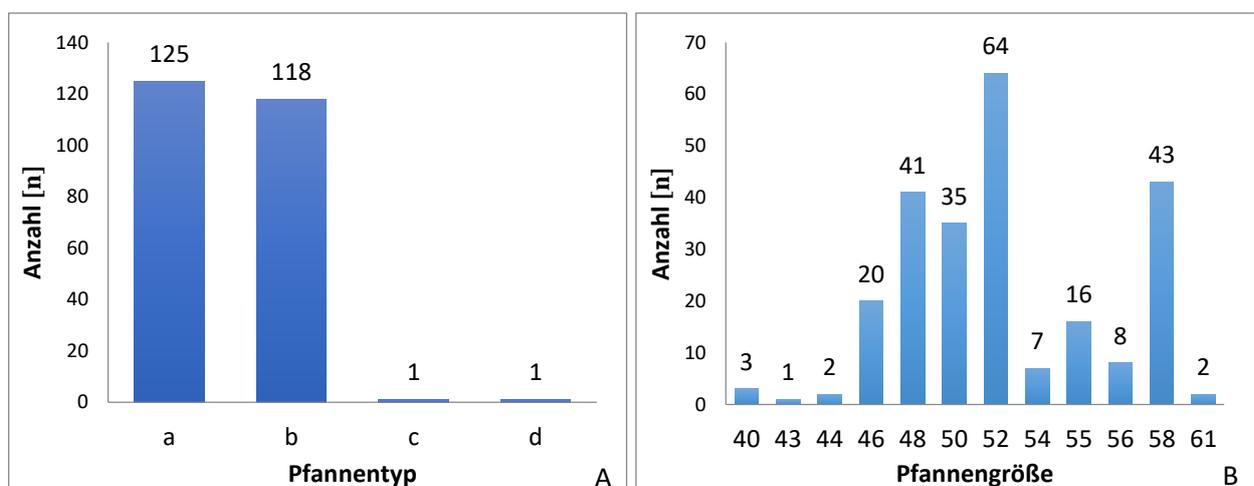
- CE-Winkel und Crowegrad:
 - Crowe 1: CE-Winkel MW **24,31** ± 4,49
 - Crowe 2: CE-Winkel MW **19,15** ± 6,95
 - Crowe 3: CE-Winkel MW **8,00** ± 6,46

Alle Mittelwerte des CE-Winkels sind signifikant verschieden mit $p \leq 0,001$.

- Luxationsgrad und Crowegrad: **0,51** ($p \leq 0,001$)
- Arthrosegrad und MGSW: **-0,64** ($p \leq 0,001$).

3.5 Implantate der Patienten

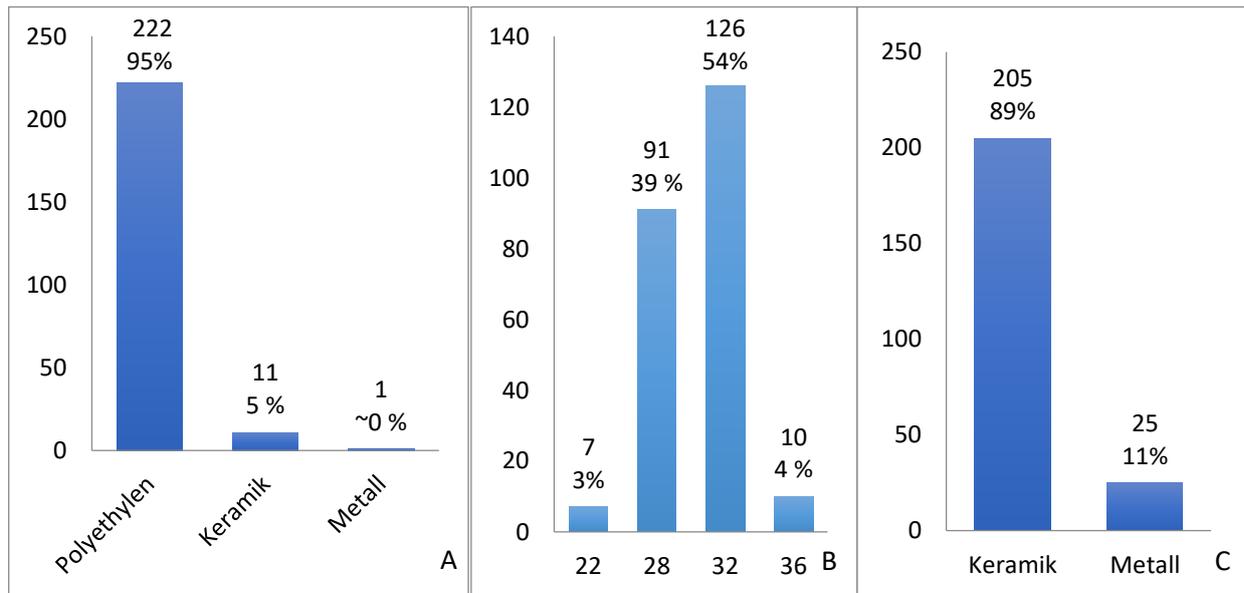
Neben der Untersuchung der Gelenkanatomie erfolgten ebenfalls eine Auswertung der verwendeten Pfannen-, Kopf-, Inlay- und Schafttypen sowie die entsprechenden Größen. Die Balkendiagramme der Grafik 12 zeigen die Häufigkeiten für die jeweiligen Komponenten der Hüftprothese. Die Patientenarchivauswertung des gesamten Patientenkollektivs fand hierbei Berücksichtigung.



Grafik 12: Häufigkeiten (n) von Pfannentyp (A) (a=Press-Fit Pfanne, b=Schraubpfanne, c=PE zementiert, d=Burch-Schneider-Ring) und Pfannengröße (B).

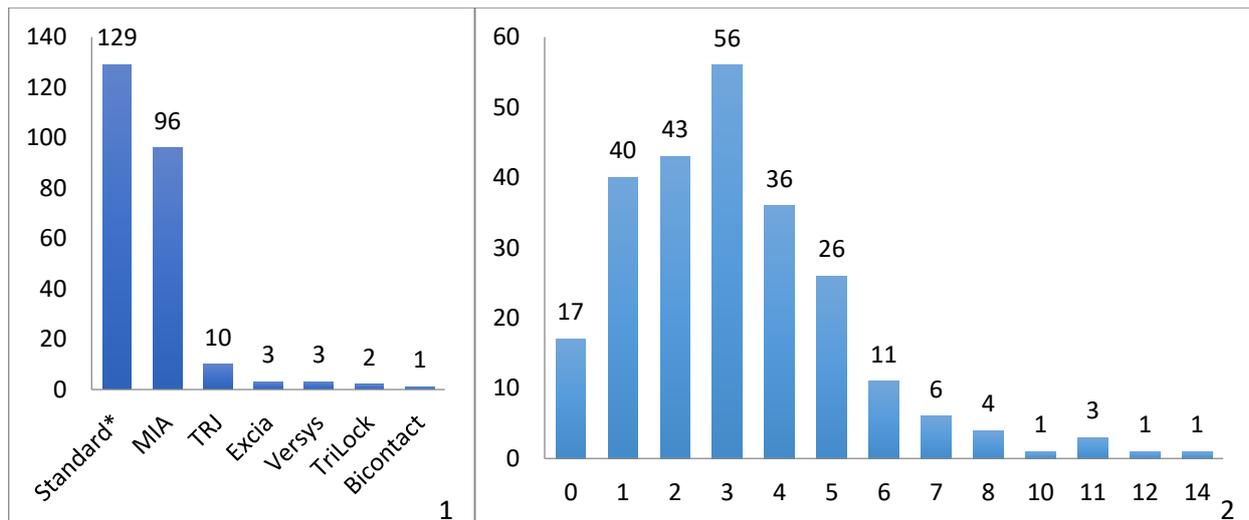
Die Schraubpfanne (n=118; 48 %) und die Pressfitpfanne (n=125; 51 %) wurden ähnlich frequentiert eingebaut. Die Pfannengröße war tendenziell klein bis mittel, am häufigsten fand die Größe 52 (n=64) gefolgt von der Größe 58 (n=43) Anwendung (Grafik 12).

Das am meisten verwendete Inlay war das Polyethyleninlay (n=222; 95 %) mit einer Häufung der Größe 32 mm (n=126; 54 %). An erster Stelle wurde Keramik für die Hüftköpfe verwendet (n=205; 89 %), gefolgt von Metall (n=25; 11 %) (Grafik 13).



Grafik 13: Häufigkeiten (n) von Inlaytyp (A), Inlay-/ Kopfgröße (B) und Kopftyp (C).

Hinsichtlich der Schaftkomponente war der nichtzementierte Standardgeradschaft [SL-Plus-Geradschaft nach Zweymüller, (FA Smith&Nephew, London, England) Alloclassic-Geradschaft nach Zweymüller (FA Zimmer, Warsaw, USA)] der am häufigsten implantierte Schaft (n=129, 53 %). An zweiter Stelle wurde die modifizierte Form des SL-Plus-Standardchaftes, der MIA-Schaft (FA Smith&Nephew, London, England) (n=96, 39 %) eingebaut. Die Schäfte waren tendenziell klein. Es wurde größtenteils die Größe 3 (n=56, 23 %), gefolgt von der Größe 2 (n=43, 18 %) implantiert (Grafik 14). Von den 245 implantierten Schäften wurden nur 4 (1,6 %) Schäfte zementiert.



Grafik 14: Häufigkeiten (n) von Schafttyp (1) und Schaftgröße (2); *Standard = Geradschaft nach Zweymüller wie z.B. SL-Plus-Gerad (Smith&Nephew), Alloclassic-Schaft (Zimmer).

3.6 Postoperatives Outcome und Komplikationen

Der folgende Abschnitt dient zur Betrachtung der anatomischen Veränderungen des Hüftgelenks in Folge der Implantation der Hüftgelenksprothese. Ein weiteres Interesse lag in der Betrachtung der möglichen resultierenden (post)-operativen Komplikationen. Für das postoperative Outcome wurden das Offset, der CCD-Winkel, die Inklination, die Verschiebung des Hüftzentrums und die Veränderung der Beinlänge ausgewertet.

3.6.1 Postoperative Hüftgeometrie für das gesamte Patientenkollektiv

Das postoperative femorale Offset wies eine signifikante Zunahme (t-Test für abhängige Stichproben) um im Mittel 10,1 mm (präoperativ MW $32,6 \pm 11,2$ mm, postoperativ $42,7 \pm 5,1$ mm) ($p \leq 0,001$) auf. Die postoperative Spannweite lag dabei zwischen 26 und 59 mm (präoperativ zwischen 0 und 63 mm).

Postoperativ konnte für den CCD-Winkel ein Mittelwert von $132,6 \pm 3,8^\circ$ ($123\text{--}147^\circ$) erreicht werden und er war damit im Mittel um $13,2^\circ$ verkleinert gegenüber dem präoperativen Wert ($145,8^\circ \pm 9,9^\circ$). Der t-Test für abhängige Stichproben der Mittelwerte prä- und postoperativ zeigte eine deutliche Signifikanz ($p \leq 0,001$).

Die Inklination wies präoperativ einen Wert von $62,4^\circ$ auf und lag postoperativ bei einem Mittelwert von $46,4 \pm 6,8^\circ$ ($18\text{--}69^\circ$), der nahe dem gewünschten Optimum von $40\text{--}45^\circ$ liegt (49). Der t-Test für abhängige Stichproben der prä- und postoperativen Mittelwerte zeigte eine deutliche Signifikanz ($p \leq 0,001$).

Tabelle 12: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung des Offsets, des CCD-Winkels und der Inklination von präoperativ zu postoperativ. Angabe des Pearson'schen Korrelationskoeffizienten von dem präoperativen Offset und der Inklination zum/zur postoperativen. * $p \leq 0,001$.

Parameter	Präoperativ	Postoperativ	p-Wert
Offset in mm	32,6 \pm 11,2	42,7 \pm 5,1	$\leq 0,001$
CCD-Winkel in °	145,8 \pm 9,9	132,6 \pm 3,8	$\leq 0,001$
Inklination in °	62,4 \pm 5,7	46,4 \pm 6,8	$\leq 0,001$

Das präoperative Hüftzentrum lag auf der Vertikalen im Durchschnitt bei 30,5 \pm 9,5 mm und postoperativ bei 23,5 \pm 6,7 mm ($p \leq 0,001$) und wurde somit caudalisiert. Für Horizontale galt präoperativ ein Mittelwert von 46,9 \pm 8,3 mm und postoperativ 32,8 \pm 5,0 mm ($p \leq 0,001$), folglich kam es zu einer Medialisierung. Für die Vertikale galt, dass neun Hüftzentren unverändert, 22 cranialisiert mit einem Mittelwert von 3,2 \pm 2,8 mm (1-11 mm) und 163 caudalisiert mit einem Mittelwert von 8,7 \pm 6,7 (1-39 mm) lagen. Für die Horizontale galt, dass vier Hüftzentren unverändert, vier lateralisiert mit einem Mittelwert von 3,5 \pm 3,3 (1-8 mm) und 186 medialisiert mit einem Mittelwert von 14,9 \pm 9,4 (1-68 mm) wurden (siehe Tabelle 13). Damit wurde das Hüftzentrum, im Vergleich zu präoperativ, postoperativ, wie bereits erwähnt, in den meisten Fällen caudalisiert (84 %) und medialisiert (96 %).

Tabelle 13: Absoluter Wert der Lokalisation des Hüftzentrums entlang einer Vertikalen und Horizontalen präoperativ und postoperativ mit Angabe des Mittelwerts \pm Standardabweichung (in mm). Somit ist im Mittel das Hüftzentrum um 7 mm caudalisiert und um 14,1 mm medialisiert worden.

Hüftzentrum	Vertikale	Horizontale
Absolut präoperativ	30,5 \pm 9,5	46,9 \pm 8,3
Absolut postoperativ	23,5 \pm 6,7	32,8 \pm 5,0

Der Mittelwert der absoluten präoperativen Beinlängendifferenz lag bei 12,5 \pm 15,8 mm, postoperativ war er auf 7,0 \pm 11,3 mm reduziert. Damit betrug die mittlere Beinlängenveränderung 5,2 \pm 13,8 mm. Im Durchschnitt wurde die Beinlängendifferenz um einen halben cm verkleinert. Die Tabelle 14 stellt die absolute Änderung der Beinlängendifferenz dar. In 53 (31 %) der Fälle kam es zu keiner Änderung der Beinlängendifferenz, in 24 (14 %) Fällen lag die Vergrößerung bei 1–10 mm, in 13 Fällen (8 %) bei 11–20 mm und in jeweils 4 (2 %) Fällen lag die Änderung im Bereich von 21–30 mm Vergrößerung. Eine Verkleinerung der Differenz wurde in 29 (17 %) Fällen um 1–10 mm erzielt, in 24 (14 %) Fällen um 11–20 mm, 16 (9 %) Mal wurde eine

Verkleinerung von 21–30 mm erzielt, 5 (3 %) Mal um 31–40 mm und 4 (2 %) Mal um 41–50 mm. Bei dem Fehlen einer postoperativen Beckenübersicht konnte keine Beinlängendifferenzänderung bestimmt werden, somit ist $n=195$; $n=172$.

Tabelle 14: Beinlängenveränderung in mm bei $n=172$.

Verlängerung (-) und Verkürzung (+) in mm	Anzahl Hüften
-30 bis -21	4
-20 bis -11	13
-10 bis -1	24
unverändert	53
1 bis 10	29
11 bis 20	24
21 bis 30	16
31 bis 40	5
41 bis 50	4

In der Tabelle 15 ist die Veränderung der absoluten Beinlängendifferenzen von präoperativ zu postoperativ ersichtlich. Daraus folgt, dass präoperativ 78 Hüften (40 %) eine ausgeglichene Beinlänge hatten und postoperativ lag die Anzahl bei 86 Hüften (50 %). Präoperativ als auch postoperativ wiesen 34 Hüften einen Beinlängenunterschied im Bereich von 11 bis 20 mm auf. Es ist ersichtlich, dass postoperativ weniger Patienten eine Beinlängendifferenz hatten als präoperativ.

Tabelle 15: Absolute Beinlängendifferenz prä- u. postoperativ in cm.

Differenz in cm	Präoperativ n=Hüften	Postoperativ n=Hüften
ausgeglichen	78	86
0,1-1	36	41
1,1-2	34	34
2,1-3	18	10
3,1-4	12	0
4,1-5	9	1
5,1-6	6	0
8,1-9	1	0
10,1-11	0	1

3.6.2 Schmerz und sportliche Aktivität

Die Schmerzen waren im Durchschnitt präoperativ bei $5,6 \pm 2,8$ (n=118) auf der VAS mit einer durchschnittlichen Zeitdauer von $12,2 \pm 15,1$ Jahren (n=126). Postoperativ lagen die Schmerzen im Mittel bei $0,6 \pm 1,3$.

Sportlich aktiv waren präoperativ 72 (54 %) Patienten/Patientinnen (OP-Alter MW $56,2 \pm 11,1$ Jahre); inaktiv waren 62 (46 %) der befragten Patienten/Patientinnen (OP-Alter MW $52,3 \pm 12,6$ Jahre). Der OP-Altersunterschied von aktiven und inaktiven Patienten war nicht signifikant ($p=0,055$). Postoperativ waren 79 (59 %) Patienten/Patientinnen weiterhin aktiv und 55 (41 %) waren nicht aktiv.

3.6.3 Komplikationen

Die Komplikationsrate der 134 befragten Patienten lag bei insgesamt 10 %. Die verschiedenen Arten von Komplikationen sind im Anhang 7 einzusehen. Die Komplikationsarten verteilten sich wie folgt:

- Infektion: 3 % (n=4)
- Luxation: 3 % (n=4)
- Frühlockerung: 1 % (n=1)
- periprothetische Fraktur, Nervenläsion oder Thrombose: 2 % (n=3).

4 Diskussion

In dieser retropektiven Arbeit erfolgte die röntgenologische Auswertung von 245 dysplastischen Hüftgelenken, welche operativ aufgrund einer Dysplasiecoxarthrose mittels Endoprothese versorgt werden mussten. Ein wesentliches Ziel war dabei die Untersuchung der Fragestellung, ob im Vorfeld durch die spezifische Hüftmorphologie der Hüftdysplasie eine Vorhersage über das Operationsalter für die Notwendigkeit einer Hüft-TEP Implantation getroffen werden kann.

4.1 Vergleich des Alters zum Zeitpunkt der TEP-Implantation von Patienten mit Dysplasiecoxarthrose und primärer Arthrose

Das mittlere Patientenalter lag zum Zeitpunkt der primären H-TEP-Implantation bei 53 Jahren; in der Stuhlberg 1 Gruppe bei 54 Jahren. Sowohl für das Gesamtkollektiv als auch bei separater Betrachtung der Stuhlberg 1 Patienten lag ein klarer Zusammenhang zwischen dem CE und AC-Winkel und dem Alter der Hüft-TEP-Implantation vor. Bei der Betrachtung des CE-Winkels innerhalb der Gesamtgruppe lag eine direkte Korrelation zwischen OP-Alter und CE-Winkel vor. So zeigte das OP-Alter ein abhängiges Ansteigen von 48 ($\leq 10^\circ$), 52 ($11-20^\circ$) auf 56 Jahre ($21-30^\circ$) mit steigendem CE-Winkel. In gleicher Weise korrelierten auch das OP-Alter und der AC-Winkel, wobei hier das OP-Alter indirekt mit dem AC-Winkel zusammenhing. Je größer der AC-Winkel war, desto früher wurde die TEP-Implantation notwendig (55 Jahre ($10-20^\circ$), 53 Jahre ($21-30^\circ$) und 51 Jahre ($31-60^\circ$)). In der Stuhlberg 1 Gruppe, der Gruppe mit normal geformtem Hüftkopf, stellte sich der Zusammenhang ähnlich dar, korrelierte sogar noch eindrücklicher. Hier betrug das OP-Alter bei einem CE-Winkel von $\leq 10^\circ$ sogar bereits schon 42 Jahre (42 Jahre ($\leq 10^\circ$), 53 Jahre ($11-20^\circ$) und 57 Jahre ($21-30^\circ$)). Bei einem AC-Winkel von $31-60^\circ$ war das OP-Alter ebenfalls bereits viel frühzeitiger und betrug 46 Jahre (58 (AC: $10-20^\circ$), 54 ($21-30^\circ$) und 46 Jahre ($31-60^\circ$)). Zusammengefasst ging aus der Arbeit signifikant hervor, dass je geringer der CE-Winkel und je größer der AC-Winkel waren, desto früher war die Implantation einer Hüftendoprothese aufgrund der Dysplasiecoxarthrose notwendig.

Demgegenüber liegt, entsprechend einer Studie von Gordon *et al.* (50), das mittlere Alter der Hüft-TEP-Implantation bei Patienten mit einer primären Arthrose bei erst bei ca. 69 Jahren.

In einer weiteren Studie von Müller *et al.* (51) aus dem Jahr 2010 zur Untersuchung der minimalinvasiven Hüftprothesenimplantation bei Patienten mit primärer Coxarthrose I betrug das durchschnittliche OP-Alter ebenfalls erst 65 Jahre.

In einer ähnlichen Studie, ebenfalls von Müller *et al.* (52) aus dem Jahr 2011 hatte die Patientengruppe mit primärer Coxarthrose auch erst ein durchschnittliches Alter von ca. 65 Jahren bei Prothesenimplantation. Im Vergleich zu diesen drei Studien sind die Patienten in dem vorliegenden Patientenkollektiv mit dysplastischer Coxarthrose ca. 11 bis 13 Jahre jünger. Bei extrem niedrigen CE-Werten sind die Patienten sogar mehr als 20 Jahre jünger.

In Gegenüberstellung zu den primären Coxarthrosen lässt sich auch in der Literatur eine Bestätigung des deutlich niedrigeren OP-Alters bei Dysplasiecoxarthrose nachweisen.

Eine Studie von Crowe *et al.* (42) aus dem Jahr 1979 untersuchte 31 dysplastische Hüften (24 Patienten, 22 Frauen, 2 Männer), welche mittels Endoprothese versorgt wurden. Der Beobachtungszeitraum erstreckte sich von 1971–76. Die Patienten waren zwischen 35 und 79 Jahre alt, wobei das mittlere Operationsalter 57 Jahre betrug. Der Grad der Dysplasie wurde mittels Crowegrad bestimmt. Hierbei hatten 7 Hüften Grad II, 10 Hüften Grad III und 14 Hüften Grad IV. Ein CE-Winkel wurde nicht bestimmt, da die meisten Hüften hochgradig luxiert waren und somit eine Bestimmung nicht möglich gewesen wäre.

In dieser Studie liegt das mittlere OP-Alter ungefähr vier Jahre später als im Gesamtkollektiv dieser Arbeit. Zu diesen Umständen könnte zum einen die verhältnismäßig niedrige Stichprobe von 31 versus 245 Hüften beigetragen haben. Zum anderen erstreckte sich der Beobachtungszeitraum über die 70er Jahre. Seither ist es stetig zur Erweiterung der Infrastruktur der Medizin gekommen, es kommt zeitnah zur Diagnosestellung und zu einem Therapiebeginn mit einer höheren Akzeptanz, auch Patienten in jüngeren Jahren eine Prothese zu implantieren. Nicht erfasst ist in dieser Studie die Frage, in welchem Zeitraum im Voraus die Schmerzen bereits einsetzen.

Insgesamt wurden in dieser Arbeit 4,5-mal mehr weibliche Patienten operiert. In der Literatur zeigen sich ähnliche Zahlen mit einem Verhältnis von Männern zu Frauen 1:4, welche eine Dysplasie aufwiesen (45).

Betrachtet man die Epidemiologie der primären Coxarthrose, ergeben sich folgende Verteilungen. Laut eines Reviews aus dem Jahr 2008 von Dagenais *et al.* (53) liegt die Prävalenz der Coxarthrose bei 0,9 %–27 % (im Mittel bei 8 %). Es wurden insbesondere Studien aus dem europäischen Raum zu dieser Fragestellung ausfindig gemacht, weniger aus Afrika oder dem mittleren Osten. Außerdem zeigte sich, dass mehr Männer als Frauen betroffen sind (m: 8,5 % \pm 7,5 % vs. w: 6,9 % \pm 5,9 %).

Eine Studie von Sun *et al.* (54) beschreibt die Inzidenz der primären Hüftarthrose ebenfalls mit einer hohen Variation. In verschiedenen Studien aus Schweden, Finnland und den USA lag diese bei 10–200 pro 10⁵ Einwohner. Die Datenerhebung der einzelnen Studien erstreckte sich von 1950 bis 1993.

Die Hüftdysplasie mit nachfolgender Arthrose unterliegt dem Einfluss von Region und Geschlecht. So ist ein häufigeres Auftreten in Asien zu beobachten im Vergleich mit Europa. Dies zeigt eine weitere Studie über die französische und japanische Population von Inoue *et al.* (55) aus dem Jahr 2000. Sie beschreibt die Prävalenz einer Dysplasiecoxarthrose. Es erfolgte die radiologische Auswertung von 1183 Kontrastmittelurogrammen einer urologischen Abteilung aus einem Pariser Krankenhaus im Jahr 1994 und einem japanischen Krankenhaus von 1992–1993. Hierbei wurden die nebenbefundlich mit abgebildeten Hüften von 401 Franzosen (283 männlich, 118 weiblich) und 782 Japanern (414 männlich, 368 weiblich) untersucht. Es zeigte sich eine Prävalenz von 11,6 % unter den japanischen Frauen, 5,6 % der französischen Frauen, 5,1 % der japanischen Männer und 1,8 % der männlichen Franzosen. Zudem zeigte sich das sowohl die Frauen als auch die Männer der französischen Untersuchungsgruppe einen signifikant höheren CE-Winkel aufwiesen als die japanische Gruppe.

Ein Review von Randall *et al.* (56) aus dem Jahr 2011 beschreibt die Inzidenz der sekundären Hüftgelenksarthrose infolge einer Hüftdysplasie. Hierbei wird die deutliche Variation in Folge des geografischen bzw. ethnologischen Ursprungs deutlich. In einer Studie aus Afrika betrug die Inzidenz 0,06 pro 1000 Lebendgeburten, wohingegen Amerika eine Inzidenz von 76,1 pro 1000 Lebendgeburten aufwies.

Hartofilakidis *et al.* (57) legt in seinem Review eine Inzidenz einer neonatalen Hüftdislokation von 1–2/1000 und einer Hüftinstabilität von 1,6–28,5/1000 dar. Die radiologischen Untersuchungen von 660 Hüften (468 Patienten) mit Coxarthrose zeigten, dass 54 % sekundär waren in Folge einer Dysplasie oder (Sub-)luxation. 90 % der sekundären Arthrosen betrafen Frauen.

4.2 Beeinflussung und Vorhersagbarkeit des OP-Alters

Ob das OP-Alter vorhersagbar ist, wurde über verschiedene Herangehensweisen getestet. Hierbei präsentierten sich der CE-Winkel, der AC-Winkel sowie der Sharp-Winkel am stärksten mit dem Zeitpunkt der TEP-Implantation signifikant in Korrelation. Je dysplastischer diese Winkel waren, desto eher war die Implantation einer Hüft-TEP notwendig. So bestand bei Patienten mit einem

CE-Winkel unter 10° im Mittel 10 Jahre früher die Notwendigkeit einer Prothesenimplantation als Patienten mit einem CE-Winkel zwischen 10 und 20° sowie im Mittel 15 Jahre früher im Vergleich zu Patienten mit einem CE-Winkel zwischen 20 und 30° . Ähnlich verhält es sich hinsichtlich des AC-Winkels. Auch hier hatten Patienten mit einem AC-Winkel über 30° ca. 8 Jahre früher eine Prothesenimplantation als Patienten mit einem AC-Winkel zwischen 20 und 30° sowie 12 Jahre früher im Vergleich zu Patienten mit einem AC-Winkel zwischen 10 und 20° . Patienten mit einem CE-Winkel unter 10° sowie einem AC-Winkel über 30° hatten im Mittel in der 5. Lebensdekade bzw. Anfang der 40er Jahre eine Hüft-TEP-Implantation. Demgegenüber hatten Patienten mit einem CE-Winkel zwischen 20 und 30° bzw. einem AC-Winkel zwischen 10 und 20° im Mittel erst in der 6. Lebensdekade, mit Ende 50 ihre Prothesenimplantation.

Innerhalb der Stuhlberg 1 Gruppe waren in den Testungen noch deutlichere Zusammenhänge nachweisbar. Daraus ist zu schlussfolgern, dass sich für Hüftgelenke, welche eine kongruente Hüftgelenksfläche zum Hüftgelenkskopf aufweisen, genauere Vorhersagen treffen lassen. Die Entrundung des Hüftkopfes ist noch geringer und insgesamt ist die Veränderung der Hüftmorphologie noch milder. Somit folgt die Empfehlung einer frühzeitigen Diagnostik bei Hüftgelenksbeschwerden. Je frühzeitiger eine Diagnostik erfolgt, umso besser kann man Patientinnen und Patienten mit einer Hüftdysplasie Empfehlungen zur Therapie und Prognose geben.

Nach eingehender Recherche ist das die erste Studie, welche die Altersabhängigkeit der Prothesenimplantation von den relevanten Gelenksparemtern CE- und AC- Winkel untersucht. Bisherige Studien zeigen, dass Patienten mit dysplastischer Gelenksanatomie ein deutlich erhöhtes Risiko für den vorzeitigen Gelenkverschleiß und damit eine vorzeitige Prothesenimplantation haben.

So konnte Murphy *et al.* (58) nachweisen, dass bei Patienten mit einer Prothesenimplantation unter 65 Jahren eine klare dysplastische Gelenksanatomie vorlag als im Vergleich zu Patienten, die ihre Arthrose später entwickelten. In dieser Gruppe < 65 Jahre war der CE-Winkel im Mittel bei $7 \pm 12^\circ$ [-22° – 28°] im Vergleich zur Gruppe ohne Prothesenimplantation die älter als 65 Jahre waren, in welcher der CE-Winkel bei $34 \pm 9^\circ$ lag. Ähnlich war der AC-Winkel bei $25 \pm 10^\circ$ in der Gruppe > 65 Jahre im Vergleich zur vorzeitigen Prothesenimplantation < 65 Jahre mit einem CE-Winkel von $6 \pm 6^\circ$.

In einer anderen interessanten Arbeit von Wyles *et al.* (59) konnte klar gezeigt werden, dass Patienten mit dysplastischer Hüftmorphologie (LCE-Winkel $< 25^\circ$) und beginnenden initialen

degenerativen Veränderungen (Tönnis 1), ein hohes Risiko besitzen eine rasche Progression ihrer Arthrose innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre zu erfahren. So liegt die Wahrscheinlichkeit für eine Prothesenimplantation für Patienten mit Hüftdysplasie und initialen degenerativen Veränderungen innerhalb der nächsten 10 Jahre bei eins zu drei bzw. nach 20 Jahren bei zwei zu drei.

Der in dieser Arbeit aufgezeigte rechnerische und graphische Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Dysplasie und dem Einfluss auf den Zeitpunkt der Prothesenimplantation kann zukünftig als Beratungsmöglichkeit herangezogen werden, um Patienten mit Hüftdysplasie eine Orientierung zu geben, wann womöglich die Implantation einer Prothese notwendig wird. Auch kann die Graphik in der Abwägung der Durchführung einer korrigierenden Beckenosteotomie hilfreich sein. Stellt sich z. B. eine junge Patientin mit symptomatischer Hüftdysplasie mit einem CE-Winkel von ca. 7° ohne Arthrosezeichen in der Sprechstunde vor, so kann Anhand des hier aufgezeigten Zusammenhangs, die Implantation einer Prothese zwischen dem 40. und 45. Lebensjahr notwendig werden.

4.3 Anatomie der dysplastischen Hüfte

Im gesamten Patientenkollektiv waren vor allem Crowe 2 (1=34 %, 2=42 %, 3=24 %, 4=0 %), Luxationsgrad 1 (1=67 %, 2=27 %, 3=6 %, 4=0 %), Stuhlberg 1 (1=53 %, 2=6 %, 3=17 %, 4=15 %, 5=9 %) und Arthrosegrad 3 (0=1 %, 1=8 %, 2=26 %, 3=65 %) Hüften vertreten.

Eine Studie von Crowe aus dem Jahre 1979, welche 31 dysplastische Hüften untersuchte, zeigte eine Häufung von 45 % Crowe 4 Hüften (42). In diesem Kollektiv waren somit gehäuft dysplastische Hüften vorzufinden (Tabelle 16).

Wohingegen eine Studie aus dem Jahr 1996, welche den Einfluss des Crowegrades auf das Ergebnis der Totalhüftendoprothese untersucht, vor allem deutlich weniger dysplastische Hüften aufwies mit 48 % Crowe 1 Hüften (60). In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass je höher der Crowegrad war, umso mehr Komplikationen intra- und postoperativ auftraten (Tabelle 16).

Eine Studie zur Prognose des Morbus Perthes aus dem Jahre 1998 untersuchte insgesamt 81 Hüften, diese überwiegend männlich (n=77). In dieser Untersuchung waren auch die meisten Hüften der Kategorie Stuhlberg 1 angehörend (37 %), die anderen Gruppen waren in geringerer Zahl vertreten (61) (Tabelle 16).

Eine retropektive Studie über Luxationshüften, welche zwischen 1912 und 1946 an der Klinik Balgrist mittels geschlossener Reposition nach der Methode von Lorenz behandelt wurden, untersuchte insgesamt 100 Patienten, jeweils an beiden Hüftgelenken. Es wurde unter anderem der Luxationsgrad vor der Reposition untersucht. Zudem wurde der Arthrosegrad nach Tönnis nach einem Zeitintervall von durchschnittlich 47 Jahren nach Erkrankungsbeginn untersucht (62) (Tabelle 16).

Tabelle 16: Tabellarische Auflistung der Verteilungsmuster des Crowegrades, der Stuhlbergeinteilung, des Arthrose- und Luxationsgrades in dieser Arbeit im Vergleich zu verschiedenen Studien.

Autor	Parameter	Patientenkollektiv	Verteilung
Eydam	Crowe	N= 245 Hüften (180 Frauen, 37 Männer)	1= 34 %, 2= 42 %, 3= 24 %, 4= 0 % (ausgeschlossen).
	Stuhlberg		1= 53 %, 2= 6 %, 3= 17 %, 4= 15 %, 5= 9 %.
	Arthrosegrad nach Tönnis		0= 1 %, 1= 8 %, 2= 26 %, 3= 65 %.
	Luxationsgrad		1= 67 %, 2= 27 %, 3= 6 %, 4= 0 % (ausgeschlossen).
Crowe et al. 1979	Crowe	N= 31 Hüften (22 Frauen, 2 Männer)	1= 0 %, 2= 23 %, 3= 32 %, 4= 45 %.
Cameron et al. 1996	Crowe	N= 71	1= 48 %, 2= 17 %, 3= 11 %, 4= 24 %.
Ismail et al. 1998	Stuhlberg	N= 81 Hüften (4 Frauen, 69 Männer)	1= 37 %, 2= 33 %, 3= 26 %, 4= 4 %; 5= 0 %.
Engelhardt, Peter 1988	Arthrosegrad nach Tönnis	N= 200 Hüften (91 Frauen, 9 Männer)	0= 26 %, 1= 11 %, 2= 14 %, 3= 49 %.
	Luxationsgrad		1= 21,5 %, 2= 8 %, 3= 11 %, 4= 59,5 %.

Die OP-Altersverteilung in Bezug auf diese Kategorien zeigte für die Crowe-Einteilung die jüngsten Patienten innerhalb der Crowe 2 Gruppe mit einem mittleren OP-Alter von $50,4 \pm 12,4$ Jahren (versus Crowe 1: $55,0 \pm 10,4$; Crowe 3: $54,2 \pm 13,7$). Hierbei war der Altersunterschied zwischen der Gruppe 1 und 2 signifikant. Diese Verteilung wird sicherlich durch zwei relevante Faktoren begünstigt. Zum einen liegt eine asymmetrische Häufigkeitsverteilung vor ($n_1=84$; $n_2=102$; $n_3=59$) und zum anderen könnte die Annahme getroffen werden, dass Hüften mit einer deutlich ausgeprägten Lateralisation (Crowe 3 entsprechend) möglicherweise weniger sportlich aktiv waren und somit erst zu einem späteren Zeitpunkt operiert werden mussten. Sportlich aktiv waren 51 % der Patienten mit Crowe 3 präoperativ (Vergleich Gesamtgruppe 54 %). Postoperativ waren ebenfalls etwas weniger Patienten sportlich aktiv (60 %) im Vergleich zum Gesamtkollektiv (79 %). Die Schmerzintensität präoperativ war minimal höher mit durchschnittlich $6 \pm 2,8$ (Vergleich Gesamtkollektiv $5,6 \pm 2,8$) auf der NAS. Die Zeitspanne vom Schmerzbeginn bis zur Operation war ebenfalls länger mit $15,23 \pm 17,4$ Jahren ($12,2 \pm 15,1$ Jahre im Gesamtkollektiv). Ein Vergleich der Mittelwerte des CE-Winkels bestätigte wie zu erwarten, dass Crowe 2 Patienten (MW $17,55 \pm 7,81$) signifikant kleinere CE-Winkel als Crowe 1 Patienten (MW $24,02 \pm 4,68$) aufwiesen.

Für den Luxationsgrad erwies sich ebenfalls der zweite Grad mit dem jüngsten OP-Alter gegenübergestellt mit $50,8 \pm 13,6$ Jahren (versus Luxation 1: $53,2 \pm 11,4$; Luxation 3: $59,1 \pm 13,6$). Der Altersunterschied von Gruppe 2 und 3 war signifikant.

Im Vergleich zeigten sich für den Luxationsgrad 2 (CE-Winkel: MW $7,79 \pm 12,15$) signifikant kleinere CE-Winkel als für den Luxationsgrad 1 (CE-Winkel: MW $21,83 \pm 5,89$).

Hinsichtlich der Sphärizität des Hüftkopfes konnte belegt werden, dass für die Stuhlberggruppe 2 und 3 das niedrigste OP-Alter mit 48,6 Jahren ($2:\pm 10,2$; $3:\pm 13,0$), das höchste für die Stuhlberg 1 Gruppe mit 54,3 Jahren $\pm 11,3$ (versus 5: $54,0 \pm 11,5$) vorlag. Der Unterschied war signifikant zwischen der Gruppe 1 und 3. Somit ging hervor, dass eine optimale Kongruenz von Hüftkopf und Hüftpfanne ein späteres OP-Alter aufweist. Je unrunder ein Hüftkopf ist, desto eher entwickelt sich offensichtlich eine Arthrose und daher scheint eine optimale Kongruenz prognostisch günstiger zu sein. Ein unrunder Hüftkopf bzw. eine Inkongruenz der Gelenkflächen hat einen entscheidenden Einfluss, weshalb die prognostische Abschätzung anhand der reinen acetabulären Anatomie schwieriger ist. Aus diesen Gegebenheiten wurde die Stuhlberg 1 Gruppe gesondert betrachtet.

In einer Arbeit von Peter Engelhardt wurden 55 Patienten untersucht, welche im Zeitraum von 1924 bis 1950 mit der Diagnose Morbus Perthes behandelt wurden. Hierbei konnte gezeigt werden, dass Gelenkirregularitäten in der Tragzone des Hüftgelenkes in der Regel zu einer sekundären Coxarthrose führten (62). Weitere Arbeiten von Stuhlberg *et al.* (44), Catterall *et al.* (63) und Mose *et al.* (64) konnten ebenfalls belegen, dass die Form des Femurkopfes als auch die Kongruenz von Hüftkopf und -pfanne maßgeblich das Risiko der Entstehung einer sekundären Coxarthrose beeinflussten. Stuhlberg *et al.* (44) konnte in seiner Studie darüber hinaus nachweisen, dass Stuhlberg 1 und 2 Hüften kein erhöhtes Arthroserisiko aufwiesen im Gegensatz zu Stuhlberg 3, 4 und 5 Hüften. Stuhlberg 5 Hüften zeigten das höchste Risiko einer schweren Hüftgelenksarthrose, gefolgt von Stuhlberg 4. Entsprechend dieser Arbeit kann abgeleitet werden, dass bei Patienten mit einem runden Hüftkopf (Stuhlberg 1) offensichtlich nur das Ausmaß der acetabulären Dysplasie einen Einfluss auf das Alter der Arthroseentstehung hat.

Aus den Ergebnissen der Arbeit geht hervor, dass die Gesamtgruppe signifikant niedrigere CE-Winkel und höhere AC-Winkel im Mittel (CE-Winkel $16,8^\circ \pm 11,6^\circ$, AC-Winkel $26,8^\circ \pm 8,6^\circ$) als die Stuhlberg 1 Gruppe (CE-Winkel $21,2^\circ \pm 7,1^\circ$, AC-Winkel $23,3^\circ \pm 6,3^\circ$) aufwies. Es zeigte sich im Gesamtkollektiv eine stärker ausgeprägte Arthrose mit höheren Arthrosegraden nach Tönnis sowie einer geringeren Gelenkspaltweite mit 1,0 mm (im Vgl. 1,1 mm bei Stuhlberg 1 Kollektiv), der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Eine Untersuchung von 1912 bis 1946 an 200 Dysplasie-/Luxationshüften (100 Patienten) an der Klinik Balgrist konnte eine Verteilung für den CE-Wert rechts bei $3,3^\circ \pm 14,6$ und links bei $2,4^\circ \pm 16,8$ zeigen. Der AC-Winkel wies eine Verteilung von $32^\circ \pm 12,0$ rechts und $32^\circ \pm 11,0$ links auf (62).

Der CCD-Winkel war präoperativ im Durchschnitt valgisch bei $145,8^\circ \pm 9,9^\circ$, was sich in der Literatur im Zusammenhang mit Hüftdysplasien häufig widerspiegelt (37).

Der Pfannenindex erwies sich als unauffälliger Parameter sowohl innerhalb des Gesamt- als auch des Stuhlberg 1 Kollektivs. Er zeigte zwar ebenfalls signifikant bessere Werte im Stuhlberg 1 Kollektiv ($39,9 \pm 5,6$) als im Gesamtkollektiv ($37,4 \pm 8,1$), jedoch lag er laut Bauer und Jünger 1974 (24) mit >35 im Bereich einer guten Überdachung.

Sowohl die Inklination als auch der Sharp-Winkel wiesen zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf.

Da es sich bei den betrachteten Röntgenaufnahmen um präoperative Bilder handelte, war mit einem stark verschmälerten Gelenkspalt zu rechnen, was sich sowohl im Gesamt- ($1,0 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$) als auch im Stuhlberg 1 Kollektiv ($1,1 \text{ mm} \pm 1,7 \text{ mm}$) demonstrieren ließ.

Der Femoral-head-extrusion-index war ebenfalls signifikant dysplastischer beim gesamten Kollektiv ($67,1 \pm 11,0 \%$) als in der Stuhlberg 1 Gruppe ($71,9 \pm 7,8 \%$).

Der Femoral-head-neck-index war für beide Kollektive normwertig. Dieser Parameter erweist sich laut Literatur auch eher im Zusammenhang mit dem Femoral Acetabulären Impingement als relevant (65).

Die Femoral-head-ratio beschreibt die Sphärizität des Femurkopfes. Somit war zu erwarten, dass die Stuhlberg 1 Selektion näher am Normwert seien würde als das Gesamtkollektiv. Dieses präsentierte sich in den gemessenen Werten (Gesamt: $1,7 \pm 0,9$; Stuhlberg 1: $1,1 \pm 0,4$).

4.4 Weitere Zusammenhänge der Hüftparameter

Die telefonische Befragung ergab, dass die Patienten entweder seit der Geburt (42 %) über ihre Hüft dysplasie in Kenntnis waren oder aber erst seit dem Eintritt in das Erwachsenenalter (43 %). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass nur bei knapp der Hälfte im Rahmen der U3-Untersuchung nach der Geburt die Hüft dysplasie sonographisch diagnostiziert wurde. Die berufliche körperliche Belastung teilte sich relativ gleichmäßig auf stehende, sitzende, gemischte und berentete/hausfrauliche Tätigkeiten auf. Das Körpergewicht hatte auf den Entstehungsprozess der Coxarthrose keinen Einfluss, wie auch in der Literatur bestätigt (23). Nur 2,5 % der befragten Patienten waren adipös ($\text{BMI} > 30$). Sowohl in der Korrelations- als auch in der Regressionsanalyse zeigte sich kein Zusammenhang mit dem OP-Alter.

Die Datenanalyse zur therapeutischen Vorbehandlung, welche sich von keiner, über konservative bis hin zur operativen Umstellung erstreckt, erbrachte, dass die Patienten, welche keine Therapie erhielten, erst in höherem Lebensalter operiert werden mussten ($58,2 \pm 11,3$ Jahren). Die operativ in der Kindheit umgestellten Hüftgelenke wurden frühzeitiger einer Totalendoprothesenimplantation unterzogen ($46,9 \pm 12,3$ Jahren). Konservativ therapierte Hüften wurden im Mittel mit $53,4 \pm 8,1$ Jahren operiert.

Hierbei ist jedoch zu diskutieren, dass es sich bei den in der Kindheit operierten Hüftgelenken um die stärker ausgeprägten Dysplasien mit teilweise Subluxationen/Luxationen handeln könnte. Eine relevante Information ist die Tatsache, dass rund 60 % der voroperierten Hüften eine höhergradige

Dysplasie ($CE < 20^\circ$) aufwiesen. Andererseits stellt sich die Frage, inwieweit Operationen in der Kindheit einen prognostischen Vorteil haben.

Im Säuglings- und Kindesalter stehen je nach Ausmaß der Deformität und Alter des Patienten diverse Operationsmethoden zur Verfügung. Bis zu einem Alter von 12 Monaten wird zunächst der Versuch einer geschlossenen Reposition durchgeführt. Mit zunehmendem Alter und Schwere der Dysplasie erfolgt eine offene Reposition mit gegebenenfalls in gleicher Operation durchgeführter Weichgewebeeentlastung. Als weitere Steigerung der Invasivität ist die Möglichkeit einer femoralen Osteotomie gegeben und bei Bedarf ebenfalls Beckenosteotomie.

Das Patientenkollektiv wies ebenfalls, wie in der Literatur beschrieben, die genetische Komponente einer Hüftdysplasie auf (2). Über 27 % der Befragten gaben an, innerhalb der nahen Verwandten mindestens ein Mitglied mit Hüftdysplasie zu kennen.

Im Vergleich der wichtigsten Pfannendachparameter erschloss sich eine deutliche gegenseitige Beeinflussung. Die Korrelation war signifikant für den AC-Winkel und die Inklination (0,55), sowie den Sharp-Winkel (0,61) und den CE-Winkel (-0,55).

Hierbei stellt sich die Frage, in wieweit diese Parameter sinnvoll als Ergänzung betrachtet werden können oder ob bei der Bestimmung des AC-Winkels die Bestimmung des Sharp-Winkels und der Inklination als überflüssig zu betrachten ist.

Ebenfalls für den Luxationsgrad und Crowegrad zeigten sich signifikante Korrelationen von 0,42 (gesamtes Kollektiv) und 0,51 (Stuhlberg 1). Der Arthrosegrad und die minimale Gelenkspaltweite korrelierten auch signifikant mit -0,63 (gesamtes Kollektiv) und -0,64 (Stuhlberg 1).

4.5 Operationsalter und Zeitpunkt des Schmerzeinsatzens ohne Umstellung vs. PAO (Literatur)

Der Erkenntnisgewinn über das wahrscheinliche Operationsalter ist vor allem für die Therapieempfehlung bei jungen Patientinnen und Patienten mit einer Hüftdysplasie von nicht unerheblicher Relevanz. Es stellt sich unter anderem die Frage, wie groß die Zeitspanne des Erstauftretens des Schmerzes bis zur Implantation der Endoprothese ist.

In dieser Arbeit waren die Schmerzen im Durchschnitt präoperativ bei $5,6 \pm 2,8$ ($n=118$) auf der VAS mit einer durchschnittlichen Zeitdauer von $12,2 \pm 15,1$ Jahren ($n=126$). Dementsprechend setzte der Schmerz im Mittel im Alter von 40,7 Jahren ein.

In einer Untersuchung von Hartofilakidis *et al.* (57) wird das Durchschnittsalter des Schmerzeintretens einer Dysplasie mit 34,5 Jahren angegeben. Bei zusätzlicher Subluxation des Hüftgelenkes liegt dieses sogar bereits bei 32,5 Jahren und bei Vorliegen einer hohen Luxation bei ca. 31 Jahren.

Um der Schmerz- und Arthroseentstehung vorzubeugen, hat die periacetabuläre Osteotomie nach Ganz eine besondere Relevanz. Diese wird bei geschlossener Y-Fuge durchgeführt. Das Verfahren genießt weite Akzeptanz und wird im Erwachsenenalter hauptsächlich zur Umstellung bei Hüftdysplasie gewählt. Durch dieses Operationsverfahren wird eine Neuorientierung des Acetabulums ermöglicht, die zu einer verbesserten Überdachung des Hüftkopfes führt. (18). Da bei diesem Verfahren das kleine Becken unverändert bleibt, müssen die operierten Frauen keine Einschränkungen hinsichtlich einer vaginalen Geburt erwarten (20). Ein weiterer Vorteil ist, dass direkt nach der Operation, aufgrund des Erhaltes der dorsalen Säule, eine Teilbelastung möglich und keine Immobilisation vonnöten ist (18). Als Indikation für die Durchführung einer PAO sind die symptomatische Dysplasie mit nur minimalen arthrotischen Veränderungen oder besser noch keinen, ein junges Lebensalter bis zu 40 Jahren, keine relevanten Komorbiditäten, eine adäquate Kongruenz des Hüftgelenks, eine adäquate Hüftflexion ($\geq 100^\circ$) und Abduktion ($\geq 30^\circ$), kein Übergewicht und eine adäquate Compliance (29).

Die Langzeiterfolgsraten einer PAO bemessen sich zum einen an der Verzögerung der radiologisch diagnostizierten Arthrose, zum anderen an dem verzögerten Schmerzeintritt und der funktionellen Beweglichkeit des Hüftgelenkes.

Eine Folgestudie von Troelsen *et al.* (17) betrachtet 116 periacetabulär osteotomierte Hüftgelenke im 5,2 bis 9,2 Jahresverlauf postoperativ. Relevante Auswertungsparameter waren die klinische Untersuchung, ein Interview bezüglich des Schmerzes, Blockierungen des Hüftgelenkes im Alltag, sowie berufliche Veränderungen seit der Operation, eine radiologische Untersuchung und verschiedene Fragebögen (WOMAC, Western Ontario, SF-36). Die Kaplan-Meier-Rate zum Überleben ohne Totalendoprothese lag nach 5 Jahren bei 90,5 % und nach 9,2 Jahren bei 81,6 %. In 25 % der Fälle zeigte sich eine Instabilität in Form von Klicken oder Versperren des Hüftgelenkes. In 18 % der Fälle kam es zu einem positiven Impingement. Bei 17 Hüften war die Implantation einer Totalendoprothese notwendig. Das Schmerzniveau wurde in Ruhe und nach 15 Minuten normalen Gehens gemessen. Hierbei ergab sich in Ruhe eine VAS mit einem Median von 0, nach 15 Minuten Gehen lag der Median bei 1. Radiologisch lag zum Zeitpunkt des Follow-ups

eine Arthrose im Stadium 0 nach Tönnis in 32 %, im Stadium 1 in 50 %, im Stadium 2 in 10 % und im Stadium 3 in 8 % der Fälle vor.

Eine weitere Studie von Steppacher *et al.* (66) untersuchte über 20 Jahre das klinische und radiologische Outcome bei Patienten, die eine PAO erhielten. Sie untersuchten 75 Hüftgelenke von 63 Patienten, welche im Mittel zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 29 Jahre alt waren. Von den 63 Patienten hatten 24 % präoperativ bereits arthrotische Veränderungen. Aus den Ergebnissen der Arbeit gingen sechs Faktoren hervor, welche ein schlechtes postoperatives Outcome prognostizierten. Diese waren das Alter bei der Operation, ein schlechter präoperativer Merle d'Aubigne und Postelscore, ein positiver anteriorer Impingementtest, ein präoperatives Hinken, eine präoperativ manifeste Arthrose und der erhöhte postoperative Extrusionsindex im Sinne einer Unterkorrektur. Ohne Vorhandensein eines dieser sechs Faktoren erwies sich die periacetabuläre Osteotomie als effektive Behandlung einer symptomatischen Hüftdysplasie und der natürlichen Hüfte für mindestens 19 Jahre. Es ließen sich im Follow-up keine größeren radiologischen Veränderungen der Hüftanatomie abgesehen vom postoperativen Arthroscore feststellen.

Eine weitere Studie von Zhu *et al.* (67) untersuchte die Fragestellung, ob eine PAO für Patienten im mittleren Lebensalter (35–54 Jahre) eine zu bevorzugende Behandlungsstrategie sei. Als Erfolgskriterium galten das Funktionsmaß der Hüfte und das Überleben ohne Endoprothese. 41 Hüftgelenke einer chinesischen Population wurden untersucht, hierbei lag das mittlere OP-Alter zur PAO bei 39,5 Jahren. Elf der 41 Patienten erhielten zusätzlich eine Osteochondroplastie am Femur. Im Mittel betrug das Follow-up 5,1 Jahre. Postoperativ zeigte sich eine radiologische Veränderung (der laterale und anteriore CE-Winkel, die Hüftgelenksmedialisierung) der Hüftgelenkparameter hin zu einem Normalmaß. Es zeigte sich keine Progression des Tönnisarthrosegrades. Nur ein Hüftgelenk erhielt innerhalb der Kontrollzeit eine Totalendoprothese. Sie kamen zu dem Entschluss, dass für mittelalte chinesische Patienten sich eine verbesserte Gelenkfunktion als auch ein verlängertes Überleben ohne Endoprothese ergab, unabhängig davon, ob zusätzlich eine Osteochondroplastie erfolgt war.

Ein Review zu diesem Thema von McKinley (68) schlussfolgerte, dass die Mehrheit der operierten Patienten mit einer Hüftdysplasie eine ausgeprägte Schmerzreduktion erfährt und eine deutliche Verbesserung der täglichen Funktion. Vor allem Patienten, welche die idealen Einschlusskriterien aufwiesen, zeigten ein durchgängig gutes frühzeitiges Ergebnis (3,2–4,3 Jahre postoperativ). Die Vorhersagewerte werden bei ausgeprägter präoperativer Arthrose schlechter, jedoch zeigt sich,

dass selbst bei Arthrosegraden von 2–3 ein großer Anteil der Patienten einen guten kurz- bis mittelfristigen Erfolg hat.

Die Studie von Matheney *et al.* (69) untersuchte die mittel- bis langfristigen Ergebnisse nach PAO von 135 Hüftgelenken im Durchschnitt von 9 Jahren postoperativ. Die Evaluation erfolgte mittels Western Ontario und McMaster Universities Osteoarthritis Index als auch durch radiologische Befunde präoperativ und fünf Jahre postoperativ. Das Versagen der PAO wurde definiert als ein Schmerzscore ≥ 10 oder die Notwendigkeit einer Totalendoprothese. Es zeigte sich, dass 102 Hüftgelenke (76 %) für durchschnittlich 9 Jahre von der PAO profitierten mit einem mittleren Western Ontario und McMaster Universities Schmerzscore von 2,4 von 20. 17 Hüftgelenke erfuhren eine totalendoprothetische Versorgung nach durchschnittlich 6,1 Jahren und 16 hatten einen postoperativen Schmerzscore von ≥ 10 . Die Kaplan-Meier Analyse mit der Totalendoprothese als Endpunkt zeigte ein Überleben von 96 % nach fünf Jahren und 84 % nach 10 Jahren. Komplikationen traten bei 20 Hüftgelenken auf. Zwei unabhängige Kriterien der Vorhersage eines Versagens der PAO konnten identifiziert werden. Zum einen ein Alter über 35 Jahre zum Zeitpunkt der Operation und zum anderen eine schlechte Hüftgelenkskongruenz präoperativ. Hierbei ergab sich eine Steigerung der Wahrscheinlichkeit des Versagens der PAO bei dem Erfüllen von einem Negativkriterium von 14 % auf 36 % und bei Erfüllen von beiden Kriterien stieg die Wahrscheinlichkeit auf 95 %.

4.6 Betrachtungen der verwendeten Implantate, sowie des Outcomes und der Komplikationen

Die Schraubpfanne (n=118; 48 %) und die Pressfitpfanne (n=125; 51 %) wurden ähnlich frequentiert eingebaut. Die endoprothetische Versorgung mittels Schraubpfanne ist entsprechend Literaturangaben ein häufig verwendetes Implantat bei Dysplasiecoxarthrosen (70).

Das am häufigsten verwendete Inlay war das Polyethyleninlay (n=222; 95 %) mit einer Häufung der Größe 32 mm (n=126; 54 %). Dieses Ergebnis war zu erwarten, da das Polyethylen (PE) im deutschsprachigen Raum weiterhin Standard in der Hüftprothetik ist. Es zeigt nur wenig Reibung und damit eine geringe Abnutzung oder Verformung im Zusammenspiel mit anderen Gelenkpartnern, wie z. B. einem Hüftkopf aus Keramik oder Metall.

An erster Stelle wurde Keramik für die Hüftköpfe verwendet (n=205; 89 %), gefolgt von Metall (n=25; 11 %). Keramik weist den geringsten Abrieb auf und das niedrigste Lockerungsrisiko, was bei frühzeitiger Implantation vorteilhaft ist (71).

Die Pfannengröße war wie zu erwarten tendenziell klein bis mittel, am häufigsten fand die Größe 52 (n=64) gefolgt von der Größe 58 (n=43) Anwendung (72).

Hinsichtlich der Schaftkomponente war der nichtzementierte Standardgeradschaft nach Zweymüller der am häufigsten implantierte Schaft (n=129, 53 %). An zweiter Stelle wurde der modifizierte Zweymüllerschaft, der MIA-Schaft (FA Smith&Nephew, London, England) (n=96, 39 %) implantiert. Der MIA-Schaft zeigt den Vorteil der knochenschonenderen Implantation, was im Falle einer verfrühten Prothese, mit daraus folgender Gefahr häufigerer Prothesenwechsel, sinnvoll erscheint (72).

Die Schäfte waren wie die Pfannen ebenfalls tendenziell klein. Die Ursache liegt in einem bei Dysplasien gehäuft vorkommenden engeren Markraum (72).

Von den 245 implantierten Schäften wurden nur 4 (1,6 %) Schäfte zementiert. Das erklärt sich durch das junge Alter der Patienten bei Erstimplantation und der damit einhergehend besseren Knochenqualität, als auch durch den Erhalt der Möglichkeit einer Zweitoperation.

Das postoperative femorale Offset war signifikant im Mittel um 10,1 mm (präoperativ MW 32,6 ± 11,2 mm, postoperativ 42,7 ± 5,1 mm) postoperativ gestiegen. Dies ergibt sich aus der Pathophysiologie der Hüftgelenksarthrose, welche Umbauvorgänge aufweist, die zu einer Reduktion des Offsets führen.

Da der postoperative CCD-Winkel durch das gewählte Schaftmodell vorgegeben ist, ist die signifikante Verkleinerung auf 132,6 ± 3,8° von präoperativ 145,8°±9,9° zu erwarten gewesen.

Die Inklination, welche präoperativ mit 62,4° deutlich entfernt vom Optimum lag, konnte postoperativ signifikant gesenkt und optimiert werden (46,4 ± 6,8°). Dieser Gelenkparameter dient unter anderem als Qualitätsmerkmal bei der Hüftendogelenksprothetik und ist zur Vermeidung von Komplikationen wie Luxationen oder einen vermehrten Abrieb notwendig.

Die Verlagerung des präoperativen Hüftzentrums nach medial (96 %) und caudal (84 %) postoperativ, erklärt sich durch das des Umbauprozesses, welcher eine Lateralisierung und Cranialisierung durch die Verkleinerung der Knorpelschicht zur Folge hat.

Die Reduktion des Mittelwertes der absoluten präoperativen Beinlängendifferenz von 12,5 ± 15,8 mm auf postoperativ 7,0 ± 11,3 mm, ergibt sich durch den Ausgleich des Gelenkhöhenverlustes durch die Endoprothese. Somit ist auch die Reduktion der absoluten Beinlängenunterschiede ersichtlich.

Das präoperative Schmerzniveau war im Durchschnitt präoperativ deutlich erhöht bei $5,6 \pm 2,8$ über einen langen Zeitraum ($12,2 \pm 15,1$ Jahren). Das Kriterium des Schmerzes und der Dauer des Schmerzes ist für die Indikationsstellung einer Gelenksprothesenimplantation von äußerster Wichtigkeit (73).

Mit einem postoperativen Schmerzmittelwert bei $0,6 \pm 1,3$ konnte eine deutliche Reduktion erzielt werden und somit die Lebensqualität der Patienten gesteigert werden.

Der Einfluss der sportlichen Aktivität auf das Alter bei Erstprothesenimplantation konnte in dieser Arbeit nicht gezeigt werden. Auch die Steigerung der Aktivität mittels Prothesenimplantation ergab sich hierbei nicht.

Die Komplikationsrate lag mit insgesamt 10 % niedriger als in der Literatur.

Eine Studie aus dem Jahr 1988, welche das Outcome von Totalendoprothesen bei Hüftdysplasien untersuchte konnte eine Komplikationsrate von 18 % aufweisen. In dieser Studie wurden jedoch gehäuft Crowe 4 Patienten operiert (79 %, n=33 von insgesamt 42 operierten Hüften), welche in dieser Arbeit ausgeschlossen wurden. Des Weiteren wurden andere Komplikationen betrachtet (Abduktionseinschränkungen, postoperative klinische Funktion nach 5,5 Jahren) (74).

In der Untersuchung von Crowe *et al.* (42) wurden 31 Hüftgelenke betrachtet, welche eine schwere Dysplasie oder Luxation aufwiesen und mittels Endoprothese versorgt wurden. Es erfolgte ein vierjähriges Follow-up und die Auswertung des Operationserfolges. Hierbei lag die Major-Komplikationsrate bei 19 %. Einen exzellenten Operationserfolg, gemessen an Schmerzen, Lauffunktion, Muskelkraft, Beweglichkeit und Alltagstauglichkeit, wiesen 38 % auf. 55 % der Patienten erbrachten ein gutes und jeweils 3,5 % ein mittelmäßiges und mangelhaftes Ergebnis.

In einem Review von Rogers *et al.* (75) wird beschrieben, dass bei Dysplasiecoxarthrosen im Vergleich zu primären Arthrosen im Rahmen einer Totalendoprothese es zehn Mal häufiger zu Ischiasnervenverletzungen kommt, die Infektionsrate höher ist und die höchsten Raten an Hüftluxationen anzutreffen sind.

4.7 Limitationen

Eine der wesentlichen Limitationen dieser Arbeit ist zum einen das retrospektive Design, zum anderen aber eine fehlende Kontrollgruppe. Es wurden nur die Gelenkdaten von Patienten berücksichtigt, die aufgrund ihrer Dysplasiecoxarthrose eine Prothese erhalten haben, nicht aber die von Patienten mit dysplastischer Gelenkanatomie, bei denen die Implantation einer Prothese

noch nicht notwendig wurde, bzw. die Ausprägung einer endgradigen Gelenkarthrose. Das würde zum einen die Graphik beeinflussen, zum anderen wären Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der Prothesenimplantation möglich. So kann zwar eine Aussage über das mögliche Alter getroffen werden, nicht aber, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Implantation einer Prothese notwendig wird.

Ein weiterer zu problematisierender Punkt sind die Einschlusskriterien. Es wurden Patienten mit einem AC-Winkel $> 10^\circ$ und einem CE-Winkel $< 30^\circ$ eingeschlossen. In der Literatur wird eine Dysplasie häufig durch einen CE-Winkel von $< 25^\circ$ (37) oder sogar $\leq 20^\circ$ (23) definiert. Möglicherweise würde durch diesen begrenzteren CE-Wert die Genauigkeit der Formel und Graphik steigen. Jedoch wurden in dieser Arbeit somit auch Patienten mit einer grenzwertigen Dysplasie berücksichtigt und dadurch die Realität im klinischen Alltag besser wiedergegeben.

Die ausgewerteten Röntgenaufnahmen entstanden zum Zeitpunkt der Operationsplanung, somit zu einem Zeitpunkt, an dem die Arthrose der Hüfte bereits fortgeschritten war. Es ist nicht sicher zu sagen, inwieweit die ausgewerteten Hüftparameter unter dem Einfluss der Umbauprozesse mit beeinflusst wurden.

4.8 Schlussfolgerung

Zusammenfassend konnte ein klarer Zusammenhang zwischen der Ausprägung einer Hüftgelenkdysplasie und dem Einfluss auf den Zeitpunkt der Prothesenimplantation dargestellt werden. Bei CE-Winkeln unter 10° und AC-Winkeln $> 30^\circ$ liegt der Zeitpunkt deutlich vor dem 50. Lebensjahr. Die durch diese Arbeit entwickelte Formel und die hier dargestellten Ergebnisse können als Beratungsoption von Patienten mit Hüft dysplasie mit herangezogen werden. Weitere Untersuchungen mit einer größeren Patientenzahl und der Berücksichtigung einer unbehandelten Kontrollgruppe wären notwendig, um die Genauigkeit zu verbessern und Aussagen zur Wahrscheinlichkeit einer Arthroseentstehung und damit der notwendigen Prothesenimplantation treffen zu können.

5 Anhang

Erläuterungen:

- 1) Als überwiegend stehend wurden Berufe wie Erzieher, Bankkauffrau, Frisör angesehen.
- 2) Als überwiegend sitzend wurden Berufe wie Sachbearbeiter, LKW-Fahrer, Kassierer angesehen.
- 3) Als gemischt wurden Berufe wie Lehrer, Journalist, Arzthelfer angesehen.
- 4) Eine vollständige Auflistung ist im Anhang einzusehen.
- 5) Als konservative Behandlung mit Spreizbehandlung galt: Spreizgips-, Spreizhosen-, Spreizverband-, Gipsbettbehandlung.
- 6) Als operative Behandlung galt: intertrochantere Varisationsosteotomie (IVO), Beckenumstellungsosteotomien, acetabuläre Plastiken. Bei vorheriger Spreizbehandlung wurde nur die maximalinvasivste Therapie gewertet, also die operative Umstellung.
- 7) Schmerzen prä- und postoperativ: Es wurde jeweils nur der Leistenschmerz, keine andere Gelenkbeteiligung betrachtet. Wenn Angaben wie 2–3 gegeben wurden, folgte die Mittelwertbildung wie aufgeführt: 2–3 $\rightarrow (2+3)/2=2,5$. Bei der freiwilligen Differenzierung zwischen Ruhe und Belastungsschmerz wurden diese Schmerzen äquivalent behandelt, dementsprechend wurde der Ruheschmerz und der Belastungsschmerz addiert und dann durch zwei dividiert. Der postoperative Schmerz wurde im Langzeitverlauf betrachtet und nicht die direkten postoperativen Schmerzen. Nur bei speziellen Bewegungen kurzzeitig einsetzende Schmerzen wurden nicht als Schmerz miteinbezogen. Bei beidseitig operierten Hüftgelenken wurden diese äquivalent betrachtet und der links und rechtsseitige Schmerz addiert und halbiert. Die Dauer wurde bei der Angabe lebenslang von Geburt an gerechnet, seit der Kindheit ab 1. Lebensjahr, seit der Jugend ab 14. Lebensjahr, seit dem Erwachsenenalter ab 18. Lebensjahr. Bei unklarer Angabe von „mehreren“ Jahren wurde die Ziffer 5 gesetzt und kurz vor der OP wurde als ein halbes Jahr gewertet. Die Angabe von z. B. 1–2 Jahren wurde wieder gemittelt auf 1,5 Jahre.
- 8) Komplikationen postoperativ: keine (0), Frühlockerung der Prothese (1), Hüftluxation (2), Infektionen mit/ohne Lockerung/Bruch (3), periprothetische Fraktur/Nervenläsion/Thrombose (4), Wundheilungsstörung (5).
- 9) Als sportlich aktiv wurde gewertet: Krankengymnastik/Physiotherapie am Gerät, Rehasport, Fahrradfahren, Hometrainer, Joggen, Yoga, Aquasport, Gymnastik, Walken,

Schwimmen, Kraftsport/Fitness, Aroha, Wirbelsäulensport, Wandern, Tanzen, Reiten, koronare Herzgruppe, Irena Programm, Rudern, Skaten, Ballsport, Schulsport, Leichtathletik, Speerwerfen und Judo. Als nicht sportlich aktiv wurde gewertet: kein Sport, ausschließliche Physiotherapie, spazieren gehen, Einkäufe mittels Fahrrad erledigen, gassigehen.

- 10) Relevante Nebendiagnosen: Rheumatoide Arthrose, stattgefunden Chemotherapie, stattgefunden Cortisontherapie hochdosiert/dauerhaft, Hyperurikämie, Morbus Perthes, rezidivierende Hüftluxationen nicht im Säuglings-/Kleinkindalter, stark valgische/varische Beinachse, Hüftkopfnekrose, Fraktur im Bereich des Hüftgelenkes bzw. im Bereich des Oberschenkelhals, Epiphysiolysis capitis femoris, Morbus Bechterew, Psoriasis Arthritis, femoroacetabuläres Impingement, juvenile Polyarthritis, spinale Muskelatrophie, Hypochondroplasie und spastische Tetraplegie.
- 11) Eine familiäre Belastung war vorhanden, wenn mindestens die Kinder, die Eltern, die Großeltern oder Geschwister: (1) eine bekannte Hüftdysplasie haben, (2) eine Coxarthrose mit oder ohne TEP/ OP, (3) Hüftprobleme mit Schmerzen bzw. unklaren Fehlstellungen haben.

Berufe:

Es wird jeweils die männliche Bezeichnung genannt, das gleiche gilt aber auch für das weibliche Geschlecht.

- (0) Nicht eruiert: Freiberufler, Angestellter
- (1) überwiegend stehend: Erzieher, Kaufmann, Bankkaufmann, Postmitarbeiter, Sozialarbeiter, Hotelangestellter, Arbeiter, Frisör, Kosmetiker, Fußpfleger, Malermeister, Krankenpfleger, Blumenbinder, Chirurg, Apotheker, Reinigungsfachkraft, Bäcker, Hausmeister, Verkäufer, Servicebereich.
- (2) überwiegend sitzend: Sachbearbeiter, Ingenieurökonom, LKW-Fahrer, Bürokaufmann, Telefonist, Kassierer, Philologe, Germanist, Betriebswirt.
- (3) gemischt: Lehrer, Journalist, Arzt, Verlagsassistent, Mitarbeiter im MVZ, Industriekaufmann, Ingenieure (Bau-, Umwelt-), Prophylaxeassistent, (Zahn-) Arzthelfer, Zahnarzt, Qualitätssicherung, Einkäufer für Betriebe.

6 Literaturverzeichnis

1. Grifka, Joachim und Ludwig J. Kindliche Hüftdysplasie. Stuttgart: Thieme Verlag; 1998.
2. Tönnis D. Die heutigen Verfahren zur Frühbehandlung der Hüftdysplasie und der kongenitalen Hüftluxation. Dtsch Arztebl. 1980;77(12):747–53.
3. Jacobsen S. Adult hip dysplasia and osteoarthritis. Studies in radiology and clinical epidemiology. Acta Orthop. 77(324):1–37.
4. Hoaglund FT, Kalamchi A, Poon R, Chow SP, Yau APMC. Congenital hip dislocation and dysplasia in southern Chinese. Int Orthop. 1981;4(4):243–6.
5. Yamamuro T, Ishida K. Recent Advances in the Prevention, Early Diagnosis, and Treatment of Congenital Dislocation of the Hip in Japan. Clin Orthop Relat Res. 1984;NA;34–40.
6. Hefti F. Kinderorthopädie in der Praxis. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006.
7. Dunn PM. Perinatal Observations on the Etiology of Congenital Dislocation of the Hip. Vol. 119, Clinical Orthopaedics and Related Research. 1976. p. 11–22.
8. Buckup K. Kinderorthopädie. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag; 2001.
9. Niethard FU. Kinderorthopädie. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag; 2010.
10. Katthagen B, Mittelmeier H, Becker D. Häufigkeit und stationärer Behandlungsbeginn kindlicher Hüftgelenksluxationen in der BR Deutschland. Vol. 126, Z. Orthop. 1988. p. 475–83.
11. Graf R. Fundamentals of Sonographic Diagnosis of Infant Hip Dysplasia. J Pediatr Orthop. 1984;4(6):735–40.
12. Tönnis D, Brunken D. Eine Abgrenzung normaler und pathologischer Hüftpfannendachwinkel zur Diagnose der Hüftdysplasie. Arch Orthop Unfall-Chir. 1968;(64):197–228.
13. Weiss JW. Arthrographie des Hüftgelenks. Röntgendiagnostik der Skeletterkrankungen Teil 2. Handb der Medizinischen Radiol. 1973;5(2):405–54.
14. Tönnis D. Diagnostik und Behandlung der Hüftdysplasie - wo liegt das Optimum? Orthopädische Prax. 2004;6(40):309–16.
15. Tschauener C. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Das Standardwerk für Klinik und Praxis. Becken und Hüfte. Stuttgart: Thieme Verlag; 2004.
16. Marzi I. Kindertraumatologie. 3. Auflage. Frankfurt: Springer Medizin Verlag; 2016.
17. Troelsen A. Assessment of adult hip dysplasia and the outcome of surgical treatment. Dan Med J. 2012;59(6):B4450.
18. Ganz R, Klaue K, Vinh T, Mast J. A New Periacetabular Osteotomy for the Treatment of Hip Dysplasia: technique and preliminary results. Clin Orthop. 1988;(232):26–36.
19. Büchler L, Beck M, Gollwitzer H, Katthagen BD, Zahedi AR. Gelenkerhaltende Hüftchirurgie im Erwachsenenalter. Beckenosteotomien. Orthopäde. 2012;41(11):925–6.
20. Valenzuela R, Cabanela M, Trousdale R. Sexual activity, pregnancy, and childbirth after

- periacetabular osteotomy. *Clin Orthop*. 2004;418:146–52.
21. Harris-Hayes M, Royer NK. Relationship of acetabular dysplasia and femoroacetabular impingement to hip osteoarthritis: A focused review. *PM R*. 2011;3(11):1055–67.
 22. McWilliams DF, Doherty SA, Jenkins WD, Maciewicz RA, Muir KR, Zhang W, Doherty M. Mild acetabular dysplasia and risk of osteoarthritis of the hip: a case-control study. *Ann Rheum Dis*. 2010;69(10):1774–8.
 23. Jacobsen S, Sonne-Holm S. Hip dysplasia: A significant risk factor for the development of hip osteoarthritis. A cross-sectional survey. *Rheumatology*. 2005;44(2):211–8.
 24. Laborie LB, Engesaeter IO, Lehmann TG, Eastwood DM, Engesaeter LB, Rosendahl K. Screening Strategies for Hip Dysplasia: Long-term Outcome of a Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*. 2013;132(3):492–501.
 25. Sewell MD, Rosendahl K, Eastwood DM. Developmental dysplasia of the hip. *BMJ*. 2009;339:b4454.
 26. Bitton R. The economic burden of osteoarthritis. *Am J Manag Care*. 2009;15(8):230–5.
 27. Ipach I, Mittag F, Syha R, Kunze B, Wolf P, Kluba T. Indications for total hip arthroplasty in young adults—idiopathic osteoarthritis seems to be overestimated. *Rofo*. 2012;184:239–47.
 28. Khattak M, Witt J. Pelvic and acetabular osteotomies for hip dysplasia in children and adults. *J Bone Jt Surg*. 2010;18–20.
 29. Clohisy JC, Barrett SE, Gordon JE, Delgado ED, Schoenecker PL. Periacetabular osteotomy in the treatment of severe acetabular dysplasia. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88 Suppl 1:65–83.
 30. Steppacher SD, Tannast M, Ganz R, Siebenrock KA. Mean 20-year followup of bernese periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(7):1633–44.
 31. Jäger M, Westhoff B, Zilkens C, Weimann-Stahlschmidt, K, Krauspe R. Indications and results of corrective pelvic osteotomies in developmental dysplasia of the hip. *Orthopade*. 2008;37(6):556–70, 572–4, 576.
 32. Clohisy J, Schutz A, St John L, Schoenecker P, Wright R. Periacetabular osteotomy: a systematic literature review. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(8):2041–52.
 33. Wells J, Millis M, Kim YJ, Bulat E, Miller P, Matheney T. Survivorship of the Bernese Periacetabular Osteotomy: What Factors are Associated with Long-term Failure? *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(2):396–405.
 34. Beaulé PE, Dowding C, Parker G, Ryu JJ. What Factors Predict Improvements in Outcomes Scores and Reoperations After the Bernese Periacetabular Osteotomy? *Clin Orthop Relat Res*. 2014;473(2):615–22.
 35. Thawrani, Dinesh MD; Sucato, Daniel J. MD, MS; Podeszwa, David A. MD; DeLaRocha AB. Complications Associated with the Bernese Periacetabular Osteotomy for Hip Dysplasia in Adolescents. *J Bone Jt Surg*. 2010;92(8):1707–1714.
 36. Lane NE, Lin P, Christiansen L, Gore LR, Williams EN, Hochberg MC, Nevitt MC. Association of mild acetabular dysplasia with an increased risk of incident hip osteoarthritis in elderly white women: The study of osteoporotic fractures. *Arthritis Rheum*.

- 2000;43(2):400–4.
37. Delaunay S, Dussault RG, Kaplan PA, Alford BA. Radiographic measurements of dysplastic adult hips. *Skeletal Radiol.* 1997;26(2):75–81.
 38. Wiberg G. Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint. *Acta Chir Scand.* 1939;58:5–135.
 39. Tönnis D. Der AC-Winkel. Baden-Badener Reihe für ärztliche Fortbildung. *Orthopädische Prax.* 1974;1(10):29–32.
 40. Jacobsen S, Sonne-Holm S, Søballe K, Gebuhr P, Lund B. Hip dysplasia and osteoarthritis: A survey of 4 151 subjects from the Osteoarthritis Substudy of the Copenhagen City heart study. *Acta Orthop.* 2005;76(2):149–58.
 41. Hepp R, Locher H. Hüftgelenkdysplasie und Hüftgelenkluxationen. *Orthopädisches Diagnostikum.* Stuttgart: Thieme Verlag; 2014. 176-177 p.
 42. Crowe J, Mani V, Ranawat C. Total Hip Replacement in Congenital Dislocation and Dysplasia of the Hip. *Bone Jt J.* 1979;61:15–23.
 43. Jawad MU, Scully SP. In brief: Crowe’s classification: Arthroplasty in developmental dysplasia of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(1):306–8.
 44. Stulberg S, Cooperman D, Wallensten R. The natural history of Legg-Calve-Perthes disease. *J Bone Jt Surg.* 1981;63:1095–108.
 45. Murray RO. The Aetiology of Primary Osteoarthritis of the Hip. *Br J Radiol.* 1965;38(455):810–24.
 46. Heyman C, Herndon C. Legg-Perthes disease; a method for the measurement of the roentgenographic result. *J Bone Jt Surg Am.* 1950;32(4):767–78.
 47. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Hüftgelenk und Oberschenkel. *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie.* Stuttgart: Thieme Verlag; 2009. 519-520. p.
 48. Tönnis D, Heinecke A. Acetabular and Femoral Anteversion: Relationship with Osteoarthritis of the Hip. *J Bone Jt Surg.* 1999;81(12):1747–70.
 49. Widmer K, Zurfluh B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. *J Orthop Res.* 2004;22(4):815–21.
 50. Gordon M, Greene M, Frumento P, Rolfson O, Garellick G, Stark A. Age- and health-related quality of life after total hip replacement. *Acta Orthop.* 2014;85(3):244–9.
 51. Müller M, Tohtz S, Dewey M, Springer I, Perka C. Age-related appearance of muscle trauma in primary total hip arthroplasty and the benefit of a minimally invasive approach for patients older than 70 years. *Int Orthop.* 2011;35(2):165–71.
 52. Müller M, Schwachmeyer V, Tohtz S, Taylor WR, Duda GN, Perka C, Heller MO. The direct lateral approach: Impact on gait patterns, foot progression angle and pain in comparison with a minimally invasive anterolateral approach. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132(5):725–31.
 53. Dagenais S, Garbedian S, Wai EK. Systematic review of the prevalence of radiographic primary hip Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(3):623–37.
 54. Sun Y, Stürmer T, Günther KP, Brenner H. Inzidenz und Prävalenz der Cox- und

- Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135(3):184–92.
55. Inoue K, Wicart P, Kawasaki T, Huang J, Ushiyama T, Hukuda S, Courpied JP. Prevalence of hip osteoarthritis and acetabular dysplasia in French and Japanese adults. *Rheumatology.* 2000;39:745–8.
56. Loder RT, Skopelja EN. The Epidemiology and Demographics of Hip Dysplasia. ISRN Orthop [Internet]. 2011;2011:1–46. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2011/238607/>
57. Hartofilakidis G, Babis GC, Lampropoulou-Adamidou K. Congenital hip disease in adults. *Congenit Hip Dis Adults.* 2014;1–170.
58. Murphy SB, Ganz R, Müller ME. The prognosis in untreated dysplasia of the hip. A study of radiographic factors that predict the outcome. *J Bone Jt Surg Am.* 1995;77(7):985–9.
59. Wyles CC, Heidenreich MJ, Jeng J, Larson DR, Trousdale RT, Sierra RJ. The John Charnley Award: Redefining the Natural History of Osteoarthritis in Patients With Hip Dysplasia and Impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(2):336–50.
60. Cameron HU, Botsford DJ, Park YS. Influence of the Crowe rating on the outcome of total hip arthroplasty in congenital hip dysplasia. *J Arthroplasty.* 1996;11(5):582–7.
61. Ismail AM, Macnicol MF. Prognosis in Perthes disease. A COMPARISON OF RADIOLOGICAL PREDICTORS. *J Bone Jt Surg Br.* 1998;80–B:310–4.
62. Engelhardt P. Das Risiko der sekundären Koxarthrose. Stuttgart: Thieme Verlag; 1988. 13–86 p.
63. Catterall A. The Natural History of Perthes' Disease. *J Bone Jt Surg Br* [Internet]. 1971;53–B(1):37–53. Available from: <http://web.jbjs.org.uk/cgi/content/abstract/53-B/1/37%0Ahttp://web.jbjs.org.uk/cgi/reprint/53-B/1/37.pdf>
64. Mose K. Methods of measuring in Legg-Calvé-Perthes disease with special regard to the prognosis. *Clinical orthopaedics and related research.* 1980. p. 103–9.
65. Griffin D, Dickenson EJ, O'Donnell J, Agricola R, Awan T, Beck M. The Warwick Agreement on femoroacetabular impingement syndrome (FAI syndrome): an international consensus statement. *Br J Sport Med.* 2016;50:1169–76.
66. Steppacher SD, Tannast M, Ganz R, Siebenrock KA. Mean 20-year followup of bernese periacetabular osteotomy. Vol. 466, *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2008. p. 1633–44.
67. Zhu J, Chen X, Cui Y, Shen C, Cai G. Mid-term results of Bernese periacetabular osteotomy for developmental dysplasia of hip in middle aged patients. *Int Orthop.* 2013;37(4):589–94.
68. McKinley TO. The Bernese Periacetabular Osteotomy: review of reported outcomes and the early experience at the University of Iowa. *Iowa Orthop J.* 2003;23(8):23–8.
69. Matheney T, Kim Y-J, Zurakowski D, Matero C, Millis M. Intermediate to Long-Term Results Following the Bernese Periacetabular Osteotomy and Predictors of Clinical Outcome. *J Bone Jt Surgery-American Vol.* 2010;92(Suppl 1):115–29.
70. Effenberger H. Konstruktion, Klassifikation, Implantate, Ergebnisse [Internet]. [cited 2018 Apr 22]. Available from: <http://www.implantat-atlas.com/pdf/hueftendoprothetik.pdf>

71. Ziller R, Langer G. Possibilities of endoprothetic joint replacement. *Gesamte Inn Med.* 1986;41(11):325–9.
72. Surgical Tribune- The World's Surgical Newspaper. Clinical Orthopaedic and trauma. Besonderheiten der endoprothetischen Versorgung des Hüftgelenkes bei Dysplasiecoxarthrosen [Internet]. [cited 2014 Mar 25]. Available from: http://www.surgical-tribune.com/articles/specialities/orthopaedic_and_trauma/8789_besonderheiten_der_endoprothetischen_versorgung_des_hueftgelenkes_bei_dysplasiecoxarthrosen_.html
73. Prof. Dr. med. Kurth A, Ratingen, Stv. PD Dr. Heep H. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie e. V. (DGOOC). AWMF-Delegierte(r) der Gesellschaft. Endoprothese bei Coxarthrose.
74. Hartofilakidis G, Stamos K, Ioannidis TT. Low friction arthroplasty for old untreated congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(2):182–6.
75. Rogers BA, Garbedian S, Kuchinad RA, Backstein D, Safir O, Gross AE. Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia. *J Bone Jt Surg.* 2012;94(19):1809–21.

7 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Lena Eydam, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Untersuchungen zum Einfluss der Hüftgelenksanatomie des dysplastischen Hüftgelenkes auf den Zeitpunkt der Hüftendoprothesenimplantation“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

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

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

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

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen:

Lena Eydam hatte folgenden Anteil an den folgenden Abstrakts, welche in Rahmen von Vorträgen und Postern präsentiert wurden:

Abstrakt 1: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der kongenitalen Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine Gelenkanatomie basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Implantation, DKOU, 2017.

Beitrag im Einzelnen: Ich führte die Patientenselektion aus dem Informationssystem der Charité anhand der benannten OPS- und ICD- 10 Codierungen sowie die Selektion der Fälle hinsichtlich der dargelegten Einschlusskriterien durch. Zudem führte ich die röntgenologische Auswertung und statistische Analyse der erhobenen Daten durch.

Abstrakt 2: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia - A formula for estimation of age at primary THA based on individual hip joint geometry, AAOS, 2018.

Beitrag im Einzelnen: Ich führte die Patientenselektion aus dem Informationssystem der Charité anhand der benannten OPS- und ICD- 10 Codierungen sowie die Selektion der Fälle hinsichtlich der dargelegten Einschlusskriterien durch. Zudem führte ich die röntgenologische Auswertung und statistische Analyse der erhobenen Daten durch.

Abstrakt 3: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia - A formula for estimation of age at primary THA based on individual hip joint geometry, EFORT, 2018.

Beitrag im Einzelnen: Ich führte die Patientenselektion aus dem Informationssystem der Charité anhand der benannten OPS- und ICD- 10 Codierungen sowie die Selektion der Fälle hinsichtlich der dargelegten Einschlusskriterien durch. Zudem führte ich die röntgenologische Auswertung und statistische Analyse der erhobenen Daten durch.

Abstrakt 4: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der kongenitalen Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine gelenkanatomie-basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Primärimplantation, VSOU, 2018.

Beitrag im Einzelnen: Ich führte die Patientenselektion aus dem Informationssystem der Charité anhand der benannten OPS- und ICD- 10 Codierungen sowie die Selektion der Fälle hinsichtlich der dargelegten Einschlusskriterien durch. Zudem führte ich die röntgenologische Auswertung und statistische Analyse der erhobenen Daten durch.

Abstrakt 5: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine gelenkanatomie-basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Primärimplantation, NOUV, 2018.

Beitrag im Einzelnen: Ich führte die Patientenselektion aus dem Informationssystem der Charité anhand der benannten OPS- und ICD- 10 Codierungen sowie die Selektion der Fälle hinsichtlich der dargelegten Einschlusskriterien durch. Zudem führte ich die röntgenologische Auswertung und statistische Analyse der erhobenen Daten durch.

PD Dr. med. Michael Müller (betreuender Hochschullehrer)

Lena Eydam (Promovendin)

8 Lebenslauf

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

9 Publikationsliste

Abstrakt 1: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der kongenitalen Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine Gelenkanatomie basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Implantation, DKOU, 2017. DOI: 10.3205/17dkou179.

Abstrakt 2: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia - A formula for estimation of age at primary THA based on individual hip joint geometry, AAOS, 2018.

Abstrakt 3: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia - A formula for estimation of age at primary THA based on individual hip joint geometry, EFORT, 2018.

Abstrakt 4: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der kongenitalen Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine gelenkanatomie-basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Primärimplantation, VSOU, 2018.

Abstrakt 5: A. Rakow, L. Eydam, G. Wassilew, C. Perka, M. Müller, Von der Hüftdysplasie zur sekundären Koxarthrose – eine gelenkanatomie-basierte Formel zur Einschätzung des Zeitpunktes der Hüft-TEP-Primärimplantation, NOUV, 2018.

10 Danksagung

Ich möchte mich bei Prof. Dr. med. Carsten Perka für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit der Durchführung der Arbeit an seiner Klinik bedanken. Ein besonderer Dank gilt PD Dr. med. Michael Müller, welcher mir mit seiner steten und prompten Unterstützung, Förderung und konstruktiven Kritik in all den Jahren ein ausgezeichneter Doktorvater und Mentor war. Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Bruder Ulrich Eydam bedanken, welcher mir während der gesamten Zeit eine große Unterstützung war und hilfreiche Anregungen geben konnte.

Ein ganz besonderer Dank gilt zudem meiner Freundin Patricia Apelt, die mir großen emotionalen Rückhalt geboten hat und so maßgeblich am Gelingen dieser Arbeit beteiligt ist.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern Christine und Joachim Eydam bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.