

Aus dem Med. Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. S. Ruchholtz
Medizinische Direktorin: Prof. Dr. med. S. Fuchs-Winkelmann
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem Klinikum Stuttgart
Klinik für Kinderorthopädie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Wirth

Vergleich von arthroskopischer und offener Repositionsmethode bei konservativ irreponibler Hüftluxation im Kindesalter

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Christina Presch

geboren in Halle (Saale)

Marburg, 2020

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

am: **4. März 2020**

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. med. H. Schäfer

Referent: Herr Prof. Dr. med. F. Fernandez

Korreferent: Herr Prof. Dr. med. G. Seitz

Originaldokument gespeichert auf dem Publikationsserver der
Philipps-Universität Marburg
<http://archiv.ub.uni-marburg.de>



Dieses Werk bzw. Inhalt steht unter einer
Creative Commons
Namensnennung
Keine kommerzielle Nutzung
Weitergabe unter gleichen Bedingungen
3.0 Deutschland Lizenz.

Die vollständige Lizenz finden Sie unter:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis.....	3
II. Einleitung.....	6
II.1. Hüftdysplasie.....	6
II.1.1. Definition der Hüftdysplasie und Hüftluxation.....	6
II.1.2. Epidemiologie.....	6
II.1.3. Ätiologie.....	7
II.1.4. Pathogenese.....	8
II.1.5. Diagnostik.....	9
II.1.6. Konservative Behandlung bei Hüftluxation.....	10
II.1.7. Operative Behandlung bei Hüftluxation.....	10
II.1.8. Wichtige Komplikationen.....	14
II.2. Fragestellung und Zielsetzung.....	16
III. Material und Methoden.....	17
III.1. Studiendesign.....	17
III.2. Übersicht der erhobenen Variablen zur Beantwortung der Forschungsfrage.....	18
III.3. Vermessungstechnik.....	19
III.3.1. Röntgenbilderstellung und -auswertung.....	19
III.3.2. Digitalisierung.....	19
III.3.3. Methodik der Messwerterhebung.....	20
III.4. Radiologische Auswertung.....	20
III.4.1. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftdysplasie.....	20
III.4.2. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftluxation.....	24
III.4.3. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftkopfnekrose.....	26
III.4.4. Überprüfung radiologischer Werte.....	32
III.5. Beschreibung der statistischen Auswertung.....	35
III.5.1. Aufbau der statistischen Auswertung.....	35
III.5.2. Aufbereitung und Auswahl geeigneter unabhängiger Variablen.....	36
III.5.3. Erläuterung der Ergebnisdarstellung.....	37
IV. Ergebnisse.....	39
IV.1. Charakterisierung des Patientenkollektivs.....	39
IV.1.1. Vorbemerkungen.....	39
IV.1.2. Alter zum Operationszeitpunkt.....	40
IV.1.3. Alter zur ersten und zweiten radiologischen Kontrolluntersuchung.....	41
IV.1.4. Geschlechterverteilung.....	41
IV.1.5. Seitenverteilung.....	41
IV.1.6. Teratologische Hüftluxation.....	42
IV.2. Auswertung zur Operation.....	43
IV.2.1. Operateure und Operationslänge.....	43
IV.2.2. Repositionshindernisse.....	44
IV.2.3. Durchführung einer Adduktorenentomie.....	45
IV.2.4. Kombinationseingriffe.....	45
IV.2.5. Hüftgelenkstransfixation mittels Kirschner-Draht.....	45
IV.2.6. Durchführung einer erneuten Operation.....	45
IV.2.7. Auftreten von Komplikationen.....	46
IV.3. Veränderung der Neigung des Schenkelhalses.....	47
IV.3.1. Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel).....	47

IV.3.2. Coxa vara und Coxa valga.....	48
IV.4. Qualität der Röntgenbilder.....	49
IV.4.1. Beckendrehung.....	49
IV.4.2. Beckenaufrichtung und -kipfung.....	49
IV.4.3. Beckendrehung sowie Beckenaufrichtung und -kipfung.....	49
IV.5. Hüftkopfnekrose.....	50
IV.5.1. Hinweise für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose.....	50
IV.5.2. Nachweis einer Hüftkopfnekrose.....	52
IV.5.3. Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose.....	54
IV.5.4. Statistische Auswertung.....	59
IV.6. Reluxation.....	60
IV.6.1. Hinweise für das Vorliegen einer Luxation.....	60
IV.6.2. Risikofaktoren für das Auftreten einer Reluxation.....	62
IV.6.3. Statistische Auswertung.....	65
IV.7. Hüftdysplasie und Restdysplasie.....	66
IV.7.1. Hinweise auf das Vorliegen einer Hüftdysplasie.....	66
IV.7.2. Hinweise auf das Vorliegen einer Restdysplasie.....	66
IV.7.3. Nachweis einer Restdysplasie.....	69
IV.7.4. Risikofaktoren für die Entstehung einer Restdysplasie.....	70
IV.7.5. Statistische Auswertung.....	74
IV.8. Zusammenfassende Übersicht der Basismerkmale.....	75
V. Diskussion der Ergebnisse.....	76
V.1. Methodik und Datenbasis.....	76
V.1.1. Studiendesign.....	76
V.1.2. Vergleichbarkeit der Operationsgruppen (Einflussfaktoren).....	77
V.1.3. Confounder (Störgrößen).....	78
V.1.4. Qualität der erhobenen Daten.....	78
V.1.5. Vergleichbarkeit der Daten mit anderen Studien.....	79
V.2. Entstehung einer Hüftkopfnekrose.....	80
V.3. Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose.....	81
V.3.1. Art des operativen Eingriffs.....	81
V.3.2. Teratologische Hüftluxation.....	83
V.3.3. Alter bei Reposition.....	86
V.3.4. Verzögertes Auftreten des Hüftkopfkerns.....	87
V.3.5. Vorhandensein des Hüftkopfkerns.....	88
V.3.6. Größe des Hüftkopfkerns.....	89
V.3.7. Adduktorenentomie.....	90
V.3.8. Kombinationseingriffe.....	91
V.3.9. Veränderungen des Schenkelhalses.....	92
V.3.10. Grad der Luxation.....	92
V.3.11. Reluxation.....	92
V.4. Entstehung einer Reluxation.....	93
V.5. Risikofaktoren für das Auftreten einer Reluxation.....	94
V.5.1. Art des operativen Eingriffs.....	94
V.5.2. Sonstige Risikofaktoren.....	96
V.6. Entstehung einer Restdysplasie.....	97
V.7. Risikofaktoren für das Auftreten einer Restdysplasie.....	99
V.7.1. Art des operativen Eingriffs.....	99
V.7.2. Sonstige Risikofaktoren.....	99

V.8. Zusammenfassung.....	101
VI. Anhang.....	103
VII. Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	107
VIII. Danksagung.....	107
IX. Literaturverzeichnis.....	108

II. Einleitung

II.1. Hüftdysplasie

II.1.1. Definition der Hüftdysplasie und Hüftluxation

Bei der Hüftdysplasie (engl. 'Developmental Dysplasia of the hip', abgekürzt DDH) handelt es sich um eine angeborene oder erworbene Entwicklungsstörung der Verknöcherung der formbildenden Strukturen des Hüftgelenks wobei insbesondere die Hüftpfanne mit ihrem Pfannenerker betroffen ist (BOHNDORF U. IMHOF 2013, S. 406)(NIETHARD ET AL. 2005, 185). Häufig tritt zusätzlich eine Fehlentwicklung des proximalen Teils des Femurs auf. Dabei kann der Schenkelhals sowohl eine Vorwärtsdrehung (Coxa antetorta) mit gleichzeitiger Steilstellung (Coxa valga) aufweisen, als auch nur eines dieser beiden Merkmale (NIETHARD ET AL. 2005, 185). Die Instabilität des Gelenks ist Folge all dieser Störungen (BOHNDORF U. IMHOF 2013, S. 406). Der damit einhergehende Stabilitätsverlust kann perinatal zum Heraustreten des Hüftkopfes aus seiner Hüftgelenkspfanne führen. Man spricht von einer sekundär angeborenen Hüftluxation. Diese sekundär auftretende Dezentrierung kann sowohl teilweise (Subluxation) als auch vollständig (Luxation) stattfinden und ist in der englischen Literatur häufig unter dem Begriff 'Congenital Dislocation of the hip' (CDH) zu finden (BOHNDORF U. IMHOF 2013, S. 406, NIETHARD ET AL. 2005, 185 f.; NIETHARD ET AL. 2009, S. 509; HEFTI 2005, S. 67; BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 579; RÖSSLER ET AL. 2007, S. 276).

Von der sekundär angeborenen Hüftluxation zu unterscheiden ist die primär angeborene Hüftluxation, bei der mehrere Gelenke betroffen sein können. Dabei handelt es sich um eine sehr heterogene Gruppe aus verschiedenen Fehlbildungen, die unter dem Begriff teratologische Hüftluxation zusammengefasst werden (TÖNNIS 1984, S. 83; BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 579).

II.1.2. Epidemiologie

Die Häufigkeit der Neuerkrankungen mit Hüftdysplasie pro Jahr in Deutschland und Mitteleuropa liegt in vielen Studien bei ungefähr zwei bis fünf Kindern pro 100.000 Geburten. Aufgrund der schwerwiegenden Folgen einer unbehandelten Störung der Hüftreifung wurde am 1. Januar 1996 in Deutschland die flächendeckende Hüftsonographie im Rahmen der gesetzlichen Vorsorgeuntersuchung (U2 oder U3) zur frühzeitigen Erkennung der Hüftdysplasie eingeführt (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, 581 f.; NIETHARD ET AL. 2005, S. 186; WINKER 2011, S. 955). Bedingt durch die frühere adäquate konservative Behandlung dezentrierter Hüftgelenke konnte die Hüftluxationsrate auf 0,5 % bis 1 % reduziert werden (TÖNNIS 1984, S. 61; TSCHAUNER ET AL. 2011, S. 415; BUCKUP U. LINKE 2001, S. 110; BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 579; HEFTI 2005, S. 67).

II.1.3. Ätiologie

Die primäre Hüftluxation oder teratologische Hüftluxation (vgl. II.1.1) geht häufig mit Fehlbildungen anderer Körperteile einher die im Rahmen von neuromuskulären Erkrankungen, wie der Myelomeningozele, Arthrogryposis multiplex congenita oder Chromosomenanomalien auftreten können (NIETHARD ET AL. 2005, S. 186; WINKER 2011, S. 954; WIRTH ET AL. 2013, S. 661). Ein wichtiges Differenzierungsmerkmal beider Formen ist der Zeitpunkt der Entstehung. Die primäre Hüftluxation entwickelt sich bereits in der embryonalen Phase. Diese frühe pränatale Entwicklung steht der späten postnatalen Ausbildung bei einer sekundären Hüftluxation gegenüber. Lediglich die Disposition zur Hüftluxation ist bei der sekundären Form angeboren, deshalb wird in der Literatur häufig auch von 'sogenannter angeborener Hüftluxation' gesprochen (TÖNNIS 1984, S. 83; RÖSSLER ET AL. 2007, S. 276). Erst unter dem Einfluss verschiedener Faktoren wird bei der sekundären Form aus der bestehenden Instabilität eine Luxation (WIRTH ET AL. 2013, S. 661). Genetische Einflüsse mit einer gewissen familiären Häufung und geografischen Zugehörigkeit werden in der Literatur diskutiert.

Endogene und exogene Faktoren beeinflussen die Entstehung der Hüftluxation. Hormonelle mütterliche Einflüsse wie die Östrogen-, Progesteron- und Relaxinproduktion, als auch die fetale Hormonproduktion in Nebenniere und Ovarien selbst wirkt vor allem bei Mädchen auf eine vermehrte Dehnbarkeit der Bänder (TÖNNIS 1984, S. 69; WINKER 2011, S. 954). Diese endogenen Faktoren führen letztendlich zu einer vermehrten Hüftinstabilität beim weiblichen Geschlecht (WINKER 2011, S. 954). Je nach Autor wird von einem 4 bis 8 mal häufigerem Auftreten beim weiblichen Geschlecht gesprochen (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 579; BÖTTNER 2014, S. 386; BOHNDORF U. IMHOF 2013, S. 407; HEFTI 2005, S. 67; KLUBA 2005, S. 28; NIETHARD ET AL. 2005, S. 186; WIRTH ET AL. 2013, S. 661; WINKER 2011, S. 954).

Exogene Faktoren sind durch einen erhöhten Druck auf den Fetus gekennzeichnet. Eine intrauterine Raummenge als Ursache für die erhöhten Druckverhältnisse findet sich häufig bei Erstgeburten, durch die noch nicht geweitete Uterus- und Bauchmuskulatur. 54 % bis 60 % aller Kinder mit Hüftdysplasie sind Erstgeborene (TÖNNIS 1984, S. 66). Auch bei Mehrlingsschwangerschaften und Fruchtwassermangel (Oligohydramnion) wird angenommen, dass eine erhöhte Druckbelastung Hüftluxationen fördert (NIETHARD ET AL. 2005, S. 186; WIRTH ET AL. 2013, S. 661; WINKER 2011, S. 954). Trotz regelrechter Schädellage (vorderer Hinterhauptlage) des Kindes kann durch veränderte Druckverhältnisse die linke Hüfte in eine Adduktionsstellung an das Promontorium der Mutter gedrängt werden und gegen den knorpeligen Pfannenrand drücken, was letztendlich eine Hüftluxation begünstigt (TÖNNIS 1984, S. 64; WINKER 2011, S. 954). Lageanomalien wie die Beckenendlage führen jedoch 25 mal häufiger zu Hüftluxationen, als dies in vorderer Hinterhauptlage der Fall ist (NIETHARD ET AL. 2005, S. 185; WINKER 2011, S. 954). Dabei

handelt es sich vor allem um reine Steißlagen mit stark gebeugter Hüfte und gestreckten Kniegelenken (TÖNNIS 1984, S. 64).

Auch nach der Geburt in der sogenannten Nachreifungsphase sollte die intrauterine Lage der Hüftgelenke in Beugstellung beibehalten werden. Kulturelle Einflüsse, insbesondere spezielle Wickeltechniken, können zu Defiziten führen oder begünstigend auf die Entwicklung einwirken. Das Tragen eines Kindes in Hockstellung mit Hüft- und Kniebeugung sowie Abduktion fördert die Hüftreifung. Eine frühe Bauchlage und vermehrte Streckstellung der Hüftgelenke wirkt hingegen luxationsfördernd (BÖTTNER 2014, S. 386; NIETHARD ET AL. 2005, S. 186; TÖNNIS 1984, S. 68; WIRTH ET AL. 2013, S. 661).

II.1.4. Pathogenese

Von einer günstigen Entwicklung mit Spontanheilung sprechen einige Autoren bei einer Instabilität, verursacht durch eine lockere Gelenkkapsel oder mangelhafter knorpeliger Umfassung (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 94). Je häufiger allerdings eine solche Instabilität zu einer Dezentrierung des Hüftkopfes führt, desto stärker verändert sich der knorpelige Pfannenrand. Die Folge kann die Ausbildung einer Sekundärpfanne sein, mit gravierenden pathologischen Veränderungen (DOYLE U. BOWEN 1999, S. 267). Im Bereich der Muskulatur äußert sich dies ebenfalls durch die Funktionsstörungen des Musculus iliopsoas mit Zunahme der Antetorsion des Schenkelhalses (GLAUBER U. VIZKELETY 1966, S. 78; NIETHARD ET AL. 2005, S. 186) und eine Tonuserhöhung der Adduktoren mit einhergehender Abspreizbehinderung (NIETHARD ET AL. 2005, S. 186). Nachweisen lässt sich dies in der klinischen Untersuchung in der 4. bis 6. Lebenswoche (U3) (NIETHARD ET AL. 2005, S. 186). Sowohl Wachstumsstörungen vom luxierten Hüftkopf als auch von der Hüftpfanne führen zu weitreichenden Entwicklungsstörungen (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 94). Da sich Hüftkopf und Pfanne gegenseitig formen und stabilisieren (RÖSSLER ET AL. 2007, S. 216), kommt es einerseits zu einem mangelnden Wachstum mit Abflachung der Hüftpfanne, als auch zur verzögerten Ausbildung oder starken Deformierungen des Hüftkopfes (Dogenhutform) (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 94; POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 144).

Weitere anatomische Strukturen wie das knorpelige Pfannendach (Labrum acetabulare) werden deformiert und können eine Behinderung des Pfanneneingangs darstellen (TÖNNIS ET AL. 1984, S. 251). Sie präsentieren sich eingeschlagen und ausgewalzt (RÖSSLER ET AL. 2007, S. 216; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 94). Man verwendet in diesem Zusammenhang auch den Begriff 'Limbus', also ein hypertrophiertes Labrum (EBERHARDT ET AL. 2014, S. 1590). Der Neolimbus ist hingegen die wellenförmige Kante im Bereich der superlateralen Hüftpfanne (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1056). Eine vollständige Entfernung zur besseren Reponierbarkeit kann jedoch mit einer verbleibenden Gelenkinstabilität einhergehen (TÖNNIS ET AL. 1984, S. 251). Weitere Sekundärfolgen der Hüftluxation, die später als Repositionshindernisse eine besondere Rolle spielen, sind: a) Vermehrung von Fett- und Bindegewebe (welches sich in der leeren Hüftpfanne ansammelt), b) Verwachsungen der

ausgezogenen Gelenkkapsel, c) „sanduhrförmige Einengungen“ durch die Sehne des Musculus iliopsoas, die sich um die Gelenkkapsel schlingen kann (HEFTI 2005, S. 80; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 95). Durch die bereits erwähnte veränderte Positionierung des Hüftkopfes nach kranial, dehnt, verlängert und verbreitert sich außerdem das Ligamentum capitis femoris (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 144). Dieses Ligamentum kann ebenfalls eine Reposition erschweren. Auch das Ligamentum transversum acetabuli kann sich verkürzen und den Pfanneneingang verlegen (HEFTI 2005, S. 80).

II.1.5. Diagnostik

Neben der ausführlichen Anamnese kann die genaue Bewegungsprüfung des Hüftgelenks erste Hinweise auf einen pathologischen Zustand liefern. Pathologische Auffälligkeiten bei Hüftdysplasien und Luxationen sind sowohl Abspreizhemmungen (Abduktionskontraktur) als auch Adduktionskontrakturen. Eine Abspreizhemmung gilt als ein wichtiges frühes Hinweiszeichen und kann durch eine bestehende Seitendifferenz auffallen (TÖNNIS 1984, S. 93). Einseitige Abduktionsunterschiede von 10° bis 30° können ebenfalls hinweisend auf eine Dysplasie sein. Das Ausmaß der Abspreizbehinderung erlaubt jedoch keine Aussage über den Schweregrad der Hüftluxation (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 97). Weitere Auffälligkeiten bei der klinischen Untersuchung sind Faltenasymmetrien, asymmetrische Beinhaltung und Beinlängenunterschiede eines Neugeborenen, die als unsicheres Hinweiszeichen gelten (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 580; TÖNNIS 1984, S. 94). Der Roser Ortolani Test und Barlow Test dienen beim Neugeborenen und Säugling der Beurteilung einer Stabilität bzw. Instabilität des Hüftgelenks (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 581; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 97). Neben der klinischen Untersuchung, die bereits innerhalb der ersten Lebenswoche auf eine Hüftreifungsstörung hinweisen kann, existieren verschiedene bildgebende Verfahren die eine Diagnosestellung ermöglichen. Die Ultraschalluntersuchung ist während des ersten Lebensjahres das wichtigste diagnostische Instrument. Sie ermöglicht, ohne Strahlenbelastung für das Neugeborene eine Hüftdysplasie zu erkennen und rechtzeitig zu behandeln. Die sonographische Kontrolle der Säuglingshüfte wurde in den 80er Jahren von Graf entwickelt und wird während der ersten sechs Lebenswochen durchgeführt. Sie dient bis heute als „standardisierte, sichere, zuverlässige und reproduzierbare Methode zur Darstellung des pathomorphologischen Zustandes des Hüftgelenks“ (TSCHAUNER ET AL. 2011, 420 f.).

Da die Hüfte des Säuglings vor allem aus hyalinem Knorpel besteht, können pathologische Veränderungen in der Ultraschalluntersuchung identifiziert werden. Von besonders großem Interesse sind dabei die Stellung des Hüftkopfes, Auffälligkeiten an der knorpeligen Hüftpfanne und dem Labrum acetabulare (GRAF 2004, S. 51). Die pathologischen Veränderungen, die durch die Dezentrierung des Hüftkopfes an der knorpeligen Hüftgelenkpfanne entstehen, werden nach Graf mittels Sonographie untersucht und entsprechend der Schwere der Hüftdysplasie in vier Grade eingeteilt.

Weitere bildgebende Verfahren sind die Röntgendiagnostik, die eine sichere Beurteilung des Hüftgelenks erst nach dem dritten Lebensmonat erlaubt, jedoch mit zunehmendem Alter und Ossifikation immer mehr an Bedeutung gewinnt (NIETHARD ET AL. 2005, S. 187). Weitere wichtige Verfahren bei der Beurteilung der Behandlungsergebnisse sind die Arthrographie, die Magnetresonanztomographie sowie die Computertomographie.

II.1.6. Konservative Behandlung bei Hüftluxation

Ziel der konservativen Therapie ist eine stabile und zentrierte Reposition des Hüftgelenks und die Verhinderung einer Störung der Ossifikation. Dem konservativen Behandlungsansatz kam nach Einführung des Hüft-Screenings eine zentrale Rolle zu, da ein früher konservativer Behandlungsbeginn bei dezentrierten Gelenken die Zahl der operativen Interventionen signifikant reduzieren konnte (TSCHAUNER ET AL. 2011, S. 420; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 102). In einer retrospektiven Kohortenstudie von TSCHAUNER konnte gezeigt werden, dass mithilfe des flächendeckenden sonographischen Screenings zur Erkennung der Hüftdysplasie eine erfolgreiche konservative Therapie in 98,9 % möglich war und damit die Rate an offenen Repositionen deutlich gesenkt werden konnte (TSCHAUNER ET AL. 2011, 419 f.). Darüber hinaus konnte ebenfalls durch einen frühen konservativen Behandlungsbeginn die Rate an Hüftkopfnekrose minimiert werden (TSCHAUNER ET AL. 2011, S. 420).

Innerhalb des ersten Lebensjahres sind grundsätzlich eine Reihe an konservativen standardisierten Behandlungsschritten für den Erfolg einer Behandlung erforderlich, bevor ein operatives Verfahren in Erwägung gezogen werden sollte. Sie werden unterteilt in Ausreifungs-, Repositions- und Retentionsbehandlung des Hüftgelenks (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 586; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 514; HEFTI 2005, S. 75). Während bei instabilen Gelenken eine alleinige Abspreizbehandlung Erfolg bringend sein kann, umfasst die Therapie dislozierter Gelenke zusätzlich eine Repositions- und Retentionsbehandlung (TSCHAUNER ET AL. 2011, S. 418).

II.1.7. Operative Behandlung bei Hüftluxation

Als operative Behandlungsmöglichkeiten einer Hüftluxation bzw. Hüftdysplasie stehen sowohl die operative Reposition (offen oder arthroskopisch) als auch ein gelenkverbessernder Eingriff zur Verfügung (HEFTI 2005, S. 79).

Ziel der operativen Reposition ist die Herstellung der optimalen Hüftgelenkfunktion durch eine stabile Reposition des luxierten dezentrierten Hüftgelenks zurück in seine Hüftpfanne (HEFTI 2005, 80 ff.). Dieser operative Eingriff wird jedoch nur sekundär erforderlich, d. h. bei erfolgloser geschlossener konservativer Reposition innerhalb des ersten Lebensjahrs (PFEIL 2008, 88 f.; HEFTI 2005, S. 80) bzw. innerhalb der ersten 1 ½ Jahre (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 144). Von TSCHAUNER wurde nach langjährigen Beobachtungen beschrieben, dass eine Operationsindikation bereits nach erfolgloser zweimaliger 4-wöchiger konservativer

Behandlung gestellt werden sollte. Das Misslingen der konservativen Einstellung weist nach T_{SCHAUNER} auf ein vorliegendes Repositionshindernis hin, welches nur operativ beseitigt werden kann. Betroffen sind hier, insbesondere Kinder mit stark verändertem und dezentriertem Hüftgelenk (sonographischer Typ 4 nach Graf) (T_{SCHAUNER ET AL.} 2011, S. 418).

Mitunter kann, aufgrund der vorkommenden Repositionshindernisse (vgl. II.1.4) und der Schwierigkeiten bei der Identifizierung anatomischer kindlicher Strukturen, die offene Reposition eines dislozierten Hüftgelenks viele Operateure vor eine große Herausforderung stellen und sollte nur in speziellen Zentren von erfahrenen Chirurgen angeboten werden. Jedoch sind trotz weitreichender Erfahrung eines Kinderorthopäden mit den operativen Gegebenheiten, Komplikationen wie Reluxationen und Hüftkopfnekrosen (vgl. II.1.8) keine Seltenheit (H_{EFTI} 2005, S. 82).

II.1.7.1 Ablauf des offenen Operationsverfahrens

Über verschiedene Zugangswege, wie den bevorzugten ventralen Zugang oder den Leistenschnitt, ist die Möglichkeit einer vollständigen Reposition des Hüftkopfes gegeben (P_{FEIL} 2008, S. 89; H_{EFTI} 2005, S. 80; T_{ÖNNIS} 1984, S. 253). Bei beiden Zugangswegen sollte auf die Schonung des Nervus cutaneus femoris lateralis geachtet werden. Nach Erreichen der ventralen Hüftgelenkkapsel mit Präparation des Kapselschlauchs wird diese T-förmig eröffnet und armiert. Anschließend erfolgt die Darstellung des Hüftkopfes mit seinem ansetzendem Ligamentum capitis femoris als Leitstruktur bis in die Hüftpfanne. Nach Weghalten des Femurs nach lateral wird eine gute Übersicht bis in die Hüftpfanne ermöglicht (P_{FEIL} 2008, 89 f.).

Danach erfolgt die Entfernung der vorliegenden Repositionshindernisse (vgl. II.1.4.). Dazu gehört die Resektion des Ligamentum capitis femoris sowie das Ausräumen des Acetabulums von Fett- und Bindegewebe (Pulvinarfett). Die Gefahr der Verletzungen der Arteria acetabularis besteht bei der Entfernung großer Mengen der Vakawucherung und sollte mit Vorsicht durchgeführt werden (T_{ÖNNIS} 1984, S. 259). Falls notwendig wird außerdem eine Inzision des Ligamentum transversum durchgeführt, um die Reposition zu erleichtern (P_{FEIL} 2008, S. 90). Zur Vermeidung hoher Druckverhältnisse im Gelenk kann eine Inzision des Musculus iliopsoas (Psoastenotomie) notwendig werden (T_{ÖNNIS} 1984, S. 259). Mittels Abduktion und Innenrotation wird unter Zug des Oberschenkels versucht eine optimale Reposition des Hüftkopfes zu erreichen (G_{RAF U. ROTH-SCHIFFL} 2001, S. 49).

Das Ergebnis wird anschließend mit einer intraoperativen Röntgenkontrolle bestätigt. Eine tiefe Zentrierung des Hüftkopfes kann durch ein hypertrophiertes und eingeschlagenes Labrum verhindert werden. Eine vollständige oder teilweise Entfernung des Labrums kann erwogen werden. Diese kann jedoch mit Wachstumsstörungen des Pfannenerkers oder gleichzeitiger Gelenkinstabilität einhergehen (G_{RAF U. ROTH-SCHIFFL} 2001, S. 50; T_{ÖNNIS ET AL.}

1984, S. 259). Gelingt die tiefe Einstellung, sollte anschließend eine Kapselplastik erfolgen, indem die erweiterte Gelenkkapsel gerafft und verschlossen wird (HEFTI 2005, S. 80). Temporär kann eine Sicherung der Reposition mit einem Kirschner-Draht erfolgen (KOHN ET AL. 2010, S. 74; PFEIL 2008, S. 90).

II.1.7.2 Ablauf des arthroskopischen Operationsverfahrens

Das erste arthroskopische Verfahren an einer dislozierten Hüfte wurde von GROSS im Jahr 1977 durchgeführt (EBERHARDT ET AL. 2012, S. 844). Heute unterscheidet man zwischen dem rein arthroskopischen Verfahren als auch arthroskopisch assistierten Verfahren. Die Lagerung beim arthroskopischen Verfahren bedarf einer 90° Flexion sowie 50° bis 60° Abduktion des zu operierenden Gelenks. Der dafür benötigte Zugang wird kaudal (1 cm seitlich und 1 cm ventral des Tuber ischiaicum zwischen Adduktoren und ischiocruralen Muskulatur, vgl. Abbildung 1) angelegt und dient später der 70 Grad Optik für ihre 'diagnostische Rundtour' (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053). Eine gute Übersicht über die wichtigsten anatomischen Strukturen und Repositionshindernisse stellt einen großen Vorteil des arthroskopischen gegenüber dem offenen Verfahren dar (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053; EBERHARDT ET AL. 2014, S. 1592; ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1291; BULUT ET AL. 2005, S. 577).

Zu Beginn zeigt sich lateral der dorsale Pfannenrand und dislozierte Hüftkopf mit seinem Ligamentum capitis femoris. Dieses wird analog zum offenen Verfahren mittels Arthroskop in Richtung Hüftpfanne verfolgt und zeigt das mit Fett- und Bindegewebe gefüllte Acetabulum (EBERHARDT ET AL. 2014, S. 1588; EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053). Anschließend wird ein weiterer Trokar über einen zweiten, jedoch anterolateralen Zugang eingebracht. Die Schnittführung verläuft 1 bis 2 cm distal der Spina iliaca anterior superior bis 1 cm lateral der Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior und Patella. Dieser neue Zugang dient als Arbeitskanal. So ist es u. a. möglich die genaue Position des Labrums zu bestimmen (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053). Außerdem erlaubt dieser anterolaterale Zugang den Zugriff und die Entfernung aller bestehenden Repositionshindernisse mit Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge. Begonnen wird mit der Entfernung des verbreiterten Ligamentum capitis femoris. Danach wird die Hüftpfanne von Binde- und Fettgewebe befreit, um anschließend bei Bedarf das Ligamentum transversum zu inzidieren oder teilweise zu resezieren. Unter Flexion und Abduktion der Hüfte wird anschließend die Reposition durchgeführt. Ein Kapselrelease mit Lösung von einschnürenden Kapselverengungen kann sich eventuell anschließen, falls keine tiefe Zentrierung möglich sein sollte (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053). Mithilfe des transinguinalen intraoperativen Ultraschalls wird vor Verschluss der arthroskopischen Zugänge mittels Einzelknopfnähten nochmals die korrekte Lage des Hüftkopfes kontrolliert. Anschließend wird nach Anlage des Fettweispipes postoperativ durch eine MRT-Aufnahme das Ergebnis kontrolliert (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053).

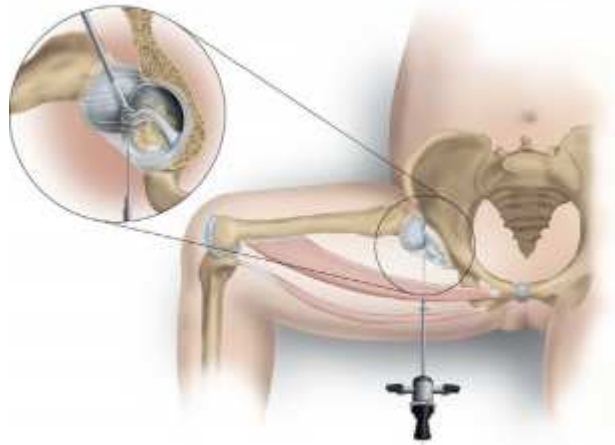


Abbildung 1: Zugang bei arthroskopischen Verfahren (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1053)

Das rein arthroskopische Verfahren ist ein intraartikuläres Verfahren. Eine daraus resultierende Limitation gegenüber dem offenen Verfahren ergibt sich bei der Durchführung einer extraartikulären Psoastenotomie (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1059). Im Rahmen eines arthroskopisch assistierten Verfahrens ist diese jedoch über einen kleinen anterolateralen Zugang möglich (BULUT ET AL. 2005, S. 574).

II.1.7.3 Gelenkverbessernde Maßnahmen

Gelenkverbessernde Maßnahmen können primär im Rahmen einer offenen oder arthroskopischen Reposition als sogenannter Kombinationseingriff durchgeführt werden. Hier insbesondere bei älteren Kinder mit einer schweren persistierenden Restdysplasie oder spät entdeckten Luxation (PFEIL 2008, S. 89; NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 105; POTHMANN U. CORDIER 2004). Bei Kindern unter 1 ½ und 2 Jahren werden gelenkverbessernde Maßnahmen nur selten durchgeführt, da sich das Entwicklungspotential des Hüftgelenks noch begünstigend auf den weiteren Verlauf auswirken und eine verzögerte Verknöcherung des Pfannenerkers noch ausgeglichen werden kann (TÖNNIS 1984, S. 262; HEFTI 2005, 83 f.). Anatomisch können diese Eingriffe an zwei unterschiedlichen Bereichen erfolgen. Zum einen am Oberschenkelknochen, dann wird von einer Femurosteotomie gesprochen, zum anderen am Becken. Diese werden dann als Beckenosteotomien bezeichnet (HEFTI 2005, S. 82). Eine stärkere Bedeutung wird allerdings den Beckenosteotomien und dort den Eingriffen am Pfannendach beigemessen, da diese zur Beseitigung der verbleibenden Restdysplasie führen (TÖNNIS 1984, S. 296; BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 598; HEFTI 2005, S. 83). Die Relevanz einer Femurosteotomie liegt vor allem in der Kombination mit Osteotomien am Becken, da hier zusätzlich eine Korrektur der Fehlstellungen des Oberschenkels vorgenommen werden kann (BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 589; WIRTH ET AL. 2013, S. 665).

II.1.8. Wichtige Komplikationen

Eine der wichtigsten und schwerwiegendsten Komplikation bei Kindern mit Hüftdysplasie ist die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose. In der Literatur wird auch von einer 'avaskulären' oder 'ischämischen' Hüftkopfnekrose gesprochen. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass eine verminderte arterielle Blutzufuhr ursächlich sein kann. Betroffen ist hierbei, insbesondere die für die Hüftkopfentwicklung essentielle Arteria circumflexa femoris medialis (TÖNNIS 1984, S. 207). Frühere Versuche der konservativen Behandlung in Extremstellungen, wie die von Lorenz und Lange, haben durch eine erhöhte Druckbelastung die zuführende Gefäßversorgung im Epiphysenknorpel flächenhaft behindert und zu einer verstärkten Nekroserate geführt (TÖNNIS 1984, S. 203; BAUMGART U. MELLEROWICZ 2006, S. 588). Auch eine lokale Kompression der Arteria circumflexa femoris medialis im Bereich der Psoasumschlingung kann bei starker Abduktion durch Schenkelhals oder Pfannenrand hervorgerufen werden (TÖNNIS 1984, S. 207). Grundsätzlich sollte daher eine Abduktion von mehr als 60° vermieden werden (HEFTI 2005, S. 79; TÖNNIS 1984, S. 203). Viele andere Ursachen werden in der aktuellen Literatur ausgiebig und kontrovers diskutiert und in Kapitel V näher erläutert.

Entstandene Hüftkopfnekrosen werden durch ein ausbleibendes Wachstum und eine Verformung des Hüftkopfes deutlich. Der Hüftkopf ist entscheidend an der Entwicklung des Acetabulums beteiligt, da es durch seinen ständigen Druck zur eigentlichen Reifung der Hüftpfanne kommt (TÖNNIS 1984, S. 201). Aus Wachstumsstörungen von Hüftkopf und Pfanne resultieren letztendlich frühzeitige Arthrosen (TÖNNIS 1984, S. 201).

Die Nekrose kann an unterschiedlichen Bereichen der Epiphysenfuge entstehen, die sowohl die laterale, mediale oder zentrale Epiphysenfuge betreffen. Aus einem lateralen Defekt kann sich eine sogenannte „Kopf-im Nacken-Lage“ bei verkürztem Schenkelhals mit gleichzeitiger Vergrößerung des Trochanter major entwickeln (vgl. Abbildung 2b). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei einer zentralen Nekrose (vgl. Abbildung 2c). Liegt eine mediale Nekrose vor, so resultiert eine Coxa vara (vgl. Abbildung 2d) (HEFTI 2005, S. 79).

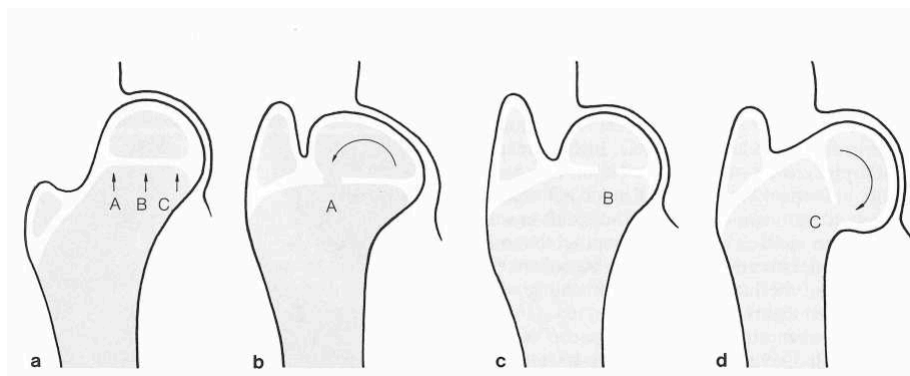


Abbildung 2: Wachstum des Hüftkopfes nach partiellen Nekrosen an verschiedenen Abschnitten der Epiphysenfuge (aus TÖNNIS 1984, 201 Abb 16.1 a-d).

Das Bestreben vieler Orthopäden besteht in der Entwicklung eines sinnvollen Therapiekonzeptes, um hohe Nekroseraten zu minimieren. Eine ernstzunehmende Gefahr kommt der operativen Therapie zu, die mit hohen Raten an Hüftkopfnekrosen einhergeht (CLARKE ET AL. 2005, S. 434; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 256). Von POSPISCHILL konnte gezeigt werden, dass besonders invasive Operationsverfahren wie beispielsweise eine offene Reposition mit gleichzeitig durchgeführten gelenkverbessernden Maßnahmen mit einem extrem hohen Auftreten von Hüftkopfnekrosen (bis 88 %) einhergeht (POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 256). Einige Autoren betonen in diesem Zusammenhang besonders, dass die Hüftkopfnekrose eine 'iatrogene Komplikation' darstellt und verweisen auf die große Bedeutung der chirurgischen Erfahrung des Operateurs, um die Rate der Hüftkopfnekrosen zu minimieren (AGUŞ ET AL. 2002, S. 45; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1720).

Kommt es nach durchgeführter Reposition des Hüftkopfes zu einer erneuten Dezentrierung, so spricht man von einer Reluxation. Einige ursächliche Faktoren sind eine ungenügende Hüftkopfüberdachung, eine unzureichende, tiefe Einstellung des Hüftkopfes in seiner Pfanne oder veränderte Schenkelhalsstellung in ausgeprägter Antetorsion oder Kopf-im Nacken Stellung (TÖNNIS 1984, S. 258). Bei mangelnder Hüftkopfüberdachung mit sehr flacher Pfanne können Eingriffe am Pfannendach zur Sicherung der Reposition in Betracht gezogen werden (TÖNNIS 1984, S. 249). Trotz optimalem Therapiekonzeptes kann bei einer unzureichenden Entwicklung der Hüftkopfüberdachung von einer persistierenden Hüftdysplasie (Restdysplasie) gesprochen werden (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 146). In diesem Fall besteht die Indikation zu sekundären gelenkverbessernden Eingriffen (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 146).

Als eine weitere Komplikation ist neben der Hüftkopfnekrose und Reluxation, die Wachstumsstörung des Oberschenkelknochens zu nennen. Bei einer Abflachung des Schenkelhalses mit einem reellen Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD) unter 120° spricht man von einer Coxa vara (vgl.III.4.3.2). Neben primären Störungen kann auch sekundär die Entstehung einer Hüftkopfnekrose ursächlich für die Abflachung des Schenkelhalses und Entstehung einer Coxa vara sein (NIETHARD ET AL. 2005, S. 193). Abzugrenzen ist die Coxa vara von der Coxa valga, einer Steilstellung des Schenkelhalses oder auch der Coxa antetorta bzw. retortorta, einer vermehrten Vorwärts- bzw. Rückwärtsdrehung der Schenkelhalsebene. Im Rahmen der Hüftgelenksentwicklung verändert sich die Achse des Schenkelhalses ständig, sodass unter einer Coxa valga ein Überschreiten der 'altersabhängigen Norm' zu verstehen ist (NIETHARD ET AL. 2009, S. 517). Die Coxa valga kann auch in Kombination mit einer Hüftdysplasie beobachtet werden. Ursächlich dafür kann ein unausgeglichenes Wachstum der beteiligten anatomischen Hüftgelenksstrukturen sein. Fehlerhafte konservative Behandlung bei Kindern mit Hüftdysplasie (z. B. lange ausgeprägte Abduktionsstellung) kann zu Wachstumsstörungen und Steilstellung des Schenkelhalses führen (NIETHARD ET AL. 2009, S. 520).

II.2. Fragestellung und Zielsetzung

Im Rahmen einer Hüftdysplasie wird Wachstum und Verknöcherung des Hüftgelenks negativ durch eine Dezentrierung des Hüftkopfes beeinflusst. Eine stabile Zentrierung des Hüftkopfes durch konservative Behandlungsmaßnahmen ist das Bestreben aller behandelnder Kinderorthopäden und seit Einführung des Hüftscreening in 98,9 % erfolgreich möglich (vgl. II.1.6) (TSCHAUNER ET AL. 2011, 419 f.).

Kinder mit einem sonographischen Grad IV nach Graf, die in dieser Arbeit beobachtet wurden, zeigten die schwerwiegendste Form einer Hüftdysplasie. Für diese Kinder gilt, dass eine erfolgreiche konservative Behandlung aufgrund ausgeprägter anatomischer Veränderungen häufig unmöglich wird. Die operative Reposition stellt die einzige Therapieoption dar, die jedoch häufig mit schweren Komplikationen wie die der Hüftkopfnekrose einhergeht (HEFTI 2005, S. 82). Bis heute besteht Uneinigkeit bezogen auf viele Fragen der operativen Behandlung, da trotz weitreichender Erfahrung vieler Kinderorthopäden das operative Verfahren mit einer hohen Rate an Misserfolgen einhergeht.

Aktuell können verschiedenste Operationsmethoden zum Einsatz kommen. Das arthroskopische Verfahren stellt beispielsweise eine Alternative zu dem bereits etablierten offenen Repositionsverfahren dar. Ziel der folgenden Arbeit ist die Erläuterung und Diskussion folgender Frage:

Welche Ergebnisse erzielt die arthroskopische Operationsmethode im Vergleich zur offenen Reposition?

Als Ergebnisse der Operationsmethoden wird die weitere Entwicklung der Hüftgelenke insbesondere mit Blick auf eine persistierende Hüftdysplasie, Hüftkopfnekrose und Relaxation untersucht. Dieser Arbeit liegt dabei folgende Hypothese zugrunde:

Das arthroskopische Operationsverfahren ist eine erfolgversprechende Alternative zur offenen Reposition und kann in bestimmten Situationen bessere Behandlungsergebnisse erzielen.

III. Material und Methoden

III.1. Studiendesign

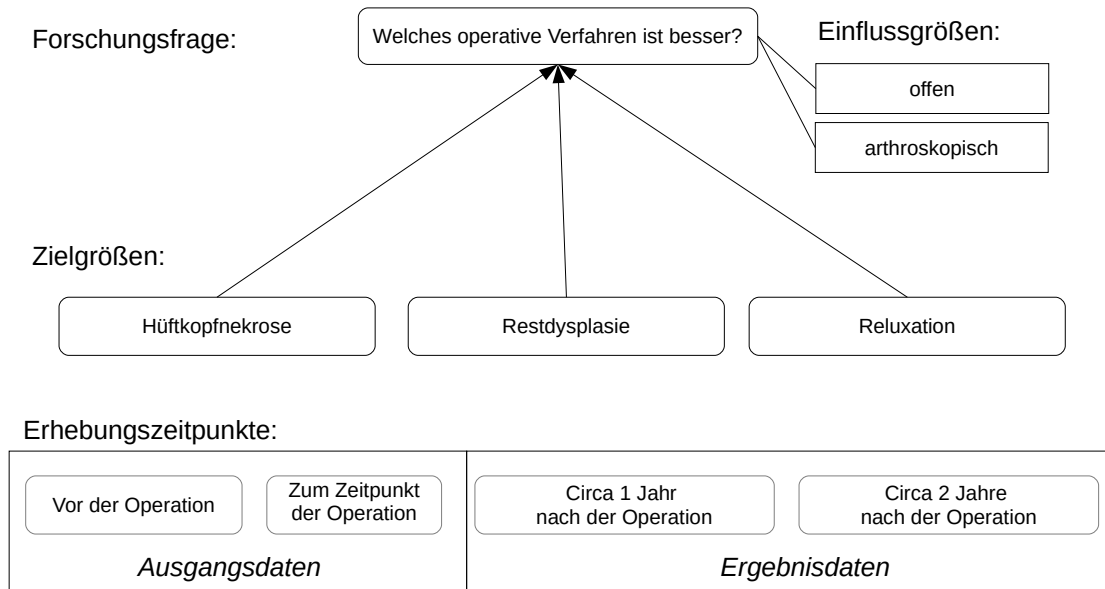


Abbildung 3: Übersicht des Studiendesigns

Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Beobachtungsstudie, die zwei unterschiedliche Operationsverfahren miteinander vergleicht und dabei den Schwerpunkt auf mögliche resultierende Komplikationen setzt (vgl. Abbildung 3). Betrachtet wurden durchgeführte Repositionen im Olgahospital in Stuttgart zwischen dem 1.1.2000 und 31.12.2012.

Während des Beobachtungszeitraums von zwei Jahren nach operativem Eingriff erfolgte die Datenerhebung auf Grundlage von vorliegenden Patientenakten, Operationsberichten und Röntgenbildern.

Einschlusskriterien, die im Vorfeld festgelegt wurden, waren das Vorliegen einer Hüftdysplasie Grad IV nach Graf auf mindestens einer Seite zum Zeitpunkt der ersten ambulanten Vorstellung. Weiterhin durften die Patienten zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs nicht älter als 2 Jahre sein und mindestens ein erfolglos konservativer Repositionsversuch musste durchgeführt worden sein.

Primär teratologische Hüfluxationen wurden in dieser Arbeit miteinbezogen. Ausschlusskriterium war jedoch das Fehlen von mindestens zwei der drei erforderlichen Röntgenbilder. Das Fehlen des erforderlichen Bildmaterials konnte mehrfach auf den Verbleib der Röntgenbilder bei den Familien selbst zurückgeführt werden.

III.2. Übersicht der erhobenen Variablen zur Beantwortung der Forschungsfrage

Die radiologisch erhobenen Variablen, die für diese Arbeit von Bedeutung waren um Unterschiede und Gemeinsamkeiten der beiden Einflussgrößen (offene vs. arthroskopische Operationsmethode) hervorzuheben, werden in Abbildung 4 zusammengefasst. Einige Variablen werden lediglich rein deskriptiv beschrieben und ausgewertet, andere sind darüber hinaus für die Bestimmung der Zielgrößen relevant (vgl. Abbildung 6).

In Abbildung 5 wurden die wichtigsten erhobenen Parameter aus den Operationsberichten zusammengestellt.

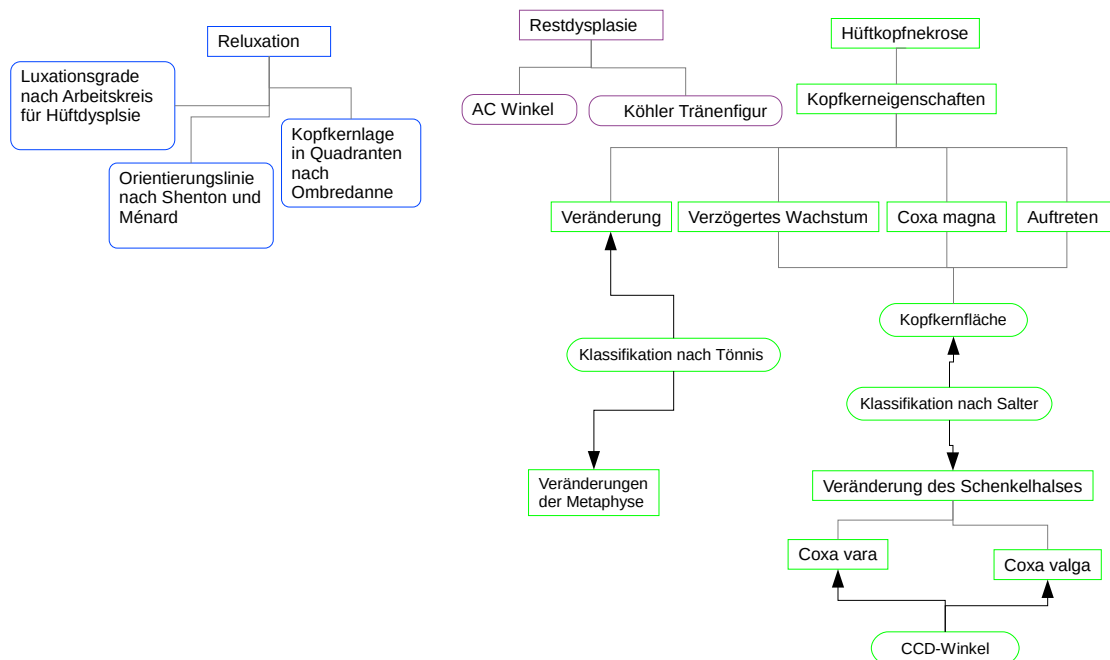


Abbildung 4: Übersicht der erhobenen radiologischen Variablen

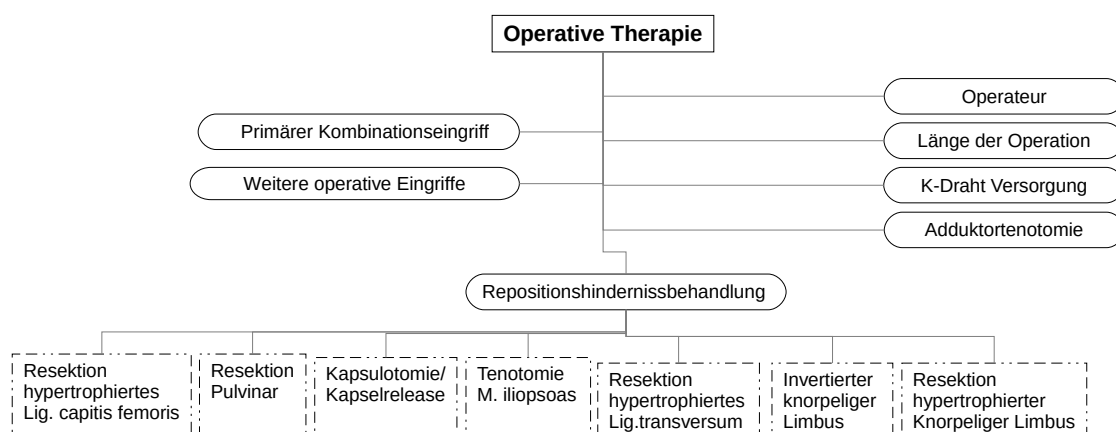


Abbildung 5: Übersicht der erhobenen operationsbezogenen Variablen

Relevante Variablen für die Erhebung der Zielgröße 'Restdysplasie' waren sowohl der Nachweis eines pathologischen AC-Winkels zur radiologischen Kontrollaufnahme, als auch die Durchführung eines gelenkverbessernden Eingriffs innerhalb des

Beobachtungszeitraums. Bei der Beurteilung der Zielgröße 'Relaxation' spielte die Anzahl der vorhandenen Relaxationen im Beobachtungszeitraum, die anhand der Patientenakten erhoben und dokumentiert wurden, die wichtigste Rolle. Für die Bestimmung der Zielgröße 'Hüftkopfnekrose' wurde das Klassifizierungssystem nach Tönnis (TÖNNIS 1984, S. 208) verwendet (vgl. Abbildung 6).

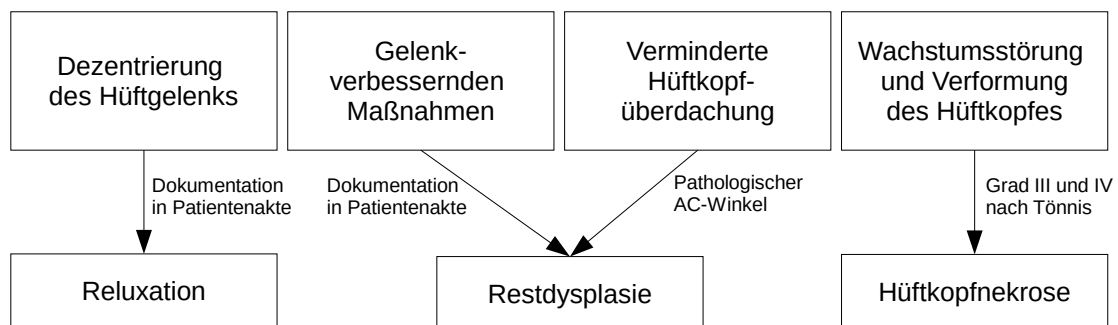


Abbildung 6: Ermittlung der Zielgrößen

III.3. Vermessungstechnik

III.3.1. Röntgenbilderstellung und -auswertung

Voraussetzung für die Auswertung und Ermittlung aller Hilfslinien und Winkel war die Übersichtsaufnahme des Beckens im anterior posterioren Strahlengang. Das zur Auswertung herangezogene Bildmaterial entstand zu drei Zeitpunkten (vgl. Abbildung 3):

- unmittelbar vor der Operation (teilweise auch einige Wochen bis Monate vorher)
- ca. ein Jahr nach der Operation
- ca. zwei Jahre nach der Operation

Die Hüftgelenke der Kleinkinder sollten dazu in physiologischer Beugestellung gehalten und eine a.p. Lagerung der Kniegelenke gewählt werden (TÖNNIS 1984, S. 104). Durch eine fehlerhafte Lagerung können sich einzelne Messwerte ändern und das Ergebnis als solches beeinflussen. Eine Überprüfung der Röntgenbilder wurde vorgenommen und wird unter IV.4 näher erläutert.

III.3.2. Digitalisierung

Die Röntgenbilder lagen z. T. bereits in digitaler Form vor, teilweise mussten die konventionellen Röntgenbilder in der Röntgenabteilung des Olgahospitals Stuttgart gescannt werden. Bei der Auswertung der Bilder wurde auf einen bildübergreifend- absoluten Maßstab verzichtet, weil die Skalierung der Röntgenbilder nicht immer eindeutig war und bildinterne Verhältnisse mit Blick auf vorliegende Fragestellung ausreichend waren.

III.3.3. Methodik der Messwerterhebung

Für die Bestimmung der meisten radiologischen Parameter war das Einzeichnen von Hilfslinien unverzichtbar. Die Hilfslinien wurden in den digitalisierten Röntgenbildern mithilfe des Open Source Fotobearbeitungsprogramms 'Gimp 2.8.2' (GNU Image Manipulation Program) eingezeichnet. Die anschließende Messung der erforderlichen Winkel erfolgte mithilfe der Freeware 'MB- Ruler 5.0'. Zusätzlich zur Messung der erforderlichen Winkel wurde jedes Röntgenbild auf Fehler bei Drehung, Kippung oder Aufrichtung untersucht. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die erhobenen radiologischen Messwerte nicht fehlerhaft sind (vgl. V.5.4.1).

III.4. Radiologische Auswertung

III.4.1. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftdysplasie

III.4.1.1 Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner (AC Winkel)

Der AC-Winkel (engl. 'acetabular index') ist eines der wichtigsten Kriterien für die Diagnostik der Hüftdysplasie. Mithilfe dieses Winkels kann eine Einschätzung über die Überdachung des Hüftkopfes und dessen Entwicklung getroffen werden. Eine Beurteilung ist jedoch altersabhängig und nur bis zum Schluss der Y-Fugen möglich. In der Literatur wird eine Anwendung bis zum 7. Lebensjahr empfohlen (TÖNNIS 1984, S. 124).

Mithilfe der Hilgenreiner-Linie wird die Basis für die Konstruktion des AC-Winkels geschaffen. Dabei handelt es sich um eine „[...] Verbindungslinie der beiden Y-Fugen. Sie wird an den untersten Knochenpunkten der Beckenschaufel angelegt, an denen das Pfannendach beginnt. [...]“ (TÖNNIS 1984, S. 112).

Ausgehend vom tiefsten Punkt der Beckenschaufel entlang der Sklerosierungslinie des Pfannenerkers bis zum Ende der Rundung des Pfannendachs wird nun die zweite Hilfslinie konstruiert und somit der AC-Winkel gebildet (vgl. Abbildung 7) (TÖNNIS 1984, S. 122).

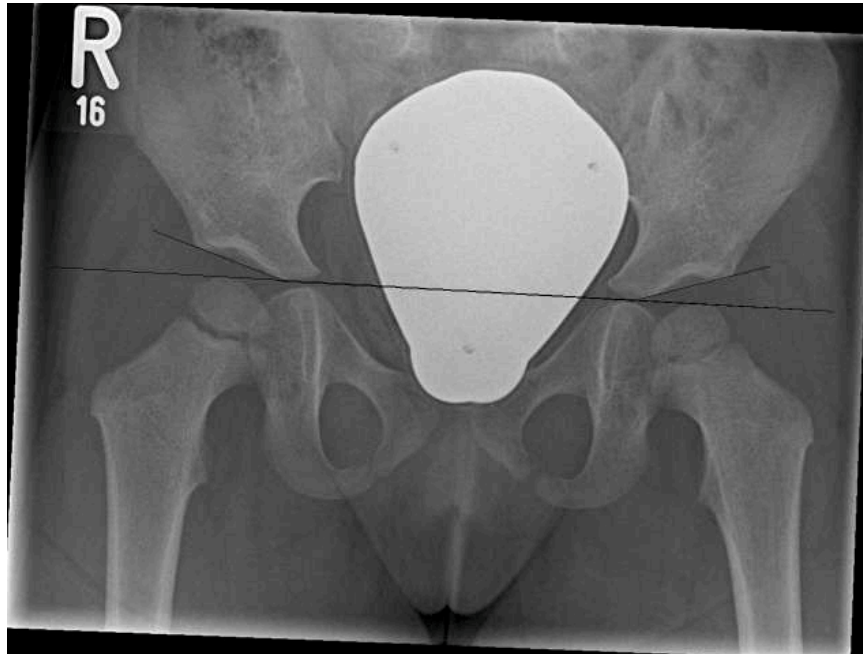


Abbildung 7: AC Winkel

Eine Änderung des Winkels kann durch fehlerhaft angefertigte Röntgenbilder mit stark gedrehtem, aufgerichteten oder gekippten Becken hervorgerufen werden (TÖNNIS 1984, S. 122). Liegt ein grenzwertiger AC-Winkel innerhalb der ersten drei Monate bis zum ersten Lebensjahr vor, sollte nicht vorschnell eine Aussage über die weitere Prognose des Hüftgelenks getroffen werden. Erst ab einem Alter von ca. 4 Jahren sei nach TÖNNIS eine sicherere Einschätzung möglich (TÖNNIS 1984, S. 123). Eine abschließende Beurteilung sollte jedoch nach Wachstumsende oder im höheren Alter erfolgen (TÖNNIS 1997, S. 53).

In einer Untersuchung von TÖNNIS UND BRUNKEN von 1968 in der sowohl gesunde als auch fraglich pathologische Gelenke untersucht wurden, erfolgte eine Einteilung der Pfannendachwinkel in drei Gruppen (einfache Standardabweichung (s), zwischen einfacher und doppelter Standardabweichung (s-2s), doppelte Standardabweichung (2s)) (von TÖNNIS U. BRUNKEN 1968, zit. n. TÖNNIS 1997, 53 f.). Bei einfacher Standardabweichung des Pfannendachwinkels wurde eine normale Hüftgelenksentwicklung beobachtet. Die einfache Standardabweichung konnte somit auch als Grenze des sicheren Normalbereichs angesehen werden (TÖNNIS 1997, S. 54). Darüber hinaus waren im Bereich zwischen s und 2s, sowohl negative als auch positive Veränderung zu beobachten und die Grenze zwischen normalen und dysplastischen Hüften sei nach TÖNNIS in beide Richtungen hin offen (TÖNNIS 1997, S. 54). Das Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT) wurde in dieser Arbeit für die Einteilung einer vorhandenen Restdysplasie herangezogen. Nach dem Klassifizierungssystem wird zwischen vier Abweichungsgraden unterschieden (vgl. Abbildung 8).

Alter (Jahre/Monate)	Normalwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
0/3 + 0/4	25	< 30	≥ 30- <35	≥ 35- <40	≥ 40
0/5 – 2/0	20	< 25	≥ 25- <30	≥ 30- <35	≥ 35
2 – 3	18	< 23	≥ 23 -<28	≥ 28- <33	≥ 33
3 – 7	15	< 20	≥ 20- <25	≥ 25- <30	≥ 30
7 – 14	10	< 15	≥ 15- <20	≥ 20- <25	≥ 25

Abbildung 8: AC- Winkel nach Arbeitskreis für Hüftdysplasie der DGOT aus Tönnis 1984 #2: 175, Tabelle 13.2b

In der vorliegenden Arbeit wurde zwischen 'pathologischem AC-Winkel', also einem steilen AC-Winkel im Sinne einer Klassifizierung nach Grad III oder IV des Arbeitskreises für Hüftdysplasie und 'normalem (leicht dysplastischem) AC-Winkel', also Grad I und II unterschieden.

Neben dem AC-Winkel sind zur Feststellung einer Hüftdysplasie die Beurteilung der Tränenfigur (vgl. III.4.1.2), des CE-Winkels (Zentrum-Ecken-Winkel) und ACM-Winkels (Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank) möglich (TÖNNIS 1984, S. 118 ff.). Die Messung des CE-Winkels ist eine weitere geeignete Methode für die Einschätzung einer vorliegenden Hüftdysplasie, da auch hier die Überdachung des Hüftkopfes beurteilt wird. Da die Auswertung des CE-Winkels nach Wilberg erst ab einem Alter von 5 Jahren sinnvoll ist, wurde der CE-Winkel in dieser Arbeit nicht erhoben (TÖNNIS 1997, S. 52). Auch der ACM-Winkel wurde in dieser Arbeit nicht beurteilt, da er zwar Aussagen über die Pfannentiefe ermöglicht, allerdings weniger über die Neigung des Pfannendachs (TÖNNIS 1997, S. 52).

III.4.1.2 Tränenfigur

Von KÖHLER 1905 bereits beschrieben, ist die Tränenfigur heute ein wichtiger Parameter zur Hilfe bei der Diagnostik der Hüftdysplasie. Anatomisch wird die U-förmige Tränenfigur durch formgebende Reize eines gut zentrierten Hüftkopfes gebildet (TÖNNIS 1984, S. 116). In der Literatur herrscht jedoch Uneinigkeit, welchen Beitrag einzelne anatomische Strukturen durch radiologische Überlagerungen bei der Entstehung der Tränenfigur leisten (KATZ 1969, 233 ff.; GOODMAN ET AL. 1988, S. 199; O'SULLIVAN ET AL. 1992, 177 ff.). In Anlehnung an Vare und Peic beschreibt TÖNNIS die Bildung der medialen Kontur durch die innere Beckenwandkortikalis auf Höhe des hinteren Pfannenrandes. Die laterale Kontur der Tränenfigur hingegen wird durch die Fossa acetabuli hervorgerufen (vgl. Abbildung 9) (von PEIC 1971, VARE 1952, zit. n. TÖNNIS 1984, S. 116).



Abbildung 9: Tränenfigur

Ein Auftreten der Tränenfigur findet zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat statt (TÖNNIS 1984, S. 116) und wird durch funktionelle Reize des tief zentrierten Hüftkopfes bedingt. Eine unzureichende Einstellung des Hüftkopfes kann sowohl zur Verbreiterung oder Verformung (V-förmige Tränenfigur), als auch zum Ausbleiben der Tränenfigur führen (TÖNNIS 1984, S. 116). Die unterschiedlichen Formen in Bezug zur Köhler-Linie (engl. 'ilioischial line') von offen, geschlossen über gekreuzt bis zu invers werden in der Literatur detailliert beschrieben (ALBIÑANA ET AL. 1996, S. 1049). Eine starke Beckendrehung kann bei fehlerhafter Anfertigung der Röntgenaufnahme zu Veränderungen der Darstellung einer Tränenfigur führen (TÖNNIS 1984, S. 116; ALBIÑANA ET AL. 1996, S. 1048).

III.4.2. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftluxation

III.4.2.1 Linie nach Ombrédanne und Perkins

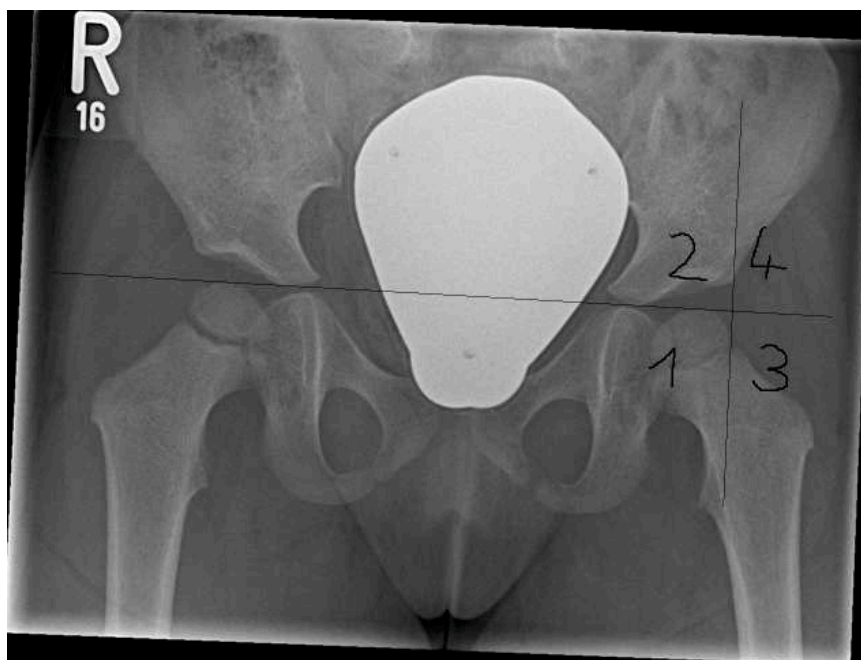


Abbildung 10: Linie nach Ombrédanne und Perkins mit Bezifferung der verschiedenen Quadranten

Die Linie nach Ombrédanne und Perkins sollte sowohl senkrecht auf der Hilgenreiner-Linie stehen als auch den äußersten Punkt des Pfannendachs berühren. Beide sich kreuzende Linien bilden demzufolge vier Quadranten, die eine Einschätzung über die Lage der Femurkopfepiphyse liefern (TÖNNIS 1984, 112 f.). Bei gesunden Patienten liegt der Hüftkopf in Quadrant eins, bei einer Subluxation in Quadrant zwei, bei vollständiger Luxation in Quadrant drei und bei einer hohen Luxation im vierten Quadranten (vgl. Abbildung 10) (TÖNNIS 1984, S. 113). Die Linie nach Ombrédanne und Perkins wird außerdem für die Bestimmung der Luxationsgrade des Arbeitskreises für Hüftdysplasie genutzt. Hier spielt einerseits die Lage des Kopfkerns in Bezug auf die Linie nach Ombrédanne und Perkins eine Rolle, andererseits die Höhe des Kopfkerns bezogen auf den Pfannenerker. Befindet sich der Kopfkern unterhalb des Pfannenerkers und innerhalb der durch den Pfannenerker gezogenen Senkrechten (Linie nach Ombrédanne und Perkins) entspricht dies zwar einem normalen Befund, wird jedoch als Luxationsgrad I bezeichnet (vgl. Abbildung 11). Bei Luxationsgrad II wird bereits von einer Luxation gesprochen. Der Hüftkopf befindet sich außerhalb der Senkrechten (vgl. Abbildung 11). Sobald der Hüftkopf auf Höhe des Pfannenerkers zu sehen ist, handelt es sich um Luxationsgrad III (vgl. Abbildung 12). Bei einem deutlich oberhalb des Pfannenerkers auftretenden Hüftkopf wird von einer hohen Luxation bzw. einem Luxationsgrad IV gesprochen (vgl. Abbildung 12) (TÖNNIS 1984, S. 86).

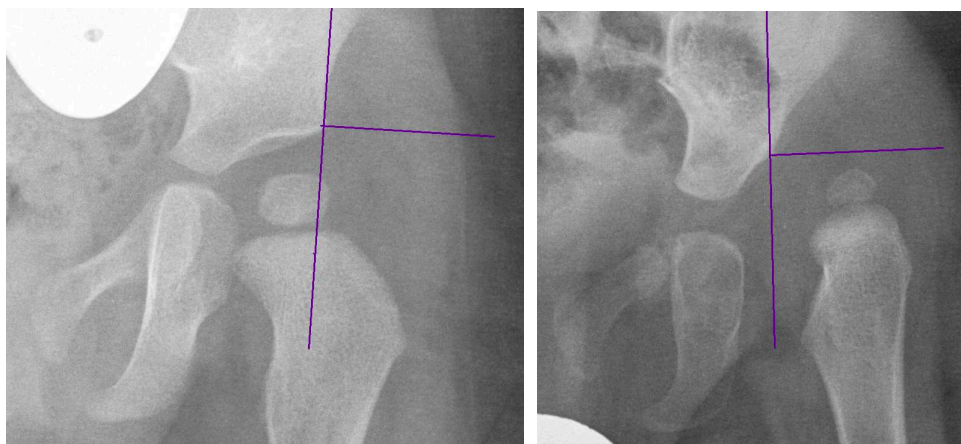


Abbildung 11: Luxationsgrad I (links) und II (rechts) nach Arbeitskreis für Hüftdysplasie (AKH)



Abbildung 12: Luxationsgrad III (links) und IV (rechts) nach Arbeitskreis für Hüftdysplasie (AKH)

III.4.2.2 Shenton- Ménard Linie

Die Shenton-Ménard Linie bildet einen gezogenen Bogen der normalerweise in einem gleichmäßigen Verlauf vom unteren Schenkelhalsrand in den kranialen Beginn des Foramen obturatum zieht (vgl. Abbildung 13). Bei dezentriertem Hüftgelenk kommt es zu einer Unterbrechung dieses Bogens und einem Bruch dieses gleichmäßigen Verlaufes (HEPP ET AL. 2004, S. 149; TÖNNIS 1984, S. 114; RHEE 2011, S. 36). Die Shenton-Ménard Linie ist ein leicht zu beurteilendes, diagnostisches Zeichen auf der a.p. Beckenaufnahme. Berücksichtigt werden sollte allerdings, dass bei fehlerhaft angefertigten Röntgenaufnahmen auch eine gesunde Hüfte eine unterbrochene Shenton-Ménard Linie aufweisen kann.

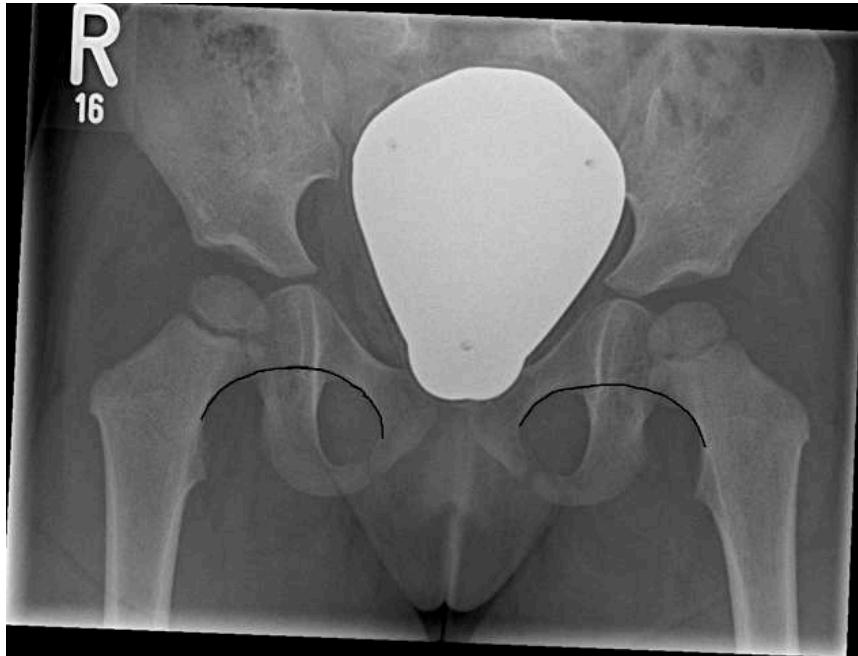


Abbildung 13: Durchgehende Shenton-Ménard Linie

III.4.3. Radiologische Parameter für die Beurteilung der Hüftkopfnekrose

In der vorliegenden Arbeit beruht die Beurteilung einer Hüftkopfnekrose auf der Klassifizierung nach Tönnis (TÖNNIS 1984, S. 208). Dabei handelt es sich um vier Hüftkopfnekrosegrade. Hüftkopferne die Grad I aufweisen, zeigen leichte Strukturveränderungen, Auflockerungen oder Unregelmäßigkeiten. Eine unscharfe Berandung kann ebenfalls vorkommen (vgl. Abbildung 14). Die Prognose ist sehr gut und bereitet im Allgemeinen keine weiteren Komplikationen. Grad II nach TÖNNIS weist stärkere Veränderungen auf, die durch ausgeprägtere Auflockerungen und Strukturunregelmäßigkeiten gekennzeichnet sind. Auch Zystenbildungen oder Teildefekte (vgl. Abbildung 14) können vorkommen. Allerdings bleiben auch hier nur minimale Folgen wie leichte Hüftkopfabplattungen zurück (TÖNNIS 1984, S. 209). Grad III geht mit einem Zerfall des Hüftkopfkerns in mehrere Teile oder starken Formveränderung einher (vgl. Abbildung 15). Auch ein Fehlen des Hüftkopfkerns ist möglich. Schäden an Hüftkopf und Schenkelhals können verbleiben, eine Rückbildung ist jedoch bei intakter Wachstumsfuge möglich. Grad IV bedingt zusätzlich Veränderung der Epiphysenfuge, die durch starke Unregelmäßigkeiten des metaphysären Bereichs das Wachstum des Schenkelhalses beeinträchtigen können. Die Folgen sind meist gravierend und vom betroffenen Epiphysenabschnitt abhängig (vgl.II.1.8). Radiologisch noch nicht zu erkennende Hüftkopferne können ebenfalls Schäden in Form einer Hüftkopfnekrose erleiden (TÖNNIS 1984, S. 209). Insbesondere bei gleichzeitigen Veränderungen der Metaphyse wird von einer Hüftkopfnekrose Grad IV gesprochen (vgl. Abbildung 15).

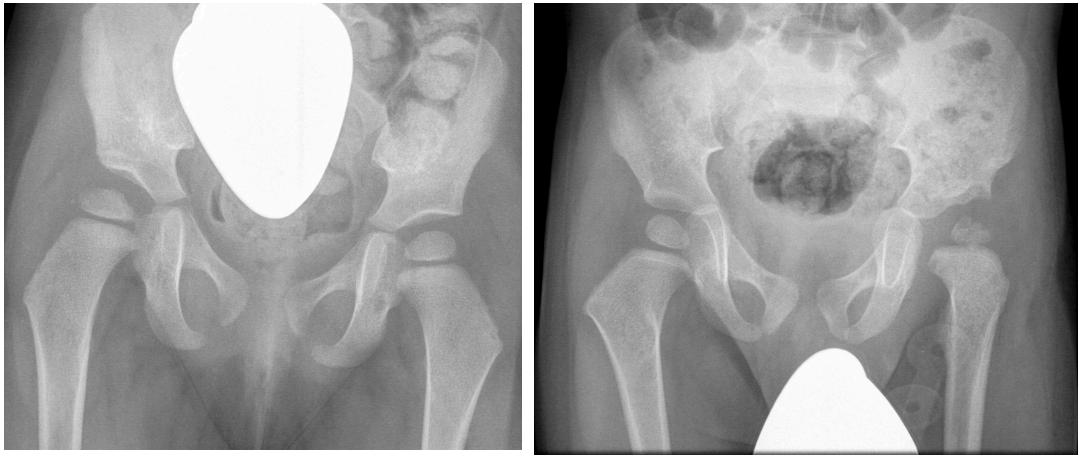


Abbildung 14: Patient mit Hüftkopfnekrose Grad I des rechten Hüftgelenks nach Tönnis (links) und Grad II des linken Hüftgelenks nach Tönnis (rechts)

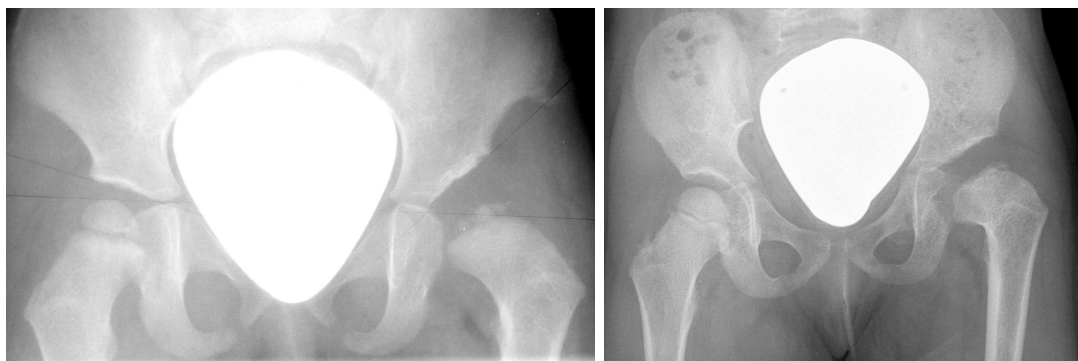


Abbildung 15: Patient mit Hüftkopfnekrose Grad III des linken Hüftgelenks nach Tönnis (links) und Grad IV des linken Hüftgelenks nach Tönnis (rechts)

Es existieren mehrere Klassifizierungssysteme der Hüftkopfnekrose. Hervorzuheben ist die Einteilung nach Salter, dessen Kriterien in dieser Arbeit zum Teil verwendet wurden. Das Ausbleiben der Verknöcherung des Epiphysenkerns sowohl präoperativ als auch im ersten und zweiten Jahr nach der Operation wurde anhand des Bildmaterials ermittelt und ist unter IV.5.1.1 dargestellt. Ein nicht vorhandener Hüftkopfkern nach Abschluss der ersten 6 Lebensmonate kann auf eine pathologische Entwicklung hinweisen (TÖNNIS 1984, S. 15). Auch das Ausbleiben des Wachstums eines bestehenden Knochenkerns wurde anhand des errechneten Größenverhältnisses beider Kerne zueinander festgestellt. Mithilfe der berechneten Größenverhältnisse konnten außerdem Deformierungen des Hüftkopfkerns in Form einer Coxa magna bei einseitig betroffenen Gelenken festgestellt werden (vgl. IV.5.3.3). Eine Deformierung des Schenkelhalses (mit Folgen wie Coxa vara und valga) konnte durch die Berechnung des CCD- Winkels identifiziert werden (vgl. III.4.3.2). Auf weitere diagnostische Hüftkopfnekrose-Kriterien nach Salter, wie die Verbreiterung oder Verkürzung des Schenkelhalses, das Auftreten einer Coxa plana oder die Beurteilung der Dichte der Knochenstruktur im Röntgenbild, kann aufgrund des Datenmaterials in dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden.

III.4.3.1 Vermessung der Fläche der Femurkopfeiphyse

Zur Vermessung der sichtbaren Fläche des Hüftkopfkerns wurden zwei Hilfslinien benutzt (vgl. Abbildung 16). Mithilfe der erste Linie wurde der weiteste Durchmesser festgelegt, mit der zweiten, hierauf senkrecht stehenden Linie erfolgte die Festlegung des höchsten Durchmessers der Femurkopfeiphyse (WILLIAMS U. Jones ,D. A., Bishay, M. 1999, S. 1025). Beide Parameter waren notwendig, um die Fläche der Femurkopfeiphyse zu ermitteln, die eine Einschätzung der Größe des Kopfkerns im Seitenvergleich erlaubt.

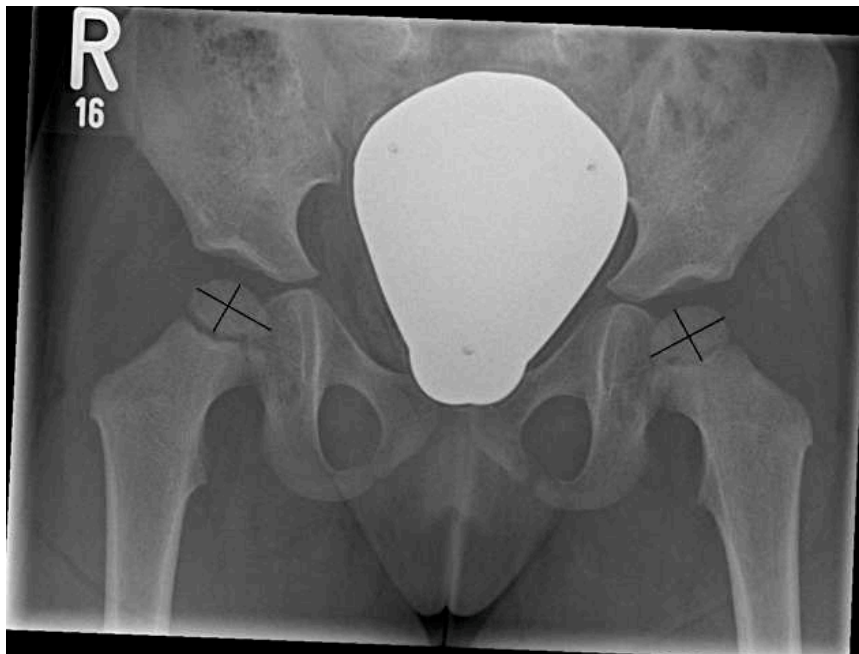


Abbildung 16: Ermittlung der Flächen der Femurkopfeiphysen

Dieses Verfahren war für die Bestimmung der Größenverhältnisse beider Femurkopfeiphysen zueinander hilfreich. Dadurch gelang sowohl die Ermittlung einer Coxa magna bei Patienten mit vorangegangener, einseitiger Reposition als auch die Beurteilung eines ausbleibenden oder verminderten Wachstums (vgl. Abbildung 17) der kranken gegenüber der gesunden Seite. Ein ausbleibendes oder verzögertes Wachstum lag vor, sobald das Verhältnis der kranken zur gesunden Femurkopfeiphyse kleiner als 75 % betrug. Diese Einteilung erfolgte in Anlehnung an die Ermittlung einer Coxa magna, die von GAMBLE beschrieben wurde. Er definierte die Coxa magna als eine Vergrößerung der Femurkopfeiphyse von mindestens 15 % des horizontalen Durchmessers in Bezug zur Gegenseite (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 529). Eine Coxa magna wurde entsprechend angenommen, wenn der Quotient aus kranker und gesunder Femurkopfeiphyse größer als 115 % war.

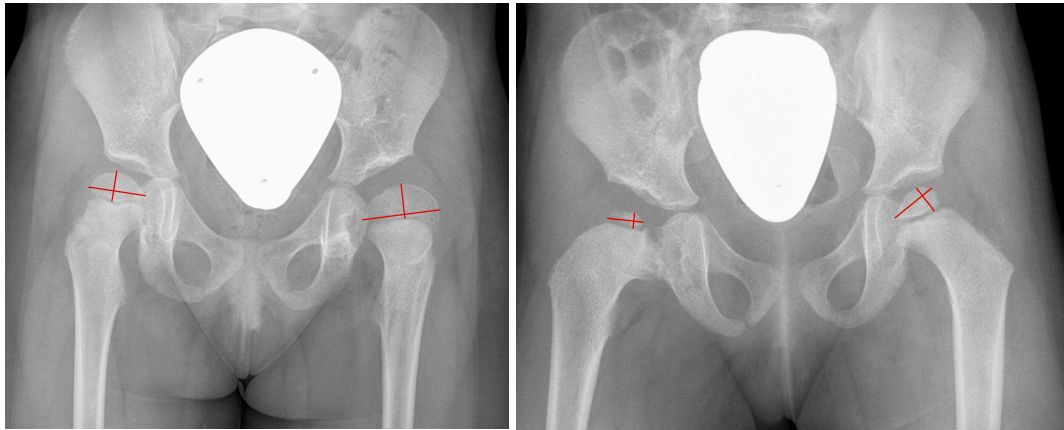
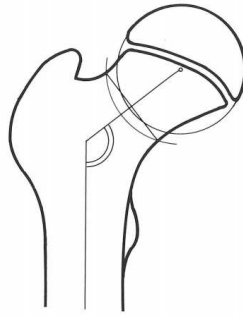


Abbildung 17: Bestimmung einer Coxa magna auf der linken Seite (links) und Ermittlung einer Wachstumsminderung der Femurkopfeiphyse auf der rechten Seite (rechts)

III.4.3.2 CCD-Winkel (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel)

Ein weiteres diagnostisches Kriterium nach Salter für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose ist die Veränderung des Schenkelhalses (HEFTI 2005, S. 79). Der Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel) nach M.E.Müller ermittelt die Beziehung zwischen Schenkelhalsschaft- und Oberschenkelschaftachse und ist die zurzeit übliche Methode für die Konstruktion dieses Achsenwinkels (vgl. Abbildung 18)(TÖNNIS 1984, S. 134). Wesentliche Schritte dieser Konstruktion sind die Bestimmung des Hüftkopfszentrums durch Einzeichnen eines Kreisbogens, der sowohl den Diaphysenstachel als auch die äußere Epiphyse tangiert. Die Schnittpunkte dieses Kreisbogens mit der Schenkelhalskortikalis werden durch eine Linie am schmalsten Punkt des Schenkelhalses miteinander verbunden. Auf diese Linie wird eine Senkrechte zum Kopfzentrum projiziert und bildet mit der Oberschenkelschaftlinie den sogenannten 'projizierten CCD-Winkel'. Dabei ergibt sich die Oberschenkelschaftlinie durch das Einzeichnen einer Mittellinie zwischen beiden Oberschenkelschaftkonturen (TÖNNIS 1984, S. 134).



*Abbildung 18: Konstruktion des CCD-Winkel nach M.E.Müller
(aus TÖNNIS 1984, S. 134)*

Für die Ermittlung des Hüftkopfzentrums nach Müller wird das Vorhandensein des Hüftkopfkerns vorausgesetzt. Dies war bei den vorliegenden Röntgenaufnahmen des Patientenkollektivs nicht immer der Fall und musste sich in Anlehnung an Müller einer etwas abgewandelten Methode bedienen. Zur Festlegung der Schenkelhalsachse wurden deshalb zwei Hilfslinien benutzt. Die erste Linie verlief vom äußersten lateralen Punkt der proximalen Epiphyse bis zum sogenannten medialen Diaphysenstachel und wurde in der Mitte markiert. Auch der Mittelpunkt der zweiten Linie an der stärksten Taille des Schenkelhalses, die parallel zur ersten Linie verlief, wurde markiert. Für die Bestimmung der Schenkelhalsachse wurde eine Senkrechte durch beide Markierungspunkte gezogen und mit der Oberschenkelhalsachse verbunden. Der CCD-Winkel bildete sich schließlich medial der Schnittstelle zwischen Schenkelhals- und Oberschenkelhalsachse (vgl. Abbildung 19).



Abbildung 19: Einzeichnen der Hilfslinien (links) zur Bestimmung des CCD Winkel (rechts)

Die beschriebenen Methoden der CCD-Winkelkonstruktion ermitteln den 'projizierten CCD-Winkel', der durch Antetorsion des Schenkelhalses höhere Werte annehmen kann. Für ein genaues Achsenverhältnis zwischen Schenkelhals- und Oberschenkelchaft muss sowohl der projizierte CCD-Winkel, als auch der projizierte AT-Winkel (Antetorsionswinkel) ausgemessen werden (TÖNNIS 1984, S. 79). Für die Bestimmung des AT-Winkels ist jedoch eine besondere Röntgenaufnahme in Antetorsion auf dem Lagerungsgestell nach Rippstein notwendig (TÖNNIS 1984, S. 135). Diese war im Patientenkollektiv nur vereinzelt angefertigt wurden, sodass kein realer Schenkelhals-Schaft-Winkel ermittelt wurde.

Die Bedeutung des CCD-Winkels wurde bereits indirekt unter II.1.8 angesprochen. Dabei wurde beschrieben, wie Veränderungen einer Hüftkopfnekrose in unterschiedlichen Abschnitten der Epiphysenfuge zu einer Coxa vara oder valga führen können. Dabei ist die Unterscheidung zwischen einem normalen und pathologischen CCD-Winkel natürlich immer altersabhängig (vgl. Abbildung 20). Bis zum ersten Lebensjahr sind hohe CCD-Winkel normal und ein Ansteigen physiologisch, erst danach und bis ins Erwachsenenalter hinein, fällt der Winkel wieder ab (TÖNNIS 1984, S. 137).

Alter (Jahre)	Grad - 4 (extrem pathologisch)	Grad - 3 (schwer pathologisch)	Grad - 2 (leicht pathologisch)	Grad 1 (normal bis fraglich pathologisch)	Grad + 2 (leicht pathologisch)	Grad + 3 (schwer pathologisch)	Grad + 4 (extrem pathologisch)
> 1 - < 3	< 105	≥ 105 - < 115	≥ 115 - < 125	≥ 125 - < 150 MW 140	≥ 150 - < 155	≥ 155 - < 160	≥ 160
> 3 - < 5	< 105	≥ 105 - < 115	≥ 115 - < 125	≥ 125 - < 145 MW 135	≥ 145 - < 150	≥ 150 - < 155	≥ 155
> 5 - < 10	< 100	≥ 100 - < 110	≥ 110 - < 120	≥ 120 - < 145 MW 132	≥ 145 - < 150	≥ 150 - < 155	≥ 155
> 10 - < 14	< 100	≥ 100 - < 110	≥ 110 - < 120	≥ 120 - < 140 MW 130	≥ 140 - < 145	≥ 145 - < 155	≥ 155
Ab > 14	< 100	≥ 100 - < 110	≥ 110 - < 120	≥ 120 - < 135 MW 128	≥ 135 - < 140	≥ 140 - < 150	≥ 150

Abbildung 20: CCD-Winkel aus Tönnis 1984 #2, S. 176;Tabelle 13.2 f

III.4.4. Überprüfung radiologischer Werte

III.4.4.1 Drehungsquotient des Beckens (Tönnis und Brunken)



Abbildung 21: Hilfslinien zur Berechnung des Drehungsquotienten

Durch ein gedrehtes Becken während der Röntgenaufnahme kann es zu Veränderungen der Größe des AC-Winkels kommen (vgl. III.4.1.1) und soll durch die Bestimmung des Drehungsquotienten nicht unbemerkt bleiben. Eine vertikale Drehung der Körperachse kann mithilfe der horizontalen Messung der Foramina obturatoria bestimmt werden (vgl. Abbildung 21). Erscheint im Röntgenbild ein Foramen obturatum größer als das der Gegenseite, so kann mithilfe der folgenden Berechnung zwischen einer schwachen bzw. starken Drehung des Beckens unterschieden werden:

$$\text{Drehungsquotient} = \frac{\text{Querdurchmesser Foramen obturatum rechts}}{\text{Querdurchmesser Foramen obturatum links}} \quad (\text{vgl. TÖNNIS 1984,}$$

S. 116).

Der berechnete Quotient sollte idealerweise zwischen 0,56 bis 1,8 liegen. Dies gilt als leichte Drehung des Beckens und geringer Abweichung des Pfannendachwinkels (TÖNNIS 1984, S. 116). Ein Überschreiten der genannten Grenze führt demzufolge zu einer stärkeren Abweichung zwischen den tatsächlichen und vorliegenden Werten des AC-Winkels und würde fehlerhafte Ergebnisse liefern (TÖNNIS 1984, S. 116).

III.4.4.2 Symphysen-Sitzbein Winkel (Tönnis und Brunken)

Das aufgerichtete sowie das gekippte Becken beeinflussen den AC-Winkel (vgl. III.4.1.1). Eine Aufrichtung führt zu einer Erhöhung und eine Kippung vermindert den AC-Winkel. Durch den Symphysen-Sitzbein-Winkel nach TÖNNIS UND BRUNKEN wurden altersabhängige Symphysen-Sitzbein-Winkel für die korrekte Lagerung im Röntgenbild festgelegt (vgl. Abbildung 23). Ausgehend vom obersten Punkt des Os ischii bis zum „[...]weitesten zur Beckenlichtung vorspringenden Punkt der Symphyse [...]“ (TÖNNIS 1984, S. 116) wird auf jeder Seite eine Hilfslinie gezogen. An der oberen Schnittachse bildet sich der Symphysen-Sitzbein-Winkel.



Abbildung 22: Hilfslinien zur Messung des Symphysen-Sitzbein Winkels

Einigen Autoren weisen darauf hin, dass anatomische Veränderungen des Beckens gerade durch Schluss der Y- Fugen die korrekte Identifizierung der obersten Kante des Os ischii erschweren und Fehler begünstigen. Auch in der vorliegenden Abbildung war es schwierig diese Kante genau zu identifizieren (vgl. Abbildung 22). Bis zum zweiten Lebensjahr stellt die Bestimmung des Symphysen-Sitzbein-Winkels trotzdem ein geeignetes und nützliches Verfahren dar. Jedoch kann es nach dem zweiten Lebensjahr bereits sinnvoll sein, alternativ den Index für Beckenaufrichtung und -kippung zu bestimmen (BONIFORTI ET AL. 1997, S. 574).

Alter	Winkel
1 – 6 Monate	100 – 135°
7 – 12 Monate	100 – 130°
1 – 2 Jahre	95 – 128°
2 – 3 Jahre	90 – 125°
3 – 5 Jahre	85 – 115°

Abbildung 23: Normwerte des Symphysen- Sitzbein-Winkels nach Tönnis und Brunken aus (TÖNNIS 1984, S. 117)

III.4.4.3 Messwinkel für die Beckenaufrichtung und -kipfung (Ball und Kommenda)

Eine zweite Methode um ein gekipptes oder aufgerichtetes Becken zu erkennen, wurde von Ball und Kommenda beschrieben. Zur Berechnung wird sowohl die weiteste, vertikale Stelle des Foramen obturatum als auch der Abstand von Os pubis bis zur Hilgenreiner Linie vermessen (vgl. Abbildung 24). Mithilfe der folgenden Berechnung kann die Beckenkipfung errechnet werden:

$$\text{Index der Beckenkipfung} = \frac{\text{Vertikaler Durchmesser Foramen obturatum}}{\text{Abstand Os pubis – Hilgenreiner Linie}} \quad (\text{vgl. TÖNNIS}$$

1984, S.117)

Die Grenzwerte für eine normale Lagerung liegen zwischen einem Indexwert von 0,75 und 1,2.



Abbildung 24: Hilfslinien zur Bestimmung des Index für Beckenaufrichtung und -kipfung

III.5. Beschreibung der statistischen Auswertung

III.5.1. Aufbau der statistischen Auswertung

Im Zentrum dieser Arbeit steht die Forschungsfrage, welche Ergebnisse die arthroskopische Operationsmethode im Vergleich zur offenen Reposition erzielen kann (vgl. II.2). Dafür wurden beide Operationsalternativen bzgl. ausgewählter Zielgrößen (Endpunkte), namentlich Restdysplasie, Hüftkopfnekrose und Reluxation, miteinander verglichen (vgl. Abbildung 6). Zusätzlich wurden weitere Variablen erhoben, die ebenfalls einen Einfluss auf die Ergebnisse haben könnten (vgl. III.2). Alle erhobenen Daten wurden den jeweiligen Erhebungszeitpunkten zugeordnet (vgl. III.1). Die sich daraus ergebende Datenlage wurde statistisch deskriptiv beleuchtet. Um über Korrelationen hinaus auch kausale Aussagen zum Einfluss der Operationsmethode zu belegen, wurde ein geeignetes Analysemodell ausgewählt.

Mit Blick auf die begrenzte Fallzahl von maximal 97 Hüftgelenken ist die Auswahl eines passenden statistischen Analysemodells beschränkt. Eine multivariate, statistische Methode um Kausalzusammenhänge zu überprüfen, ist die **binär logistische Regression** (BITTMANN 2015, S. 1).

Folgende Voraussetzungen muss eine binär-logistische Regression erfüllen (FROMM 2005, 5f.), (POSPECHILL 2010, 204f.):

1. Abhängige Variable muss dichotom/binär sein
2. Unabhängige Variablen müssen dichotom (ggf. nach Umkodierung) oder metrisch sein
3. Keine Multikollinearität zwischen den unabhängigen Variablen
4. Mindestens 50 Beobachtungen insgesamt, idealerweise mehr als 25 je Ausprägung der abhängigen Variablen

Die Voraussetzungen Nr. 1 und Nr. 2 konnten in der vorliegenden Arbeit bzw. können im Falle des Luxationsgrads durch Umkodierung von kategorialen Variablen in dichotome Variablen erfüllt werden. Die Multikollinearität (Nr. 3) wurde durch paarweises Ermitteln der Korrelationskoeffizienten für die unabhängigen Variablen untersucht und bei der Modellentwicklung berücksichtigt. Allerdings liegen in der Gruppe der arthroskopisch operierten Hüften insgesamt lediglich 19 Beobachtungen vor (Nr. 4), so dass sich hieraus eine gewisse Instabilität bzw. Unsicherheit ergibt. Annahmen über die Verteilung der Variablen sind für die logistische Regressionsanalyse nicht erforderlich (FROMM 2005, S. 6). Insgesamt kann also die binäre logistische Regression in vorliegender Arbeit eingesetzt werden. Sie wird insgesamt sechsmal angewandt: für beide post-operative Datenerhebungszeitpunkte, jeweils für jeden der drei Endpunkte.

In der binär logistischen Regression (teilweise auch binäres Responsemodell, Logit-Modell

oder Logit-Regression genannt MITTAG 2014, S. 256; BITTMANN 2015, 1ff.) wird analog zur linearen Regression für jede unabhängige Variable ein passender Koeffizient sowie ein Residuum (Konstante) bestimmt (MITTAG 2014, 255f.). Die Koeffizienten geben auch hier Stärke und Richtung des Zusammenhangs zwischen der entsprechenden unabhängigen und der abhängigen Variablen an (FROMM 2005, 5f.; BITTMANN 2015, 19f.). Eine Erläuterung von Gruppenunterschieden (hier: unabhängige Variable 'Operationsart') ist dadurch möglich (FROMM 2005, S. 5). Aufgrund der Dichotomie der abhängigen Variable muss die Gleichung der linearen Regression einer Transformation mit einer passenden streng monotonen Funktion unterzogen werden (MITTAG 2014, 255f.). Eine passende Funktion ist beispielsweise das Logarithmieren und mit anschließender Berechnung der Odds Ratio (MITTAG 2014, 255f.), (BITTMANN 2015, S. 2), (FROMM 2005, S. 7), so dass für die binär logistische Regression folgende **Schätzgleichung** entsteht (FROMM 2005, S. 7):

$$p_j = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_j x_{i,j})}}$$

Durch diese Transformation wird – bei Vorliegen bestimmter Werte der unabhängigen Variable – im Gegensatz zur linearen Regression nicht mehr der Wert der abhängigen Variablen direkt vorhergesagt (BITTMANN 2015, S. 2). Stattdessen wird hierfür geschätzt, mit welcher Wahrscheinlichkeit p_j ($y=1$) die abhängige Variable auftritt (BITTMANN 2015, S. 2), (FROMM 2005, S. 7).

III.5.2. Aufbereitung und Auswahl geeigneter unabhängiger Variablen

Bevor die Parameter als unabhängige Variablen in ein binär logistisches Regressionsmodell einfließen können, ist es sinnvoll die metrischen Parameter zu standardisieren und zu zentrieren (BITTMANN 2015, 10f.). In vorliegendem Fall erfolgte dies beispielsweise für den Parameter 'Alter zum Operationszeitpunkt'.

Ein binär logistisches Regressionsmodell kann unterschiedlich gut sein (Modellgüte), abhängig davon welche unabhängigen Variablen hinzugenommen bzw. weggelassen werden (BITTMANN 2015, S. 18). Für die Entwicklung der sechs Regressionsmodelle kamen zahlreiche der erhobenen Parameter als unabhängige Variablen in Frage (vgl. III.2). Einzig die Operationsmethode (arthroskopisch, offen) ist aufgrund der Fragestellung der Arbeit in jedem Regressionsmodell vorhanden. Aufgrund der begrenzten Fallzahlen konnten jedoch nur begrenzt viele Parameter in den Modellen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurden iterativ Parameter hinzu- und wieder weggenommen, um jeweils das Modell mit bester Güte zu identifizieren. Die Modellgüte wurde durch folgende Eigenschaften definiert (BITTMANN 2015, S. 18):

- - 2-log-Likelihood-Wert: je kleiner, desto besser
- R-Quadrat nach Cox & Snell: je größer, desto besser

- R-Quadrat nach Nagelkerke: je größer, desto besser
- Vorhersagepräzision im Vergleich zum Nullmodell: je höher, desto besser
- Omnibustest im Vergleich zum Nullmodell: je signifikanter, desto besser

Die Position der unabhängigen Variablen im Regressionsmodell hat keinen Einfluss auf Richtung und Stärke des Zusammenhangs oder deren Signifikanz.

Für zwei der sechs Regressionsmodelle – namentlich der Hüftrelaxation zum ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt – war es aufgrund struktureller Nullen nicht möglich die binär logistische Regression ohne zusätzliche Untersuchungen durchzuführen. In diesen Fällen wurde zuerst mithilfe eines Chi-Quadrat-Tests ermittelt, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen abhängiger Variable (Relaxation) und der wichtigsten unabhängigen Variablen (Operationsart) besteht. Da dies der Fall war, konnte in diesen Fällen anschließend zur Bestätigung des Ergebnisses eine binär logistische Regression im Bootstrap-Modus durchgeführt werden (wiederholtes Ziehen von 2000 Stichproben).

III.5.3. Erläuterung der Ergebnisdarstellung

Die statistische Auswertung erfolgte sowohl im deskriptiven Bereich als auch für die binär logistischen Regressionen mit dem Computerprogramm 'SPSS' (Software IBM SPSS Statistics, Version 22). Im Folgenden werden die wichtigsten der durch SPSS bei Durchführung einer binär logistischen Regression ausgegebenen Werte erläutert (vgl. Tabelle 1).

		B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Schritt 1 ^a	Unabhängige Variable <i>i</i>	1,179	,645	3,343	1	,067	3,251
	Konstante	-1,006		,278			0,37

Tabelle 1: Ergebnisse der binär logistischen Regression

Der **Regressionskoeffizient B** (b_i) ist der durch die Regression ermittelte optimale Koeffizient für die entsprechende unabhängige Variable i . Er gibt Auskunft über Richtung und Stärke des Zusammenhangs zwischen der unabhängigen Variablen i und der abhängigen Variablen im aufgestellten Regressionsmodell (BITTMANN 2015, S. 19). Als Logit-Wert kann er einen Wert zwischen $-\infty$ und $+\infty$ annehmen (BITTMANN 2015, S. 3). Bei positivem Vorzeichen steigt die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des mit 1 codierten Ereignisses der abhängigen Variable, bei negativem Vorzeichen sinkt bei gleichen Bedingungen die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der abhängigen Variable. Der Regressionskoeffizient B kann durch Rücknahme der Logarithmierung in die Odds-Ebene transformiert werden (BITTMANN 2015, S. 3) und kann als **Exp(B)** dann Werte zwischen 0 und $+\infty$ annehmen. Durch die Angabe der **Signifikanz (Sig.)** wird für jede abhängige Variable angegeben, ob der durch den Regressionskoeffizient B ermittelte Zusammenhang statistisch aussagekräftig ist, wobei in dieser Arbeit von einem Signifikanzniveau von 0,05

ausgegangen wird. Der Wald-Test, df und der Standardfehler dienen der statistischen Überprüfung (FROMM 2005, S. 24).

IV. Ergebnisse

IV.1. Charakterisierung des Patientenkollektivs

IV.1.1. Vorbemerkungen

Zwischen 1. Januar 2000 und 31. Dezember 2012 erhielten im Olgahospital Stuttgart 111 Patienten eine offene oder arthroskopische Reposition. Aufgrund der unter III.1 beschriebenen Einschlusskriterien sowie unter Berücksichtigung des vorhandenen Röntgenbildmaterials mussten davon 33 Patienten von der Betrachtung ausgeschlossen werden. Das Patientenkollektiv dieser retrospektiven Arbeit setzt sich demzufolge aus 78 Patienten zusammen. Davon wurden 63 Patienten offen reponiert und bei 15 Patienten wurde eine arthroskopische Reposition vorgenommen. Da mehrere Patienten nicht nur einseitig betroffen waren, sondern der operative Eingriff beidseitig durchgeführt werden musste, wird in dieser Arbeit vor allem auf die Anzahl der betroffenen Gelenke eingegangen (nachfolgend auch 'Fälle' genannt). Es wurden insgesamt 97 Gelenke untersucht, darunter befinden sich 78 offen und 19 arthroskopisch reponierte Gelenke. Die Durchführung der operativen Eingriffe erfolgte innerhalb der ersten zwei Lebensjahre. Anschließend wurde in einem Beobachtungszeitraum von zwei Jahren eine jährliche radiologische Kontrollaufnahme angefertigt (vgl. Abbildung 25).

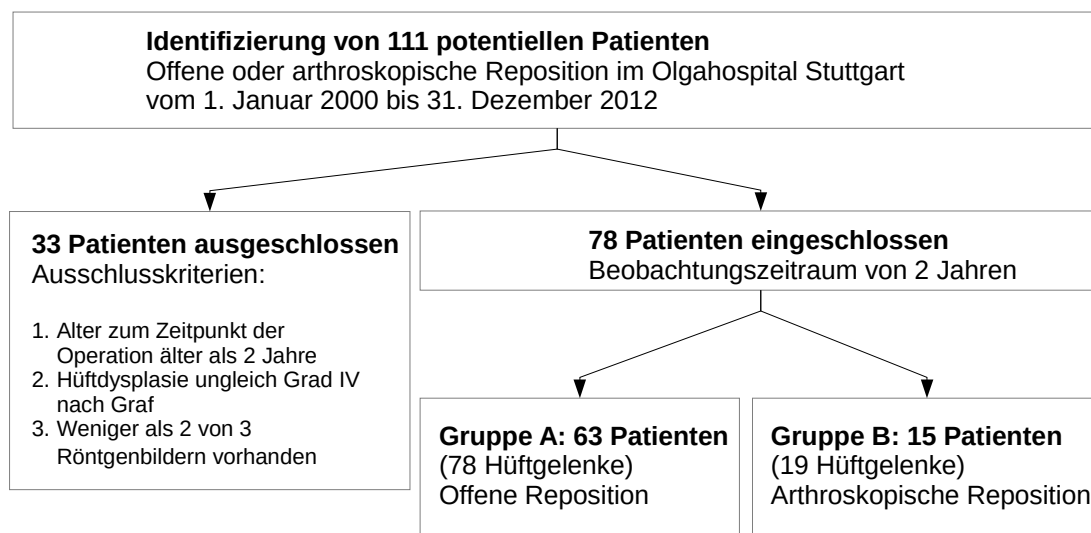


Abbildung 25: Ablaufdiagramm zur Bestimmung des Patientenkollektivs

Im gesamten Patientenkollektiv wurde mindestens ein erfolgloser konservativer Repositionsversuch durchgeführt, bevor man sich für eine invasive operative Reposition entschied. In einigen Fällen wurde bereits im Vorfeld in einem externen Klinikum ein operativer Eingriff durchgeführt. Dies war bei 4 verschiedenen Patienten mit nicht teratologischen Hüftluxationen der Fall, die im Anschluss alle offen reponiert wurden.

IV.1.2. Alter zum Operationszeitpunkt

Der operative Eingriff erfolgte im Patientenkollektiv mit 10 Monaten (Mittelwert: 9,65 Monate, Median: 7 Monate).

Das Alter zur arthroskopischen Reposition lag bei 9 Monaten (Mittelwert: 9,16 Monate, Median: 7 Monate). Der jüngste Patient wurde nach Erreichen des 3. Lebensmonats operiert, der älteste Patient erst nach 21 Monaten (vgl. Abbildung 26).

Die offene Reposition wurde im Alter von 10 Monaten durchgeführt (Mittelwert: 9,77 Monate, Median: 7 Monate). Der jüngste Patient wurde nach Vollendung des ersten Lebensmonats, der älteste Patient im 24. Lebensmonat operiert (vgl. Abbildung 26). Die zugehörige Altersverteilung wurde durch eine Gegenüberstellung beider Gruppen in Abbildung 27 dargestellt.

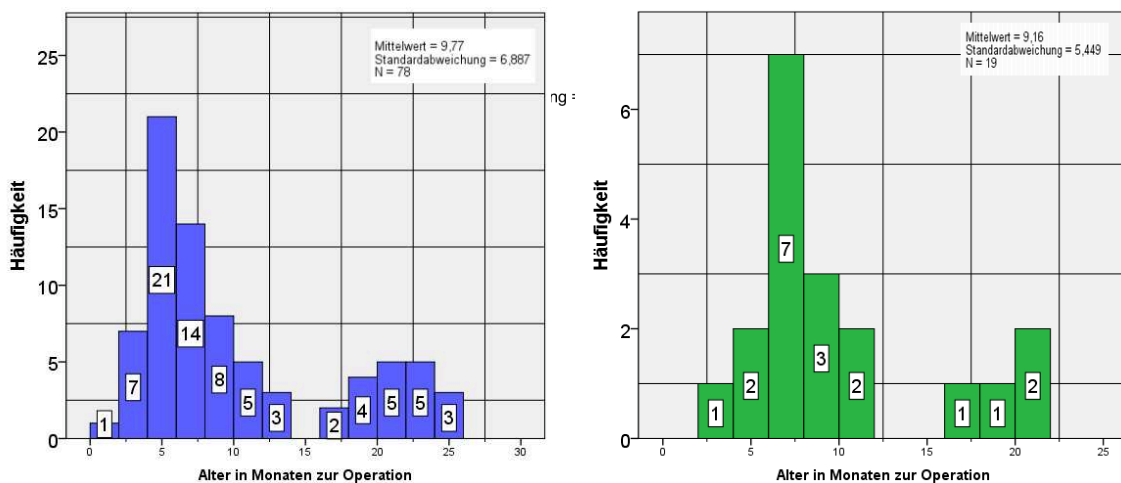


Abbildung 26: Altersverteilung der Patienten in Monaten bei arthroskopischer (links) bzw. offener Reposition (rechts)

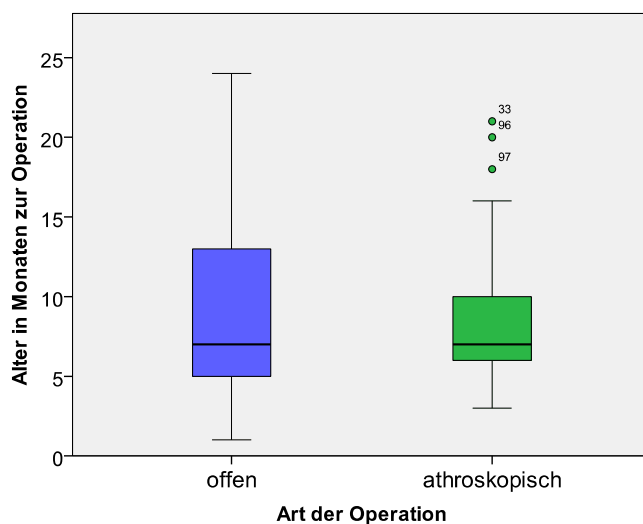


Abbildung 27: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Operation

IV.1.3. Alter zur ersten und zweiten radiologischen Kontrolluntersuchung

Zum Zeitpunkt der ersten radiologischen Kontrolle waren die Patienten im Durchschnitt 23 Monate (Mittelwert: 22,57 Monate, Median: 20 Monate) alt (offen: 23 Monate vs. arthroskopisch: 22 Monate). Die früheste Kontrolle erfolgte in beiden Gruppen mit 12 Monaten. Die späteste Kontrolle unter den offen reponierten Patienten erfolgte mit 42 Monaten und in der arthroskopisch reponierten Gruppe mit 34 Monaten (vgl. Abbildung 28).

Zum Zeitpunkt der zweiten Kontrolle waren die Patienten im Durchschnitt 34 Monate (Mittelwert: 34,17 Monate, Median: 32 Monate) alt (offen: 34 Monate vs. arthroskopisch: 34 Monate). Die früheste Kontrolle eines Patienten erfolgte in der offen reponierten Gruppe mit 23 Monaten und in der arthroskopisch reponierten Gruppe mit 25 Monaten. Die späteste Kontrolle in der offen reponierten Gruppe erfolgte mit 52 Monaten und in der arthroskopisch reponierten Gruppe mit 50 Monaten (vgl. Abbildung 28).

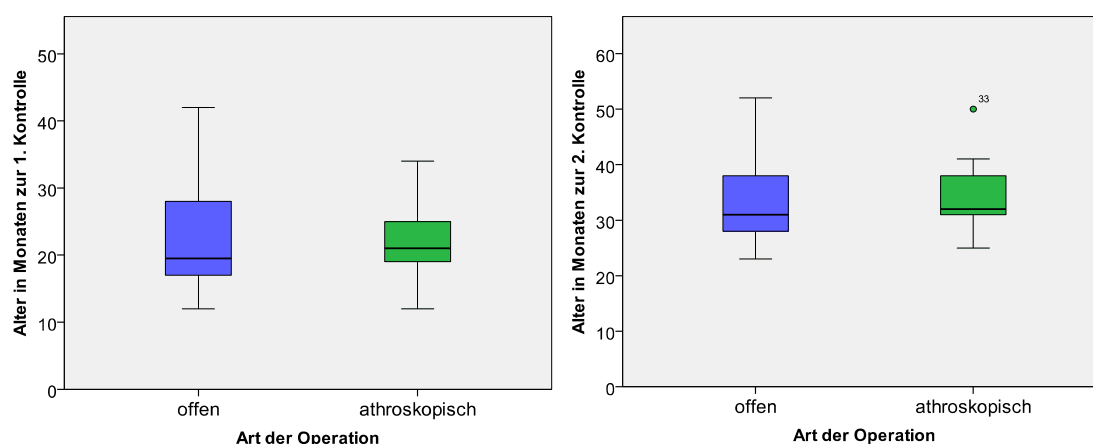


Abbildung 28: Alter in Monaten zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.1.4. Geschlechterverteilung

Im vorliegenden Patientenkollektiv waren von den 78 operierten Patienten 62 Patienten (79,5 %) weiblich und 16 Patienten (20,5 %) männlich. Der Anteil des weiblichen Geschlechts war mit 52 (82,5 %) Patienten zu 11 (17,5 %) männlichen Patienten in der offen reponierten Gruppe höher als unter den arthroskopisch reponierten mit 10 (66,7 %) weiblichen Patienten zu 5 (33,3 %) männlichen Patienten.

IV.1.5. Seitenverteilung

Der operative Eingriff wurde an 54 Gelenken (55,7 %) auf der linken Seite durchgeführt und bei 43 Gelenken (44,3 %) auf der rechten Seite. Die linke Seite wurde bei 43 Hüftgelenken offen und bei 11 Hüftgelenken arthroskopisch reponiert, die rechte Seite entsprechend bei 35 Patienten offen und bei 8 Patienten arthroskopisch. Insgesamt erhielten 19 Patienten eine Operation an beiden Hüftgelenken (offen: 15 Patienten vs. arthroskopisch: 4 Patienten).

IV.1.6. Teratologische Hüftluxation

Insgesamt wurden **18 Patienten** mit teratologischer Hüftluxation in dieser Arbeit berücksichtigt. Davon wurden 4 Patienten arthroskopisch reponiert und 14 Patienten erhielten eine offene Reposition. Bei den genannten 18 Patienten mussten **25 Gelenke** operativ behandelt werden. Das entspricht ungefähr einem Viertel der behandelten Gelenke des Patientenkollektivs. Dies waren im einzelnen 19 (24,4 %) von 78 offenen und 6 (31,6 %) von 19 arthroskopisch reponierten Gelenken (vgl. Abbildung 29). Insgesamt wurden 9 Mädchen (50 %) und 9 Jungen (50 %) mit teratologischer Hüftluxation operiert.

Eine beidseitige Hüftluxation zeigten 7 von 18 Patienten. Von den restlichen 11 Patienten war bei 4 Patienten die rechte Seite und bei 7 Patienten die linke Seite betroffen.

Bezogen auf die 25 Gelenke wurde bei 8 Patienten die rechte und bei 11 Patienten die linke Seite offen reponiert. Die 6 arthroskopischen Einstellungen waren mit je 3 Gelenken pro Seite vertreten.

Die Operationen bei teratologischen Hüftluxationen wurden mit 10 Monaten (Mittelwert: 10,04 Monate, Median: 9 Monate) durchgeführt (offen: 11 Monate vs. arthroskopisch: 8 Monate).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition	Gesamt
Anzahl Patienten	4	14	18
Anzahl Gelenke	6	19	25
Anteil der teratologischen Gelenke	31,6 % (6/19)	24,4% (19/78)	25,8% (25/97)

Abbildung 29: Übersicht teratologischer Hüftluxationen

IV.2. Auswertung zur Operation

IV.2.1. Operateure und Operationslänge

Die betrachteten operativen Eingriffe wurden von unterschiedlichen Operateuren im Olgahospital in Stuttgart durchgeführt. Der offene Eingriff wurde von 5 Operateuren durchgeführt, der arthroskopische Eingriff hingegen von lediglich 2 Operateuren. Ein Operationsbericht konnte nicht in allen Patientenakten gefunden werden und lag nur bei 87 Hüftgelenken vor (offen: 68 Operationsberichte vs. arthroskopisch: 19 Operationsberichte).

Die Dauer der offenen Reposition lag mit **1 Stunde und 30 Minuten** unter der Dauer der arthroskopischen Reposition mit **2 Stunden und 16 Minuten**. Die kürzeste arthroskopische Reposition betrug 1 Stunde und 38 Minuten, die längste 3 Stunden. Bei der offenen Reposition konnte der kürzeste Eingriff in 50 Minuten durchgeführt werden, für die längste offene Reposition wurden knapp 3 Stunden benötigt (2 Stunden und 55 Minuten) (vgl. Abbildung 30).

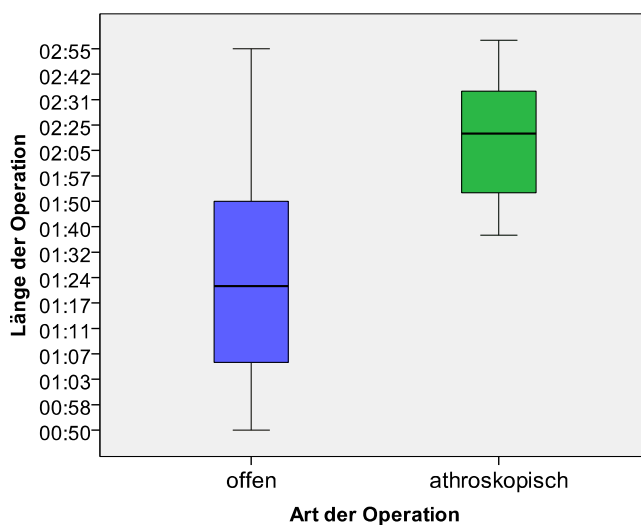


Abbildung 30: Länge des operativen Eingriffs in Stunden und Minuten

IV.2.2. Repositionshindernisse

Besteht eine Hüftluxation über einen längeren Zeitraum geht dies mit Veränderungen von hüftgelenkbildenden Strukturen einher, die eine optimale Reposition verhindern können (vgl. II.1.4). Das Ligamentum teres stellt im verbreiterten und überdehntem Zustand ein zu resezierendes Hindernis dar. Bei allen Gelenken sowohl offen als auch arthroskopisch wurde ein solches Repositionshindernis gefunden und intraoperativ entfernt (vgl. Abbildung 31).

Die Entfernung von Fett- und Bindegewebe, auch Vakutwucherung genannt, aus der leeren Pfanne nach vorangegangener Luxation ist sehr häufig durchgeführt wurden. Bei 81 (93,1 %) von 87 Gelenken wurde eine Ausräumung vorgenommen. Die 6 Gelenke (6,9 %) ohne Ausräumung kamen aus der offen reponierten Gruppe (vgl. Abbildung 31).

Als eines der häufigsten Repositionshindernisse ist neben dem hypertrophierten Ligamentum teres die Verengung der Gelenkkapsel anzusehen. Nur 3 Fälle der arthroskopisch operierten Gelenke zeigten keine Verengung, sodass von einem Kapselrelease abgesehen werden konnte. Intraoperativ war bei allen offen reponierten Gelenke eine Kapsulotomie notwendig (vgl. Abbildung 31).

Auch das Ligamentum transversum acetabuli konnte in 45 (51,7 %) Fällen nicht in seiner veränderten hypertrophen Form (offen: 33 Gelenke vs. arthroskopisch: 12 Gelenke) belassen werden. Es musste 27 mal inzidiert, 17 mal teilweise reseziert und in einem Fall vollständig reseziert werden (vgl. Abbildung 31).

Deutliche Unterschiede in beiden Gruppen zeigten sich auch bei der Durchführung einer Tenotomie des Musculus iliopsoas (offen: 31 Gelenke vs. arthroskopisch: 0 Gelenke) (vgl. Abbildung 31).

Bei keinem der 19 arthroskopisch reponierten Gelenke wurde von einem walzenförmig ausgebuchteten in die Pfanne eingeschlagenen Limbus (hypertrophierten Labrum) gesprochen. Bei den offen reponierten Gelenken wurde es in 22 Fällen beobachtet (vgl. Abbildung 31).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition	Gesamt
Resektion des hypertrophierten Ligamentum capitis femoris	100% (19/19)	100% (68/68)	100% (87/87)
Resektion Pulvinar	100% (19/19)	91,2% (62/68)	93,1% (81/87)
Kapsulotomie/Kapselrelease	84,2% (16/19)	100% (68/68)	96,6% (84/87)
Inzision bis Resektion Ligamentum transversum	63,2% (12/19)	48,5% (33/68)	51,7% (45/87)
Tenotomie des M. iliopsoas	0,0% (0/19)	45,6% (31/68)	35,6% (31/87)
Invertierter knorpeliger Limbus	0,0% (0/19)	32,4% (22/68)	25,3% (22/87)
Resektion eines hypertrophierten knorpeligen Limbus	0,0% (0/19)	1,47% (1/68)	1,15% (1/87)

Abbildung 31: Übersicht der Repositionshindernisse

IV.2.3. Durchführung einer Adduktorentenotomie

Die Adduktorentenotomie wurde bei 19 offen reponierten Gelenken durchgeführt. Davon waren 9 Gelenke einer primär angeborenen teratologischen Form zuzuordnen. Bei dem arthroskopischen Verfahren war eine Adduktortentotomie in 2 Fällen notwendig, wobei beide Gelenke nicht teratologisch waren.

IV.2.4. Kombinationseingriffe

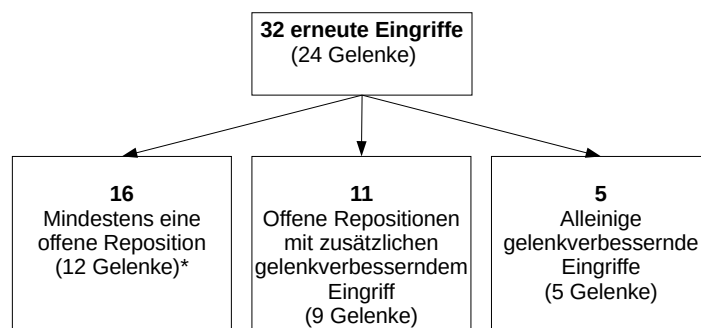
Zusatzeingriffe wurden im Patientenkollektiv in Kombination mit 13 offenen und 4 arthroskopischen Repositionen durchgeführt. Bei den 4 arthroskopischen Einstellungen wurde zusätzlich eine Acetabuloplastik nach Pemberton vorgenommen. Die 13 offenen Repositionen hingegen wurden gemeinsam mit Femurosteotomien oder Beckenosteotomien durchgeführt. Femurosteotomien im Sinne einer Derotations-Varisierungssosteotomie fand an 9 Gelenken statt, eine zusätzliche Femurverkürzung wurde an 4 Hüftgelenken durchgeführt. Das Patientenalter lag zum Zeitpunkt der durchgeführten Kombinationseingriffe bei 20 Monaten. Der früheste Eingriff fand mit 16 Monaten statt, der späteste hingegen mit 24 Monaten.

IV.2.5. Hüftgelenkstransfixation mittels Kirschner-Draht

Bei 35 Gelenken (51,5 %) von 68 offen reponierten Gelenken wurde sich für den Einsatz eines Kirschner-Drahtes entschieden. Bei den 19 arthroskopisch reponierten Gelenken kam kein Kirschner-Draht zum Einsatz.

IV.2.6. Durchführung einer erneuten Operation

Die Notwendigkeit einer erneuten Operation aufgrund einer Relaxation oder einer mangelnden Nachreifung in Form einer Restdysplasie war bei 24 Gelenken (24,7 %) von insgesamt 97 behandelten Gelenken gegeben. Einzelne Gelenke mussten mehrmals operiert werden. Eine genauere Übersicht der unterschiedlich durchgeführten Verfahren liefert Abbildung 32.



* 2 Gelenke wurden mehrfach erwähnt (doppelt) und erhielten jeweils eine alleinige offene Reposition als auch zwei offene Repositionen mit gelenkverbesserndem Eingriff.

Abbildung 32: Übersicht postoperativ erneut durchgeführter Operationen

Im Einzelnen wurden an 19 Gelenken insgesamt 27 offene Repositionen durchgeführt (linker und mittlerer Kasten in Abbildung 32). Die Aufschlüsselung der Anzahl erneuter offener Repositionen zur jeweiligen Gelenkzahl ist in Abbildung 33 dargestellt.

Anzahl Repositionen	Anzahl betroffener Gelenke
1	15
2	1
3	2
4	1

Abbildung 33: Übersicht postoperativ durchgeführter offener Repositionen

Bei 3 Gelenken wurde trotz Dezentrierung und Lateralisierungstendenz keine offene Reposition durchgeführt, sondern ein konservatives Vorgehen bevorzugt. Bei weiteren 2 Gelenken wurden im Rahmen der Lateralisierung ein gelenkverbessernder Eingriff dokumentiert.

IV.2.7. Auftreten von Komplikationen

Postoperativ traten neben den schwerwiegenden Komplikationen wie der Hüftkopfnekrose und einer erneuten Relaxation auch weitere Komplikationen auf. Nach offener Reposition wurde bei 4 Patienten eine Kirschner-Drahtdislokation beobachtet. Dabei kam es bei einem dieser 4 Patienten zu einer Perforation nach abdominell und bei einem weiteren dieser 4 Kinder entwickelte sich eine septische Infektion des Hüftgelenks. Ebenso wurde bei einem Kind nach offener Reposition ein Bruch des Kirschner-Drahtes festgestellt und ein Kind erhielt eine Narbenkorrektur. Bei weiteren 3 Patienten trat während des postoperativen stationären Aufenthalts eine Durchfallerkrankung durch Rota-, Noro- oder Adenoviren verursacht auf. Einer dieser 3 erwähnten Patienten wurde offen reponiert, die verbleibenden 2 Patienten erhielten zuvor eine arthroskopische Reposition. Ebenfalls erlitt ein Kind nach offener Reposition eine Harnwegsinfektion durch *Pseudomonas aeruginosa* bedingt und bei 22 offen operierten Kindern zeigte sich ein erniedrigter postoperativer Hämoglobinwert unter 9 g/dl. Lediglich bei einem Kind wurde nach arthroskopischer Reposition ein erniedrigter Hämoglobinwert dokumentiert (vgl. Abbildung 34).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition
Septische Arthritis	0% (0/19)	1% (1/78)
Kirschner Draht Dislokation	0% (0/19)	5% (4/78)
Kirschner Draht Bruch	0% (0/19)	1% (1/78)
Hämoglobinwert unter 9 g/dl	5% (1/19)	28% (22/78)

Abbildung 34: Übersicht der aufgetretenen Komplikationen

IV.3. Veränderung der Neigung des Schenkelhalses

IV.3.1. Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel)

Der CCD-Winkel im Patientenkollektiv betrug zum ersten Kontrolltermin 127° (Mittelwert: 127,24°, Median 127°). Nach offener Reposition betrug der CCD-Winkel 128° (Mittelwert: 128,12°, Median: 128°). Nach der arthroskopischen Reposition lag der CCD-Winkel bei 124° (Mittelwert: 123,68°, Median: 121°). Bei offener Einstellung betrug der niedrigste CCD-Winkel 92°, der höchste CCD-Winkel betrug 165°. Bei arthroskopischer Behandlung betrug der niedrigste CCD-Winkel 103° und der höchste CCD-Winkel 159° (vgl. Abbildung 35).

Zur zweiten radiologischen Kontrolle lag der CCD-Winkel des Patientenkollektivs bei 129° (Mittelwert: 128,63°, Median: 127°). Nach offener Reposition betrug der CCD-Winkel ebenfalls 129° (Mittelwert: 129,41°, Median: 127°). Der niedrigste CCD-Winkel lag bei 89°, der höchste Wert bei 163°. In der arthroskopischen Gruppe lag der CCD-Winkel bei 126° (Mittelwert: 125,71°, Median: 129°). Niedrigster CCD-Winkel lag bei 103° und der höchste Wert betrug 163° (vgl. Abbildung 35).

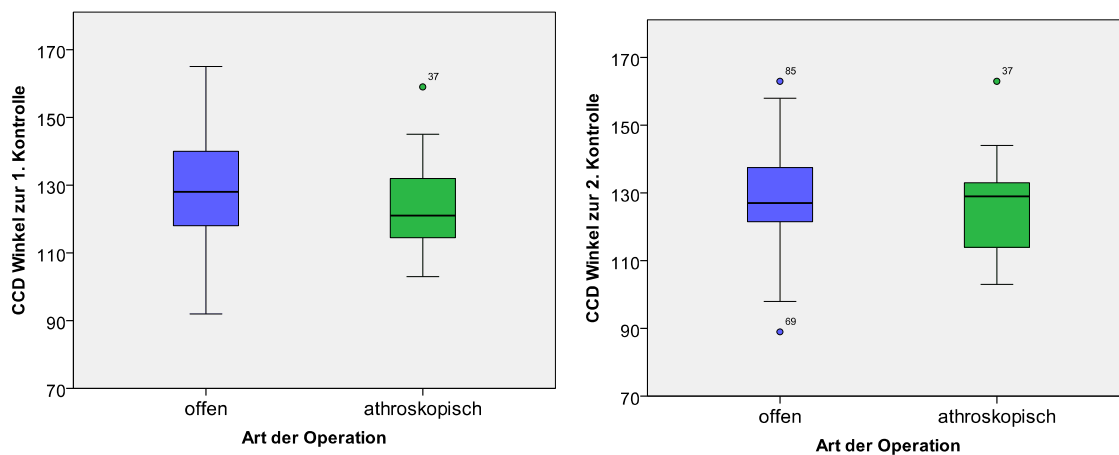


Abbildung 35: CCD- Winkel zur ersten (links) und zweiten (rechts) Kontrolle

IV.3.2. Coxa vara und Coxa valga

Zum ersten radiologischen Erhebungszeitpunkt wurde bei 14 (18,2 %) von 77 offen reponierten Gelenken und nach 5 (26,3 %) von 19 arthroskopischen Repositionen eine Coxa vara festgestellt (vgl. Abbildung 36). Zur zweiten Kontrolle waren weiterhin 5 (29,4 %) von 17 arthroskopische Gelenke betroffen. In der Gruppe der offenen Reposition sank die Zahl auf 7 (10,9 %) von 64 Gelenken (vgl. Abbildung 36).

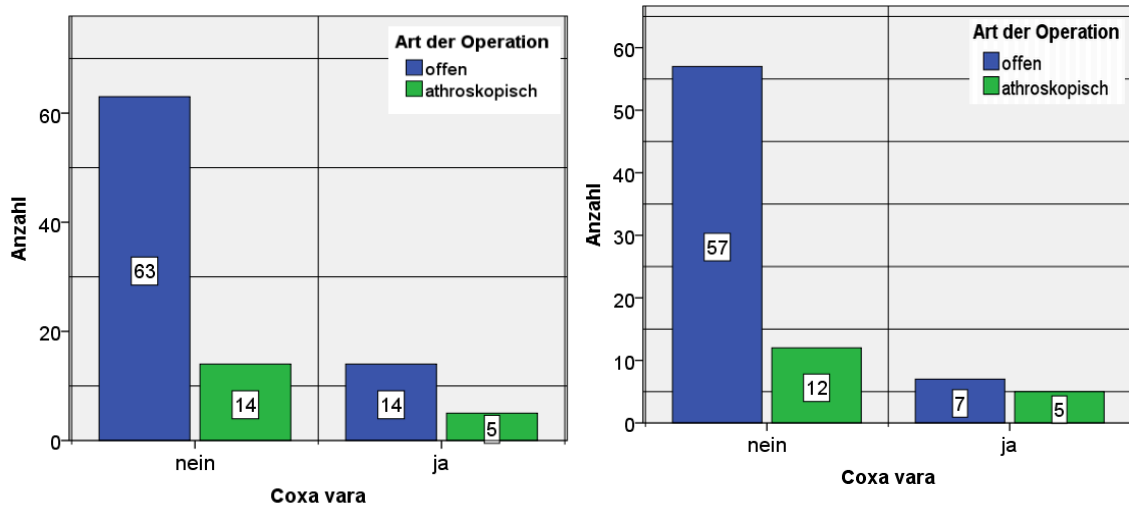


Abbildung 36: Coxa vara zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Nur vereinzelt wurde eine Coxa valga gefunden. Betroffen waren 3 Gelenke zur ersten Kontrolle und 5 Gelenke zur zweiten Kontrolluntersuchung (vgl. Abbildung 37).

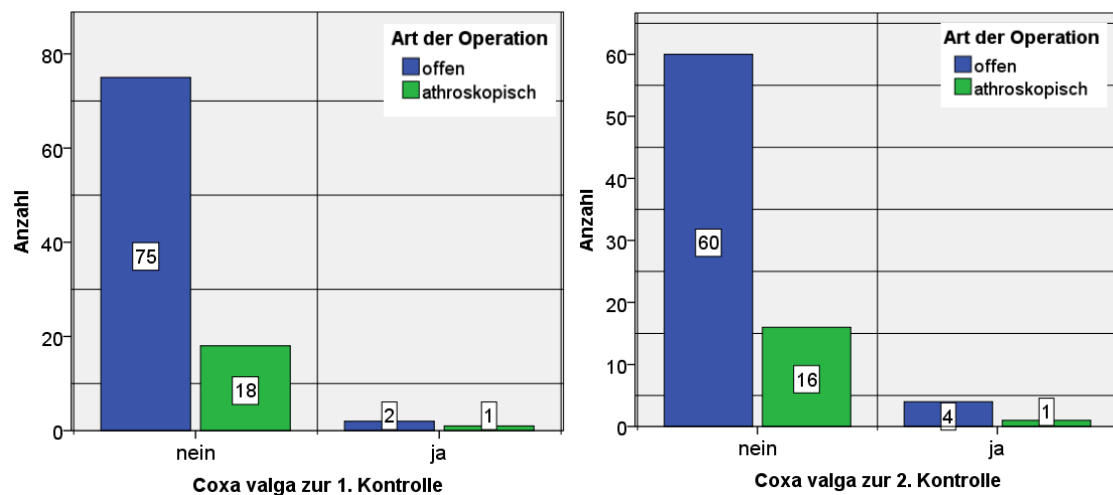


Abbildung 37: Coxa valga zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.4. Qualität der Röntgenbilder

IV.4.1. Beckendrehung

Die Berechnung des Drehungsquotienten wurde unter III.4.4.1 bereits ausführlich beschrieben. Dabei wurde die Empfehlung von TÖNNIS angesprochen, vor allem Röntgenaufnahmen zu verwenden, deren Drehungsquotient zwischen 1,8 und 0,56 liegt (TÖNNIS 1984, S. 116). Diese Aufnahmen wurden unter der Gruppe 'minimal gedreht' zusammengefasst und umfassten insgesamt 88 Gelenke des Patientenkollektivs. Bei stärkeren Abweichungen des Drehungsquotienten wurde von Röntgenbildern mit starker Drehung gesprochen und dies in 6 Fällen zur ersten Kontrolle beobachtet (offen: 5 Gelenke vs. arthroskopisch: 1 Gelenk). Zum zweiten radiologischen Erhebungszeitpunkt konnten lediglich 81 Röntgenbildaufnahmen in Hinblick auf die Ausprägung der Beckendrehung beurteilt werden. Davon zeigten 6 Röntgenbilder, aus der Gruppe der offen reponierten Hüftgelenke eine starke Beckendrehung.

IV.4.2. Beckenaufrichtung und -kipfung

Bei 46 Röntgenbildern zur ersten Kontrolle ergab sich eine zu starke Beckenkipfung nach Ball und Kommenda (offen: 35 Röntgenbilder vs. arthroskopisch: 11 Röntgenbilder). Zur zweiten Kontrolle zeigte sich auf 34 Bildern eine stärkere Beckenkipfung (offen: 26 Röntgenbilder vs. arthroskopisch: 8 Röntgenbilder).

Auf 34 Röntgenbildern zur ersten Kontrolle zeigte sich eine erhöhte Beckenkipfung nach Ermittlung des Symphysen-Sitzbeinwinkels (offen: 24 Röntgenbilder vs. arthroskopisch: 10 Röntgenbilder). Zur zweiten Kontrolle zeigten 11 Gelenke, die offen reponiert wurden eine starke Beckenkipfung und kein Gelenk in der arthroskopischen Gruppe.

IV.4.3. Beckendrehung sowie Beckenaufrichtung und -kipfung

Zur ersten Kontrolle konnte bei 5 Röntgenbildern ein gemeinsames Auftreten von Beckendrehung und abweichendem Symphysen-Sitzbein-Winkels festgestellt werden. Ein gemeinsames Auftreten der Beckenaufrichtung und -kipfung nach Ball und Kommenda sowie eine starke Beckendrehung wurde bei 6 Röntgenaufnahmen gezeigt. Jeweils ein Röntgenbild stammte in beiden Fällen aus der arthroskopischen Gruppe. Zur zweiten Kontrolle waren nur 2 Röntgenbilder mit abweichendem Symphysen-Sitzbein-Winkel und 3 Bilder mit unregelmäßiger Beckenaufrichtung und -kipfung nach Ball und Kommenda sowie verstärkter Beckendrehung vorhanden. Davon stammten alle Bilder aus der Gruppe der offen reponierten Gelenke.

IV.5. Hüftkopfnekrose

IV.5.1. Hinweise für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose

IV.5.1.1 Vorhandensein eines Hüftkopfkerns

Unter III.4.3 wurden die Hinweise auf eine Hüftkopfnekrose nach **SALTER** vorgestellt. 31 Hüftgelenke zeigten präoperativ einen Hüftkopfkern. Hingegen zeigten 60 Gelenke keinen radiologisch sichtbaren Hüftkopfkern zur präoperativen Röntgenaufnahme. 39 Hüftgelenke stammten von Patienten, die nicht älter als 6 Monate waren. 21 Gelenke zeigten Hinweise auf eine Hüftkopfnekrose. Davon stammten 17 Hüftgelenke von Patienten im Alter von 7 bis 12 Monate und 4 Hüftgelenke von Patienten, die älter als 12 Monate waren (vgl. Abbildung 38).

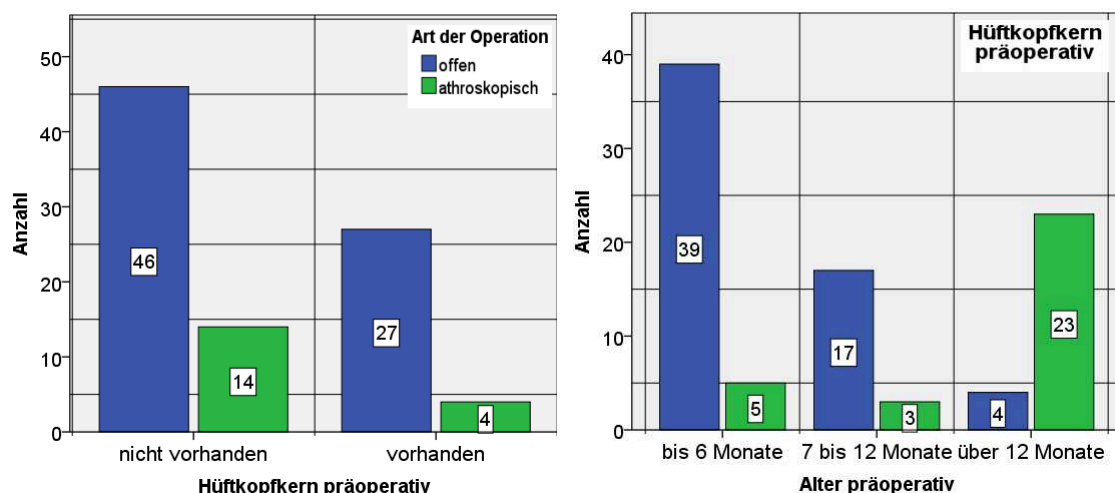


Abbildung 38: Vorhandensein eines Hüftkopfkerns (links) sowie dazugehörige Altersverteilung präoperativ (rechts)

Von den 17 Hüftgelenken ohne Hüftkopfkern im Alter von 7 bis 12 Monaten wurden anschließend 6 Hüftgelenke arthroskopisch und 11 Hüftgelenke offen operiert. Die 4 Gelenke von Patienten, die bereits das erste Lebensjahr überschritten hatten, wurden alle offen operiert.

Zur ersten Kontrolle entwickelten nach offener Reposition 8 (10,3 %) von 78 Hüftgelenke und nach arthroskopischer Reposition 4 (21,1 %) von 19 Hüftgelenke keinen Hüftkopfkern. Zur zweiten Kontrolle zeigten 3 (4,5 %) von 66 offen reponierten Hüftgelenken und 2 (11,7 %) von 17 arthroskopisch reponierten Hüftgelenken keinen Hüftkopfkern (vgl. Abbildung 39).

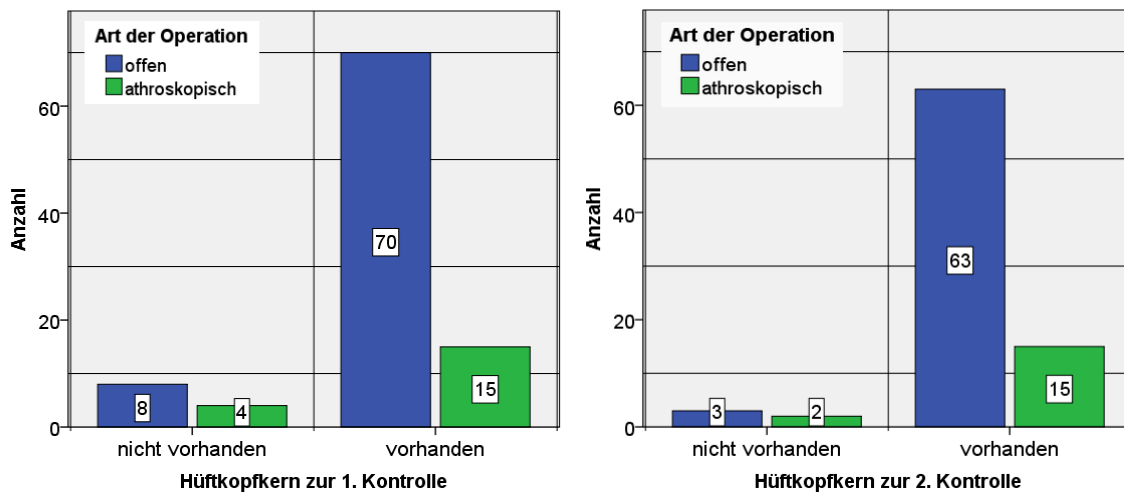


Abbildung 39: Vorhandensein eines Hüftkopfkerns zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.5.1.2 Beurteilung der Veränderungen des Hüftkopfkerns

Die Beurteilung des Aussehens der Hüftkopfkerns erfolgte nur bei Hüftgelenken die bereits einen Hüftkopfkern zeigten. Zur ersten Kontrolle wurden leichte Veränderungen bis hin zu stärkeren Strukturauflockerungen des Hüftkopfkerns bei 69 (83,1 %) der 83 Gelenke mit vorhandenem Hüftkopfkern gefunden. In 8 Fällen (9,6 %) war der Hüftkopfkern massiv geschädigt, sodass sich dieser zerfallen oder mit starken Formveränderungen darstellte. Zur zweiten Kontrolle konnten nur insgesamt 77 Gelenke bezüglich des Aussehens beurteilt werden. Strukturauflockerungen des Hüftkopfkerns wurden bei 48 Gelenken (62,3 %) festgestellt. 11 Hüftkopfkerns (14,3 %) zeigten hingegen starke und ausgeprägte Formveränderungen (vgl. Abbildung 40).

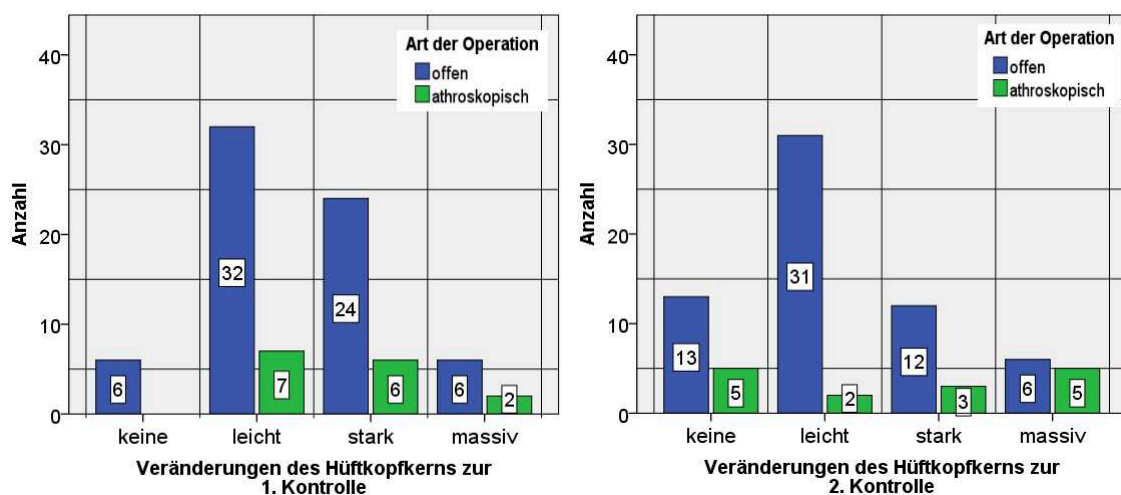


Abbildung 40: Aussehen des Kopfkerns zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.5.1.3 Metaphysäre Veränderungen

Zur ersten Kontrolle zeigte sich eine metaphysäre Veränderung bei 14 (18,2 %) von 77 offen reponierten Hüftgelenken und bei 5 (26,3 %) von 19 arthroskopisch reponierten Hüftgelenken. Zur zweiten Kontrolle wurden metaphysäre Veränderungen an 13 (19,7 %) von 66 offen und 6 (35,3 %) von 17 arthroskopisch reponierten Hüftgelenken sichtbar (vgl. Abbildung 41).

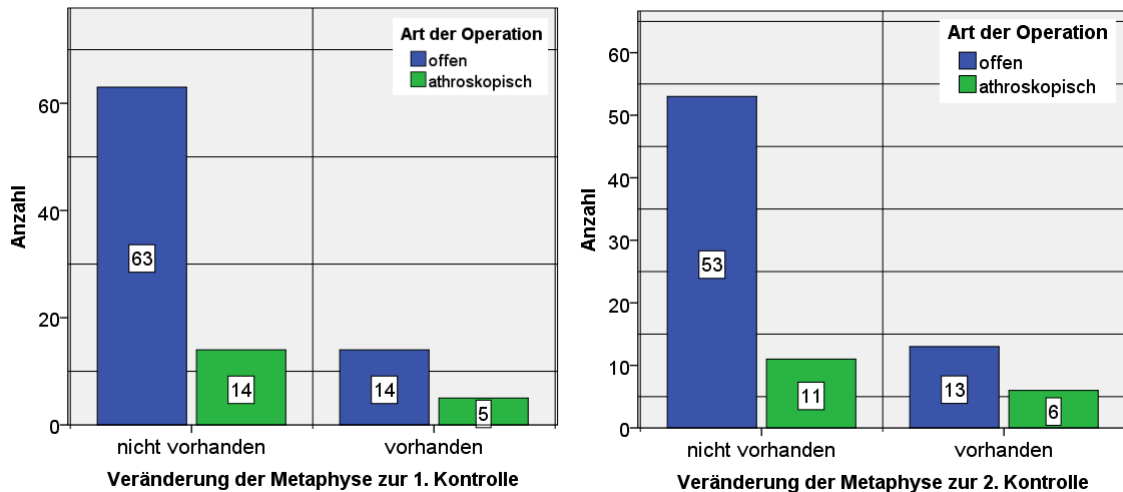


Abbildung 41: Veränderung der Metaphyse zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.5.2. Nachweis einer Hüftkopfnekrose

Bei **23 Gelenken (24 %)** von 96 beurteilten Gelenken des Patientenkollektivs zeigte sich zur ersten Kontrolle ein hoher Grad der Hüftkopfnekrose (Grad III und Grad IV nach Tönnis) und bei **20 Gelenken (24 %)** von 83 beurteilten Gelenken wurde zur zweiten Kontrolle eine schwere Form der Hüftkopfnekrose festgestellt (vgl. Abbildung 42). Eine detailliertere Übersicht der betroffenen offen und arthroskopisch operierten Gelenke liefert Abbildung 43.

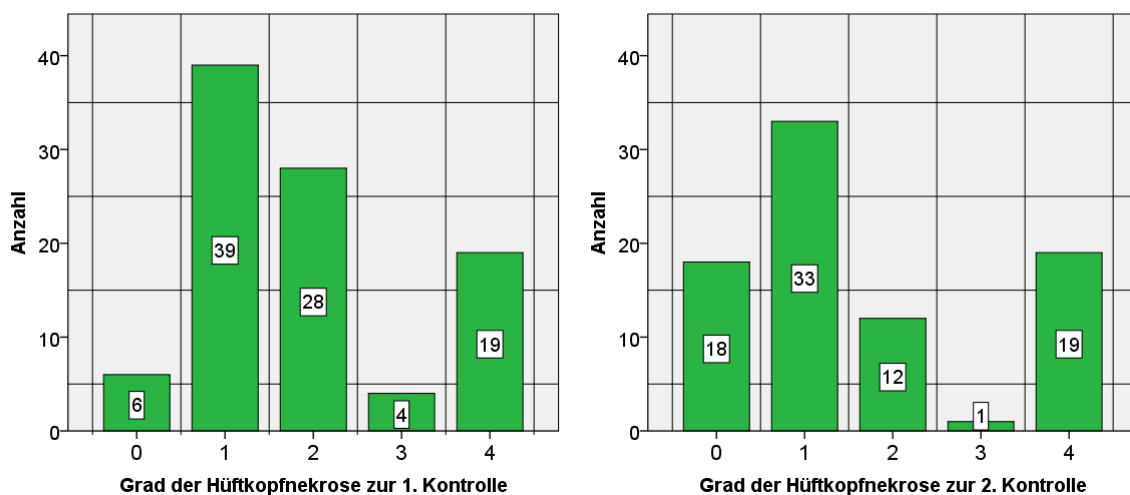


Abbildung 42: Grad der Hüftkopfnekrose zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

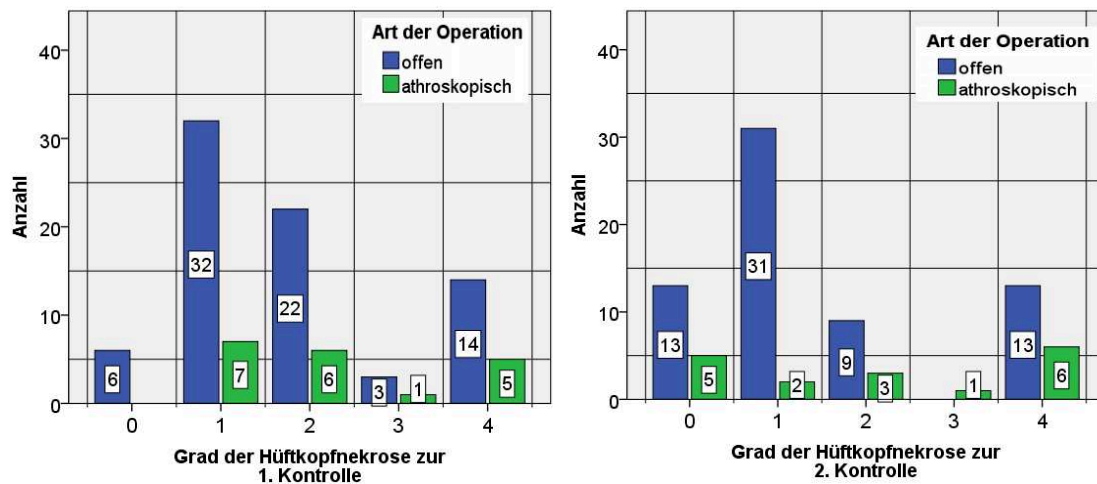


Abbildung 43: Grad der Hüftkopfnekrose in beiden Operationsgruppen zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Eine genauere Darstellung der Entwicklung einer Hüftkopfnekrose bei primär und sekundär angeborener Hüftluxation erfolgte in Abbildung 44. Die weiter differenzierte Darstellung wichtiger Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose wird unter IV.5.3 näher erläutert.

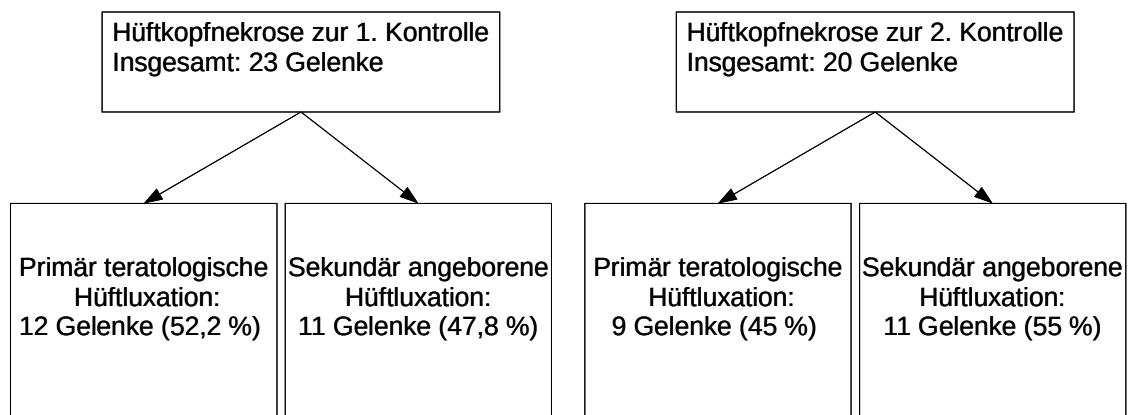


Abbildung 44: Ätiologische Darstellung der Verteilung einer Hüftkopfnekrose

IV.5.3. Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose

IV.5.3.1 Präoperative Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose

Art des operativen Eingriffs

Zur ersten Kontrolle zeigten 23 Gelenke einen hohen Grad der Hüftkopfnekrose (offen: 17 (22,1 %) von 77 Gelenken vs. arthroskopisch: 6 (31,6 %) von 19 Gelenken). Zur zweiten Kontrolle zeigten 20 Gelenke einen hohen Grad der Hüftkopfnekrose (offen: 13 (19,7 %) von 66 Gelenken vs. arthroskopisch: 7 (41,2 %) von 17 Gelenken) (vgl. Abbildung 45).

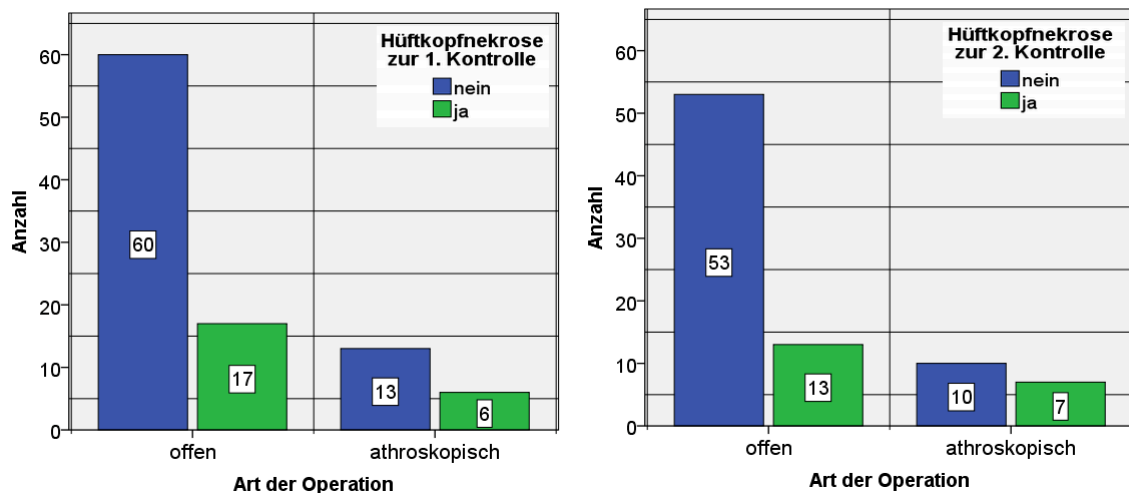


Abbildung 45: Hüftkopfnekrose und Art der Operation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Teratologische Hüftluxation

Bei primärer teratologischer Hüftluxation zeigten zur ersten Kontrolle 12 (48 %) von 25 Gelenken eine Hüftkopfnekrose. Nach zweijähriger Kontrolle waren es 9 (40,9 %) von 22 Hüftgelenken mit teratologischer Hüftluxation, die eine Hüftkopfnekrose entwickelten (vgl. Abbildung 46).

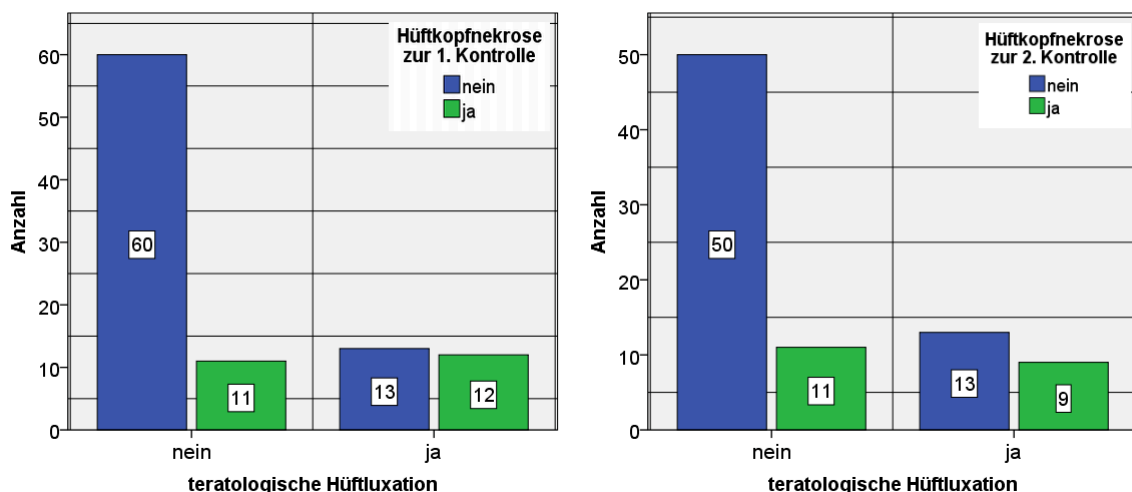


Abbildung 46: Hüftkopfnekrose und Teratologische Hüftluxation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Im Einzelnen zeigten zur ersten Kontrolle 6 (31,6 %) von 19 offen und 6 (100 %) von 6 arthroskopisch reponierten teratologischen Gelenken eine Hüftkopfnekrose. Zur zweiten Kontrolle waren 3 (18,8 %) von 16 offen und 6 (100 %) von 6 arthroskopisch reponierten teratologischen Gelenken mit schwere Hüftkopfnekrose zu finden (vgl. Abbildung 47).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition
1. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	100% (6/6)	31,6% (6/19)
Nicht teratologische Hüftgelenke	0% (0/13)	19% (11/58)
Gesamt	31,6% (6/19)	22,1% (17/77)
2. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	100% (6/6)	18,8% (3/16)
Nicht teratologische Hüftgelenke	9,1% (1/11)	20% (10/50)
Gesamt	41,2% (7/17)	19,7% (13/66)

Abbildung 47: Detaillierte Darstellung des Auftretens einer Hüftkopfnekrose

Alter bei Operation

Hüftgelenke die innerhalb der ersten zwei Jahre nach operativem Eingriff Anzeichen für eine Hüftkopfnekrose entwickelten, waren bei Durchführung der Operation im Vergleich zu Hüftgelenken ohne Hüftkopfnekrose einen Monat jünger (vgl. Abbildung 48). Dies zeigte sich sowohl zur ersten radiologischen Kontrolle (Hüftkopfnekrose: Mittelwert: 8,74 Monate, Median: 8 Monate vs. keine Hüftkopfnekrose: Mittelwert: 9,79 Monate, Median: 6 Monate), als auch zur zweiten radiologischen Kontrolle (Hüftkopfnekrose: Mittelwert: 7,85 Monate, Median: 7,5 Monate vs. keine Hüftkopfnekrose: Mittelwert: 9,24 Monate, Median: 6 Monate) (vgl. Abbildung 48).

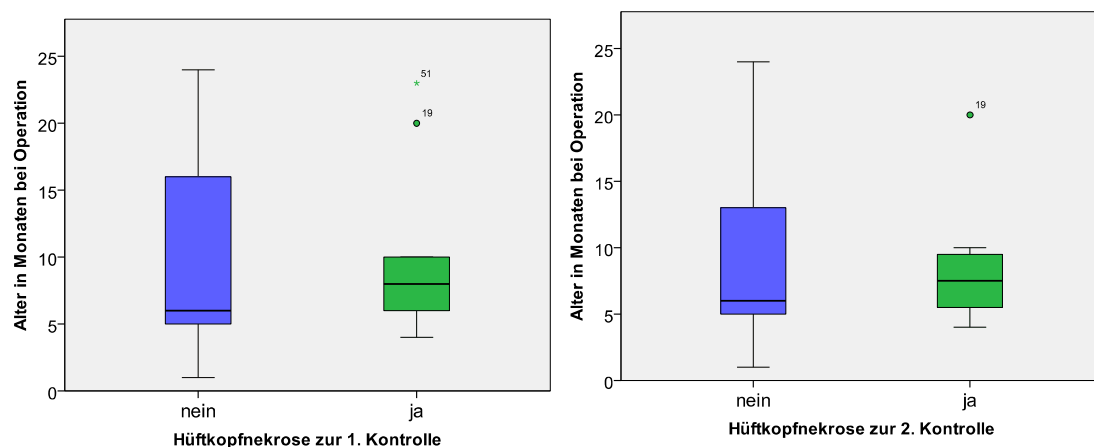


Abbildung 48: Hüftkopfnekrose und Alter in Monaten bei Operation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Auftreten des Hüftkopfkerns

Hüftgelenke, die bis zur ersten Kontrolle eine Hüftkopfnekrose entwickelten, zeigten präoperativ in 14 Fällen keinen Hüftkopfkern und in 4 Fällen war der Hüftkopfkern vorhanden. 9 dieser 18 Hüftgelenke zeigten bereits präoperativ ein verzögertes Auftreten des Hüftkopfkerns (Patient ohne vorhandenen Hüftkopfkern ist älter als 6 Monate) (vgl. Abbildung 49).

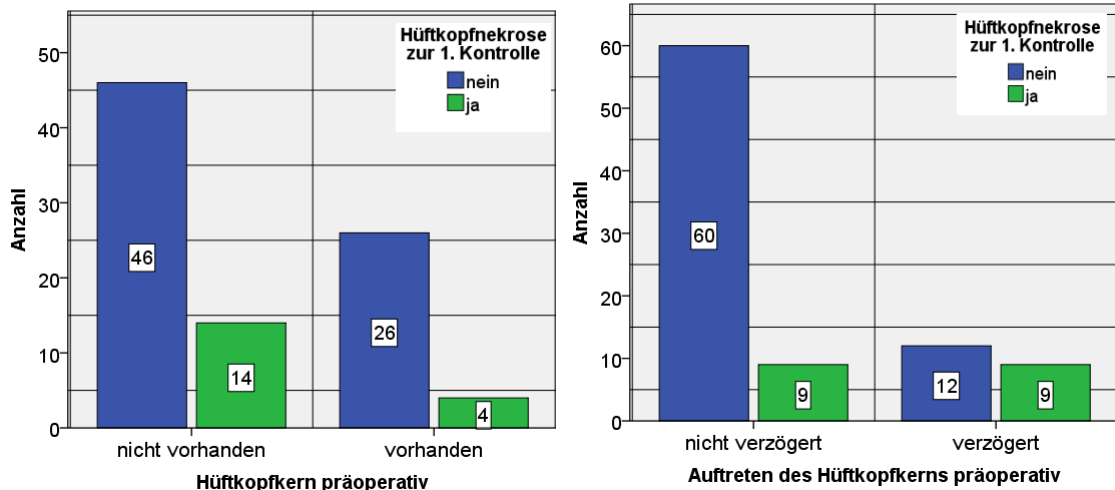


Abbildung 49: Vorhandensein eines Kopfkerns präoperativ (links) sowie verzögertes Auftreten des Kopfkerns (rechts) bei Hüftkopfnekrose zur ersten Kontrolle

Zur zweiten Kontrolle wurde eine Hüftkopfnekrose an 15 Hüftgelenken gefunden, davon zeigte sich bei 12 Hüftgelenken im präoperativen Röntgenbild kein Hüftkopfkern. Bei 7 der 15 Hüftgelenke konnten bereits präoperative Hinweise auf ein verzögertes Auftreten des Hüftkopfkerns festgestellt werden (vgl. Abbildung 50).

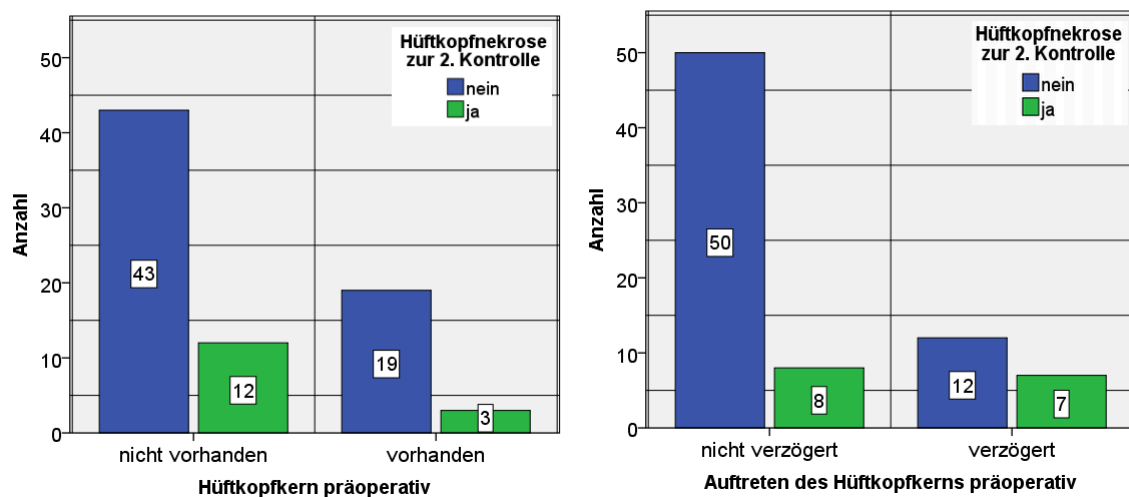


Abbildung 50: Vorhandensein eines Kopfkerns präoperativ (links) sowie verzögertes Auftreten des Kopfkerns (rechts) bei Hüftkopfnekrose zur zweiten Kontrolle

Grad der Hüftluxation präoperativ

Ein Hüftkopfnekrose bei niedrigem präoperativen Luxationsgrad konnte in der ersten und zweiten Kontrolle bei einem Hüftgelenk nachgewiesen werden. Bei einem höheren Luxationsgrad zeigten hingegen 17 (19,1 %) von 89 Hüftgelenken zur ersten und 14 (18 %) von 76 Hüftgelenken zur zweiten Kontrolle eine Hüftkopfnekrose (vgl. Abbildung 51).

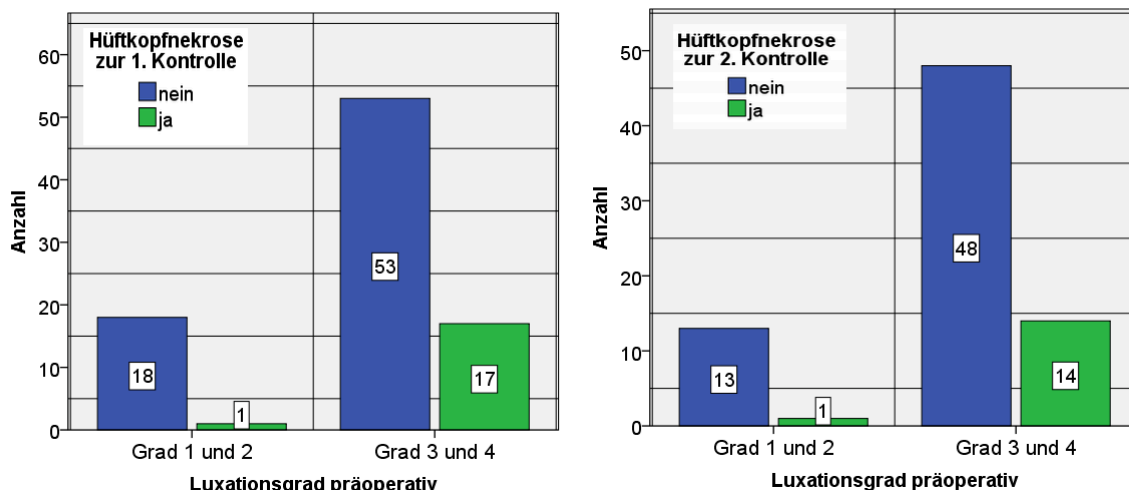


Abbildung 51: Hüftkopfnekrose und präoperativer Luxationsgrad zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Eine Hüftkopfnekrose entwickelte sich bei teratologischen Gelenken mit einem hohen präoperativen Luxationsgrad zur ersten Kontrolle in 10 (58,8 %) von 17 und zur zweiten Kontrolle in 7 (50 %) von 14 Fällen.

Durchführung eines Kombinationseingriffes

Das Auftreten einer Hüftkopfnekrose nach Durchführung eines Kombinationseingriffes wurde zur ersten und zweiten Kontrolle bei einem Hüftgelenk beobachtet. Dies entsprach einer Rate an Hüftkopfnekrosen nach Kombinationseingriff von 4,8 % zur ersten und 5,6 % zur zweiten Kontrolle (vgl. Abbildung 52).

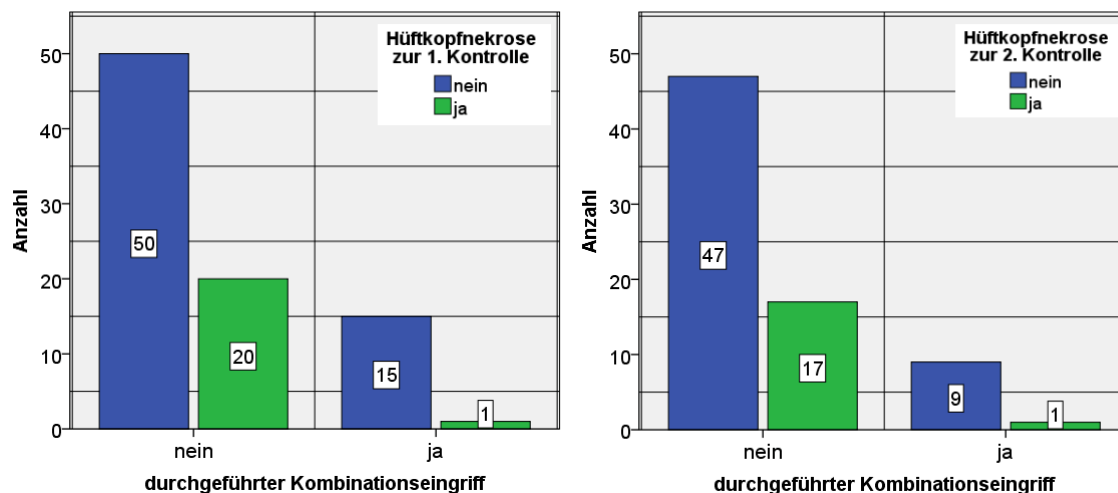


Abbildung 52: Hüftkopfnekrose und Kombinationseingriff zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.5.3.2 Intraoperative Risikofaktoren für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose

Eine Zusammenstellung intraoperativer Risikofaktoren, die einen Einfluss für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose nach zweijähriger Kontrolle darstellen könnten, liefert Abbildung 53. Einen statistisch signifikanten Zusammenhang nach Durchführung des Fisher-Exakt-Tests konnte nur bei dem Vorfinden eines Invertierten knorpeligen Limbus, der Tenotomie des M. iliopsoas und der Adduktoren gefunden werden.

	Hüftkopfnekrose	keine Hüftkopfnekrose	Sig. Fisher Exakt Test (zweiseitig)
Resektion Pulvinar	94,7% (18/19)	96,4% (53/55)	1,000
Inzision bis Resektion Ligamentum transversum	47,4% (9/19)	52,7% (29/55)	0,792
Invertierter knorpeliger Limbus	0% (0/19)	34,5% (19/55)	0,002
Tenotomie des M. iliopsoas	5,3% (1/19)	43,6% (24/55)	0,002
Adduktortenotomie	0% (0/19)	29,1% (16/55)	0,008

Abbildung 53: Übersicht intraoperativer Risikofaktoren für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose bis zur zweiten Kontrolle

IV.5.3.3 Postoperative Risikofaktoren für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose

Eine **Coxa magna** zur zweiten Kontrolle konnte bei 14 Hüftgelenken (offen: 11 Gelenke vs. arthroskopisch: 3 Gelenke) festgestellt werden, wobei zur Coxa magna nur bei 49 Gelenken eine Aussage gemacht werden konnte (vgl. III.4.3.1 Definition Coxa magna). Bei keinem Hüftgelenk mit Coxa magna wurde eine Hüftkopfnekrose beobachtet (vgl. Abbildung 54). Durch die statistische Analyse (Fisher-Exakt-Test) konnte ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Eine Wachstumsminde rung mit **verkleinertem Hüftkopfkern** zeigte sich nach zweijähriger Kontrolle bei 15 Hüftgelenken (offen: 13 Gelenke vs. arthroskopisch: 2 Gelenke). 11 Hüftgelenke (offen: 9 Gelenke vs. arthroskopisch: 2 Gelenke) mit reduziertem Wachstum des Hüftkopfkerns entwickelten eine Hüftkopfnekrose (vgl. Abbildung 54). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen verkleinertem Hüftkopfkern und Hüftkopfnekrose konnte nachgewiesen werden.

Eine **Coxa vara** konnte zur zweiten Kontrolle bei 12 von 81 Hüftgelenken festgestellt werden (offen: 7 Gelenke vs. arthroskopisch: 5 Gelenke). Bei 10 von 12 Hüftgelenken (offen: 5 Gelenke vs. arthroskopisch: 5 Gelenke) fand sich eine Hüftkopfnekrose. Auch hier konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Hüftkopfnekrose und Coxa vara festgestellt werden (vgl. Abbildung 54).

	Hüftkopfnekrose	Keine Hüftkopfnekrose	Sig. Fisher Exakt Test (zweiseitig)
Coxa magna	0% (0/12)	37,8% (14/37)	0,011
verkleinerter Hüftkopfkern	91,7% (11/12)	10,8% (4/37)	0,000
Coxa vara	50% (10/20)	3,3% (2/61)	0,000

Abbildung 54: Gemeinsames Auftreten von Hüftkopfnekrose sowie Veränderungen an Hüftkopfkern und Schenkelhals bis zur zweiten Kontrolle

IV.5.4. Statistische Auswertung

In die binär logistische Regression wurden zum ersten Erhebungszeitpunkt keine Hinweise darauf gefunden, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen Operationsmethode und der Entwicklung einer Hüftkopfnekrose besteht. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hingegen tritt bei teratologischer Hüftluxation eine Hüftkopfnekrose auf ($\alpha = 0,001$). Es konnte ebenfalls eine signifikante Beziehung zwischen dem Vorhandensein eines Hüftkopfkerns und der Entstehung einer Hüftkopfnekrose erkannt werden ($\alpha = 0,049$). Auch bei der Beurteilung durchgeführter Kombinationseingriffe war ein statistisch signifikanter Zusammenhang zu erkennen ($\alpha = 0,044$). Dabei war die Wahrscheinlichkeit nach erhaltenem Kombinationseingriff eine Hüftkopfnekrose zu entwickeln geringer im Vergleich zu Hüftgelenken, die keinen kombinierten Eingriff erhielten (vgl. Tabelle 2).

	B	Standard- fehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Operationsmethode (offen vs. arthroskopische Reposition)	-1,398	0,949	2,172	1	0,141	0,247
teratologische Luxation	3,518	1,103	10,181	1	0,001	33,733
Vorhandener Kopfkern präoperativ	2,264	1,149	3,881	1	0,049	9,624
Geschlecht	0,286	0,949	0,091	1	0,763	1,331
Durchgeführter Kombinationseingriff	-3,031	1,506	4,051	1	0,044	0,048
Konstante	-2,356	1,091	4,663	1	0,031	0,095

Tabelle 2: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Hüftkopfnekrose zur ersten Kontrolle

Zur zweiten Kontrolle konnte neben dem erneut starken, statistischen Zusammenhang zwischen Vorhandensein einer teratologischen Hüftluxation und dem Auftreten einer Hüftkopfnekrose ebenfalls ein weiterer Zusammenhang nachgewiesen werden. Dieser bestand in einer höheren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose nach arthroskopischer Operationsmethode (vgl. Tabelle 3). Eine statistisch signifikante Beziehung konnte bei allen anderen Variablen nicht gezeigt werden.

	B	Standard- fehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Operationsmethode (offen vs. arthroskopische Reposition)	-2,144	0,958	5,007	1	0,025	0,117
teratologische Luxation	2,805	1,096	6,549	1	0,01	16,522
Vorhandener Kopfkern präoperativ	1,904	1,215	2,457	1	0,117	6,715
Geschlecht	0,402	0,985	0,167	1	0,683	1,496
Durchgeführter Kombinationseingriff	-2,215	1,542	2,064	1	0,151	0,109
Konstante	-1,667	1,026	2,641	1	0,104	0,189

Tabelle 3: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Hüftkopfnekrose zur zweiten Kontrolle

IV.6. Relaxation

IV.6.1. Hinweise für das Vorliegen einer Luxation

IV.6.1.1 Luxationsgrad nach dem Arbeitskreis für Hüftdysplasie (AKH)

Vor jedem operativen Eingriff konnte in der präoperativen radiologischen Kontrolle ein Luxationsgrad II bis IV (gemäß dem Arbeitskreis für Hüftdysplasie) festgestellt werden (vgl. Abbildung 55).

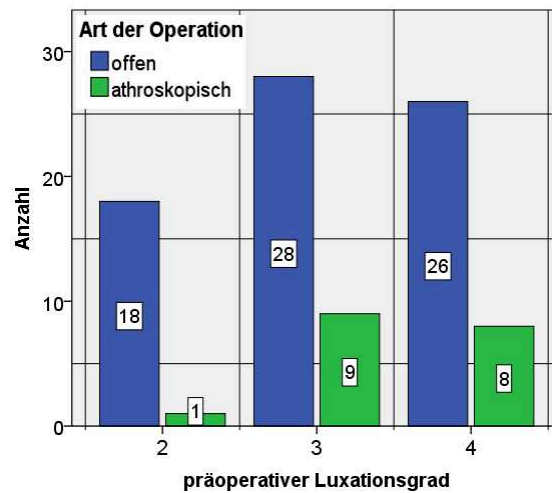


Abbildung 55: Präoperativer Luxationsgrad nach dem Arbeitskreis für Hüftdysplasie

Zur ersten Kontrolle zeigte sich in der Gruppe der offen reponierten Gelenke ein Grad II bis IV an 19 (24,4 %) von 78 Gelenken. In der Gruppe der arthroskopisch reponierten Gelenke wies kein Gelenk einen Luxationsgrad II bis IV auf.

Zur zweiten radiologischen Kontrolle zeigten 5 (7,6 %) von 66 Gelenken, die offen reponiert wurden einen Luxationsgrad II bis IV. Bei den arthroskopisch reponierten Gelenken war weiterhin bei keinem Gelenk der 17 beurteilten Gelenke ein Luxationsgrad II bis IV nachweisbar (vgl. Abbildung 56). Berücksichtigt werden sollte, wie bereits unter III.4.2.1 besprochen, dass es sich bei dem Luxationsgrad I nach dem Arbeitskreis für Hüftdysplasie um zentrierte Hüftgelenke handelt, die dem Normalbefund entsprechen.

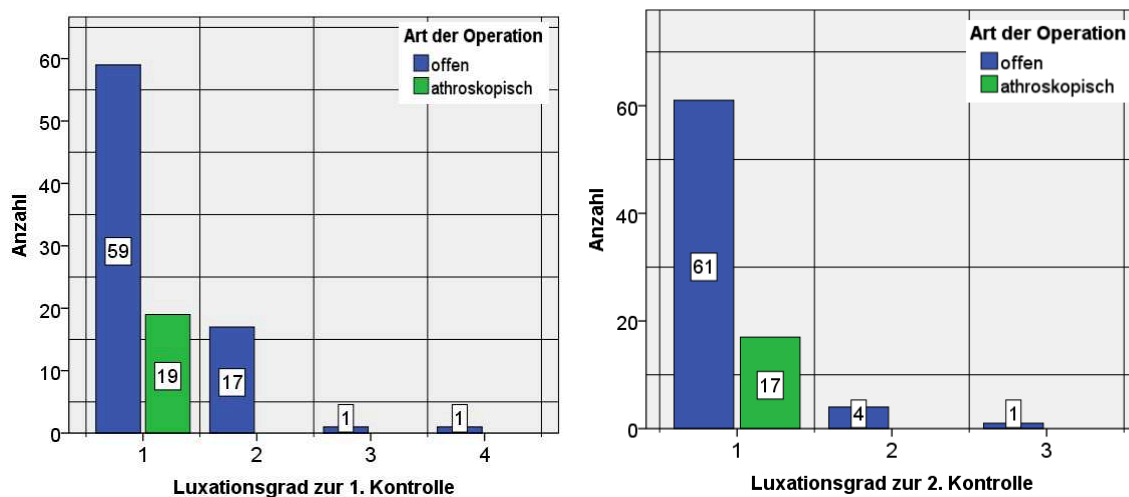


Abbildung 56: Luxationsgrad zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.6.1.2 Kopfkernlage in Quadranten nach Ombrédanne

Durch die Lage des Hüftkopfkerns nach Ombrédanne konnten zur ersten Kontrolle bei insgesamt 18 (23,7 %) von 97 Gelenken Hinweise auf eine Subluxation bis hin zur hohen Luxation festgestellt werden. Davon zählten alle Gelenke zur offen reponierten Gruppe (vgl. Abbildung 57). Zur zweiten Kontrollaufnahme waren es 8 (12 %) von 66 offen operierten Gelenken, die Hinweise auf eine Subluxation bis hin zur hohen Luxation lieferten (vgl. Abbildung 57).

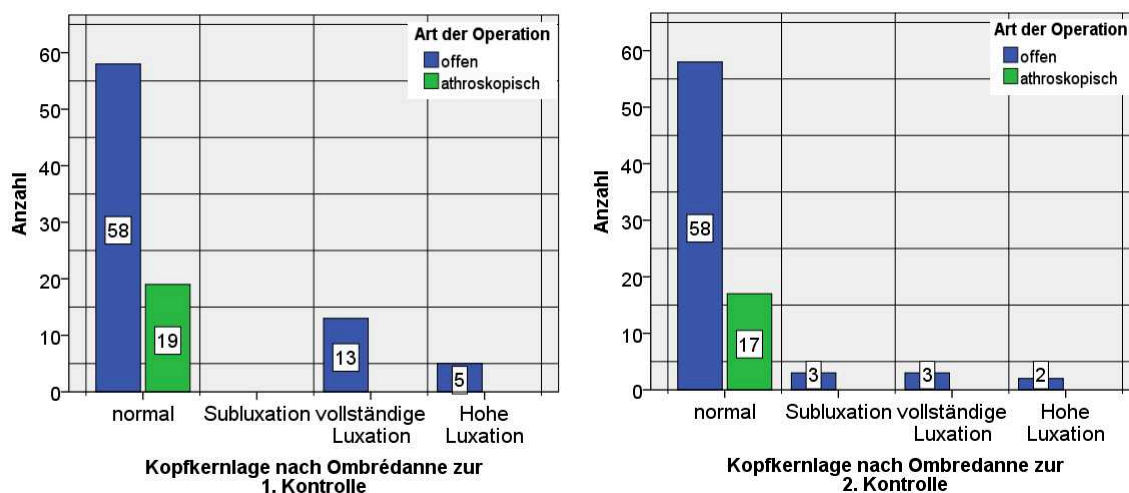


Abbildung 57: Kopfkernlage nach Ombrédanne zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.6.1.3 Ménard-Shenton Linie

Bei 21 (22,8 %) von 92 Gelenken des Patientenkollektivs war die Ménard-Shenton Linie zur ersten radiologischen Kontrolle unterbrochen (offen: 20 Gelenke vs. arthroscopisch: 1 Gelenk). Die Zahl der unterbrochenen Ménard-Shenton Linien sank auf 8 (10,4 %) von 77 beurteilten Gelenken zur zweiten Kontrolle. Alle Gelenke hatten zuvor eine offene Reposition erhalten (vgl. Abbildung 58).

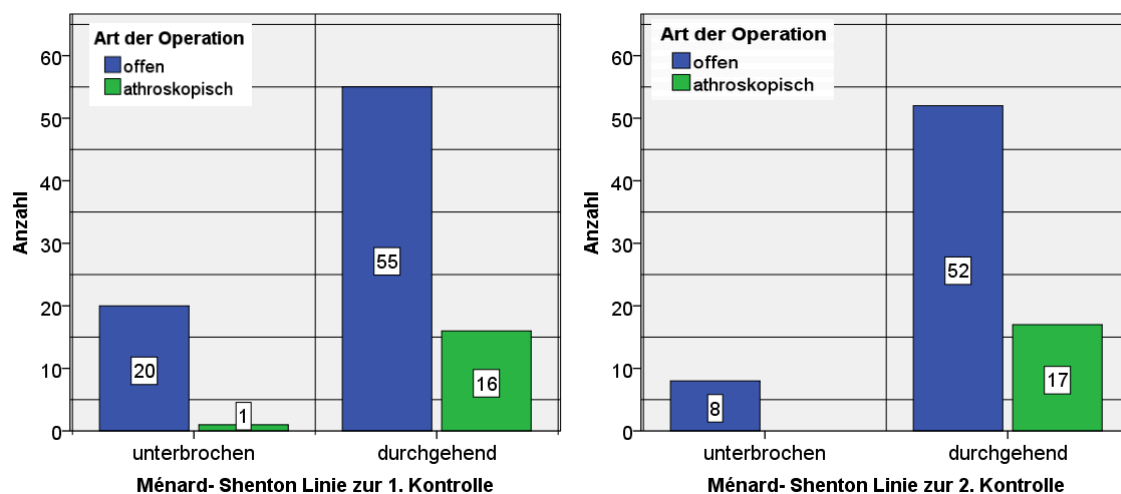


Abbildung 58: Ménard- Shenton Linie zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.6.1.4 Nachweis einer Relaxation

Eine Relaxation wurde bei **19 Hüftgelenken (19,6 %)** bis zur ersten Kontrolle und bei **24 Gelenken (24,7 %)** bis zur zweiten Kontrolle in den Patientenakten dokumentiert. Eine detaillierte Darstellung der Relaxation bei primär und sekundär angeborener Hüftluxation erfolgt in Abbildung 59. Die weitere differenzierte Darstellung wichtiger Risikofaktoren für die Entstehung einer Relaxation wird unter IV.6.2 näher erläutert.

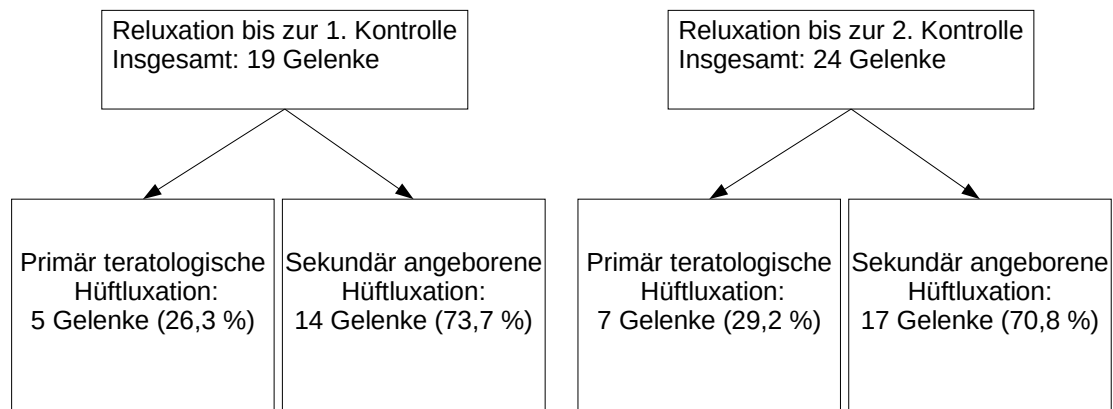


Abbildung 59: Ätiologische Darstellung der Verteilung einer Relaxation

IV.6.2. Risikofaktoren für das Auftreten einer Relaxation

Art des operativen Eingriffs

Zur ersten Kontrolle kam es bei 19 (24,4 %) von insgesamt 78 offen reponierten Gelenken zu einer Relaxation. Bei den arthroskopisch durchgeführten Einstellungen wurde keine Relaxation in der Patientendokumentation verzeichnet (vgl. Abbildung 60).

Zur zweiten Kontrolle nahm die Zahl der Relaxationen um weitere 5 Gelenke zu, sodass innerhalb der offen reponierten Gelenke 24 (30,8 %) von insgesamt 78 Gelenken mit einer Relaxation in der Dokumentation vermerkt wurden. Bei den arthroskopisch reponierten Gelenken wurde keine Relaxation dokumentiert (vgl. Abbildung 60).

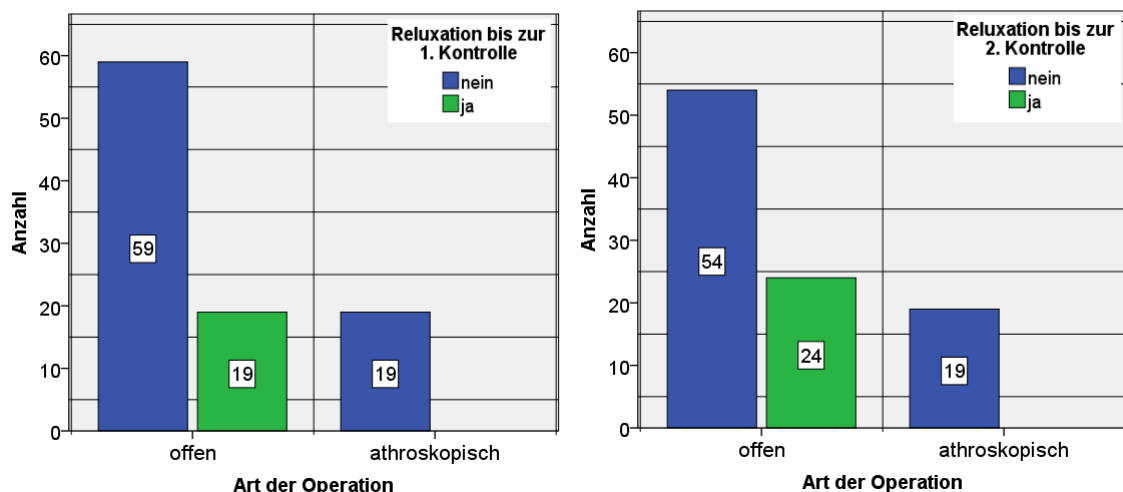


Abbildung 60: Relaxation und Art der Operation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Teratologische Hüftluxation

Von den behandelten 25 Hüftgelenken mit teratologischer Genese traten 5 Relaxationen (20 %) bis zur ersten Kontrolle und 7 Relaxationen (28 %) bis zur zweiten Kontrolle auf (vgl. Abbildung 61).

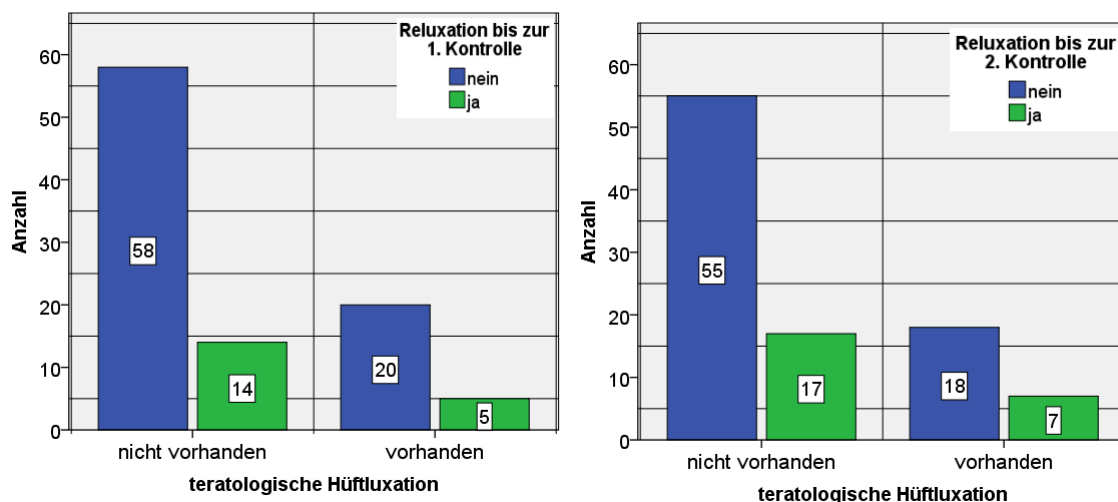


Abbildung 61: Relaxation und Teratologische Hüftluxation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Zur ersten Kontrolle trat bei 5 (26,3 %) von 19 offen reponierten teratologischen Hüftgelenken eine Relaxation auf (bei keinem arthroskopisch reponierten Gelenk). Zur zweiten Kontrolle war bei 7 (36,8 %) von 19 offen reponierten Hüftgelenken eine Relaxation zu finden (bei keinem arthroskopisch reponierten Gelenk) (vgl. Abbildung 62).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition
1. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	0% (0/6)	26,3% (5/19)
Nicht teratologische Hüftgelenke	0% (0/13)	23,7% (14/59)
Gesamt	0% (0/19)	24,4% (19/78)
2. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	0% (0/6)	36,8% (7/19)
Nicht teratologische Hüftgelenke	0% (0/13)	28,8% (17/59)
Gesamt	0% (0/19)	30,8% (24/78)

Abbildung 62: Detaillierte Darstellung des Auftretens einer Relaxation

Präoperativer Luxationsgrad

Von den Hüftgelenken bei denen präoperativ ein Luxationsgrad III und IV vorlag, entwickelten 16 (22,5 %) von 71 Hüftgelenken zur ersten und 20 (28,1 %) von 71 Hüftgelenken zur zweiten Kontrolle eine Relaxation (vgl. Abbildung 63).

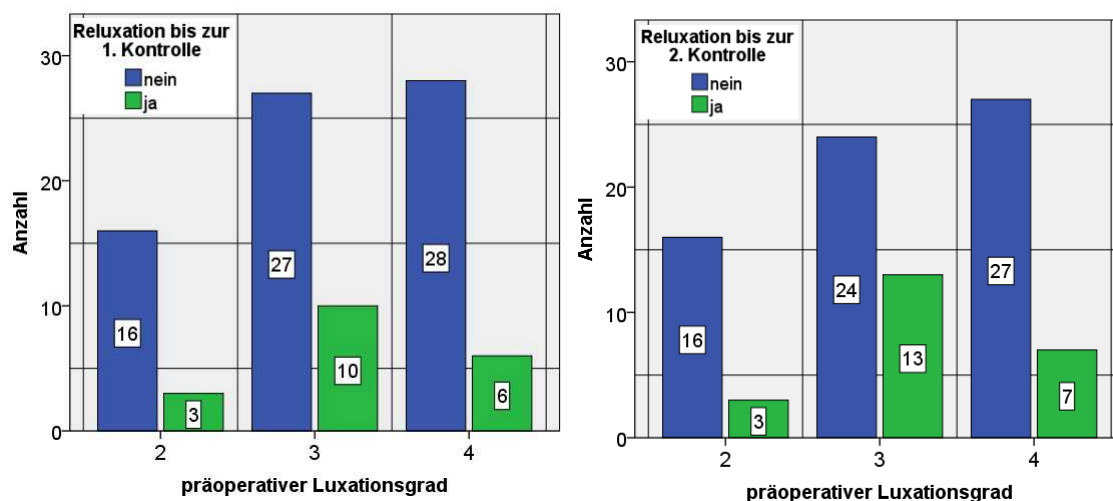


Abbildung 63: Relaxation und präoperativer Luxationsgrad zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Kombinationseingriff

Eine Relaxation nach Kombinationseingriff trat bei 3 (17,6 %) von 17 Gelenken zur ersten und 4 (23,5 %) von 17 Gelenken zur zweiten Kontrolle auf (vgl. Abbildung 64).

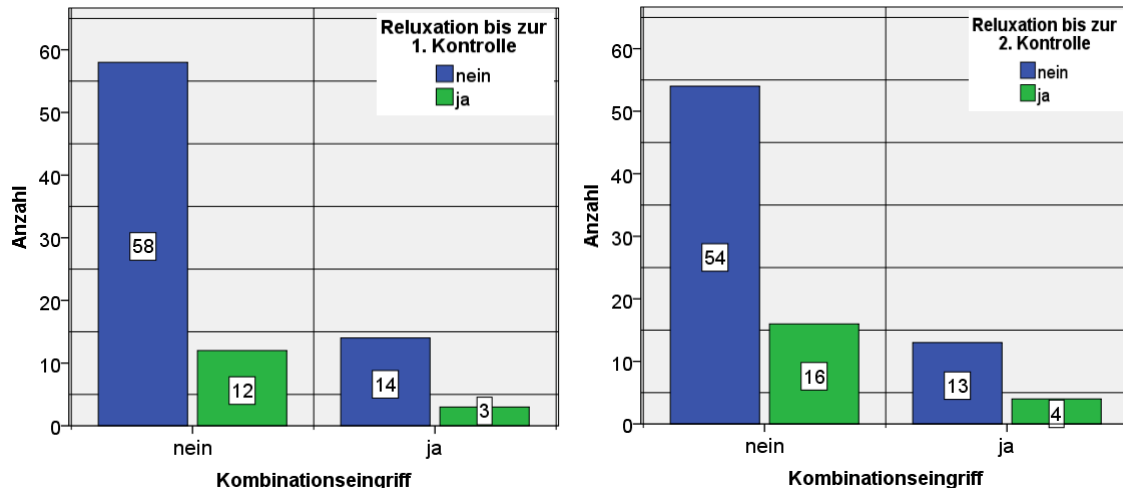


Abbildung 64: Relaxation und Kombinationseingriff zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Transfixation mit einem Kirschner-Draht

Eine offene Reposition mit Transfixation durch einen Kirschner-Draht wurde bei 35 Gelenken durchgeführt. Davon kam es bei 9 offen reponierten Gelenken (25,7 %) zu einer Relaxation bis zur ersten Kontrolle. Zur zweiten Kontrolle zeigten 11 (31,4 %) von 35 offen reponierten Gelenken mit Transfixation eine Relaxation. Eine Transfixation mittels Kirschner-Drähten wurde bei arthroskopischer Operation nicht durchgeführt (vgl. IV.2.5).

IV.6.3. Statistische Auswertung

Da in der arthroskopischen Gruppe keine Relaxation aufgetreten waren, kann das binär logistische Regressionsmodell nur mithilfe des Bootstrap zur Beurteilung der Zusammenhänge zwischen der Operationsmethode und Relaxation verwendet werden. Nach wiederholtem Ziehen von 2000 Stichproben wurde deutlich, dass im gewählten Regressionsmodell ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der offenen Operationsmethode und dem Auftreten einer Relaxation nachgewiesen werden konnte ($\alpha = 0,004$). Die Überprüfung mittels Fisher-Exakt-Test bestätigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen einer Relaxation und der offenen Operationsmethode (Exakte Sig. (zweiseitig) $\alpha = 0,02$). Eine weitere signifikante Beziehung konnte zwischen dem männlichen Geschlecht und dem Auftreten einer Relaxation ermittelt werden (vgl. Tabelle 4). Alle anderen Risikofaktoren zeigten keinen signifikanten Zusammenhang.

Bootstrap ^a	B	Verzerrung	Standardfehler	Sig.(2-seitig)	95 % Konfidenzintervall	
					Unterer	Oberer
Operationsmethode	-20,955	-5,126	8,296	0,004	-40,297	-19,25
Teratologische Luxation	-2,637	-7,2	11,553	0,138	-40,899	0,306
Luxationsgrad präoperativ	0,395	0,176	0,794	0,477	-0,708	2,144
Geschlecht	-2,739	-6,367	9,436	0,024	-23,165	-0,226
Kirschnerdraht verwendet	0,078	0,125	1,729	0,912	-1,59	2,321
Konstante	0,277	5,56	8,028	0,539	-3,873	18,906

Tabelle 4: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Relaxation zur ersten Kontrolle

Zur zweiten Kontrolle konnte ebenfalls durch die binär logistische Regressionsanalyse mithilfe des Bootstrap festgestellt werden, dass eine erhöhte Wahrscheinlichkeit bei offener Reposition für das Auftreten einer Relaxation besteht ($\alpha = 0,004$) (vgl. Tabelle 5). Auch der Fisher-Exakt-Test zeigte, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Relaxation und der Operationsmethode vorliegt (Exakte Sig. (zweiseitig) = 0,001).

Bootstrap ^a	B	Verzerrung	Standardfehler	Sig.(2-seitig)	95 % Konfidenzintervall	
					Unterer	Oberer
Operationsmethode	-20,846	-2,159	5,901	0,004	-39,578	-19,696
Teratologische Luxation	-1,289	-3,23	8,756	0,249	-24,699	0,826
Luxationsgrad präoperativ	0,117	0,126	0,662	0,789	-0,753	1,38
Geschlecht	-1,651	-2,699	7,067	0,051	-21,874	0,539
Kirschnerdraht verwendet	-0,183	-0,015	1,295	0,782	-1,729	1,309
Konstante	0,475	2,209	6,439	0,652	-3,948	19,219

Tabelle 5: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Relaxation zur zweiten Kontrolle

IV.7. Hüftdysplasie und Restdysplasie

IV.7.1. Hinweise auf das Vorliegen einer Hüftdysplasie

Bei der Auswertung des präoperativ gemessenen AC-Winkels zeigte sich im Patientenkollektiv ein Wert von 33° (Mittelwert: 33,05°, Median: 33°). Der Mittelwert vor offener Reposition lag ebenfalls bei 33,08° (Median: 33°) und vor arthroskopischer Einstellung bei 32,94° (Median: 33,5°). In beiden Gruppen lagen die niedrigsten AC-Winkel nahe beieinander, vor offener Reposition bei 21° und vor arthroskopischer Einstellung bei 22°. Der höchste AC-Winkel betrug sowohl vor offener als auch arthroskopischer Operation 45° (vgl. Abbildung 65).

Die präoperative Ermittlung eines pathologischen AC-Winkels bestätigte bei 14 (73,7 %) von 19 später arthroskopisch reponierten Hüftgelenken eine vorhandene Hüftdysplasie, als auch bei 46 (63,9 %) von 72 anschließend offen reponierten Gelenke (vgl. Abbildung 65).

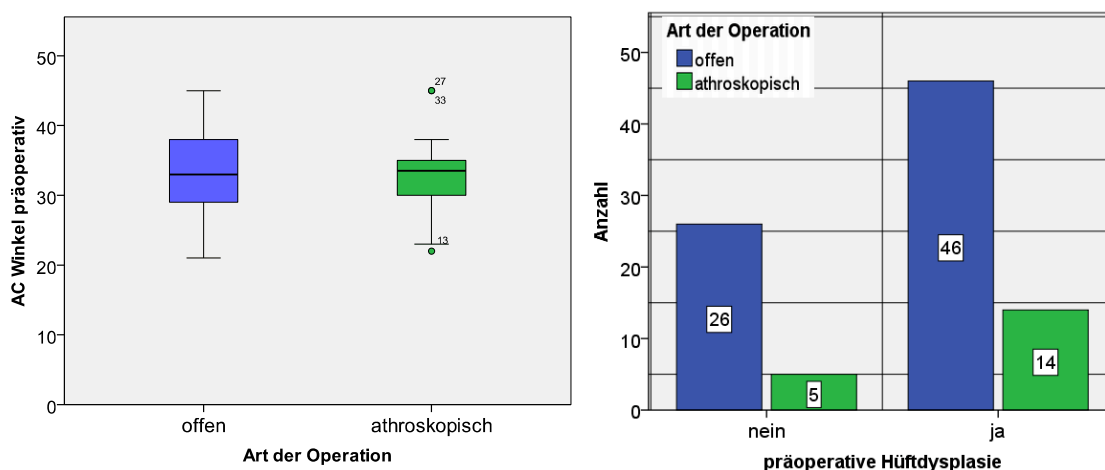


Abbildung 65: Verteilung des AC-Winkels (links) und Vorliegen einer Hüftdysplasie (rechts) präoperativ

IV.7.2. Hinweise auf das Vorliegen einer Restdysplasie

IV.7.2.1 Berechnung des AC-Winkels

Bei Beurteilung der Röntgenbilder zur ersten Kontrolle (Alter: 23 Monate, vgl. IV.1.3) zeigte sich im Patientenkollektiv ein AC-Winkel von 28° (offen: Mittelwert: 28,76°, Median: 29° vs. arthroskopisch: Mittelwert: 23,63°, Median: 25°) (vgl. Abbildung 66).

Der AC-Winkel zur zweiten Kontrolle (Alter von 34 Monaten, vgl. IV.1.3) lag im Patientenkollektiv bei 25° (offen: Mittelwert: 25,95°, Median: 27° vs. arthroskopisch: Mittelwert: 23,47°, Median: 25°) (vgl. Abbildung 66).

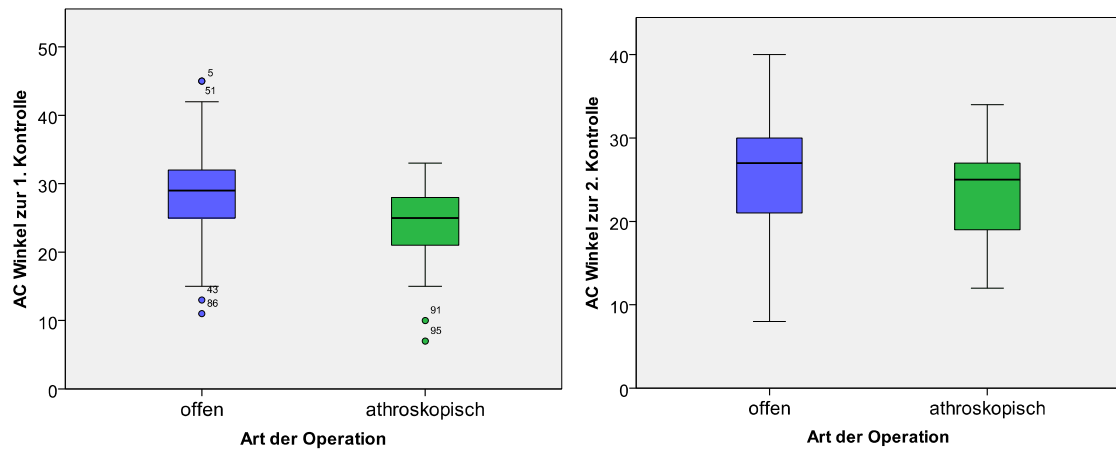


Abbildung 66: AC-Winkels zur ersten (links) und zur zweiten Kontrolle (rechts)

IV.7.2.2 Beurteilung des AC-Winkels

Im Patientenkollektiv wurde bei **46 Gelenken (47,4 %)** von insgesamt 97 Gelenken zur ersten Kontrolle ein schwer oder extrem pathologischem AC-Winkel gemessen, davon wurden 41 offen und 5 arthroskopisch reponiert. Diese Gelenke lieferten somit den Hinweis auf den Verbleib einer Restdysplasie. Die verbleibenden 51 Gelenke (52,6 %) konnten zur ersten Kontrolluntersuchung aufgrund eines niedrigeren AC Winkels als normal oder leicht pathologisch eingestuft werden (vgl. Abbildung 67).

Zur zweiten Kontrolle zeigten **39 (47 %)** von 83 beurteilten Gelenken einen pathologischen AC-Winkel (offen: 34 Gelenke vs. arthroskopisch: 5 Gelenke) (vgl. Abbildung 67).

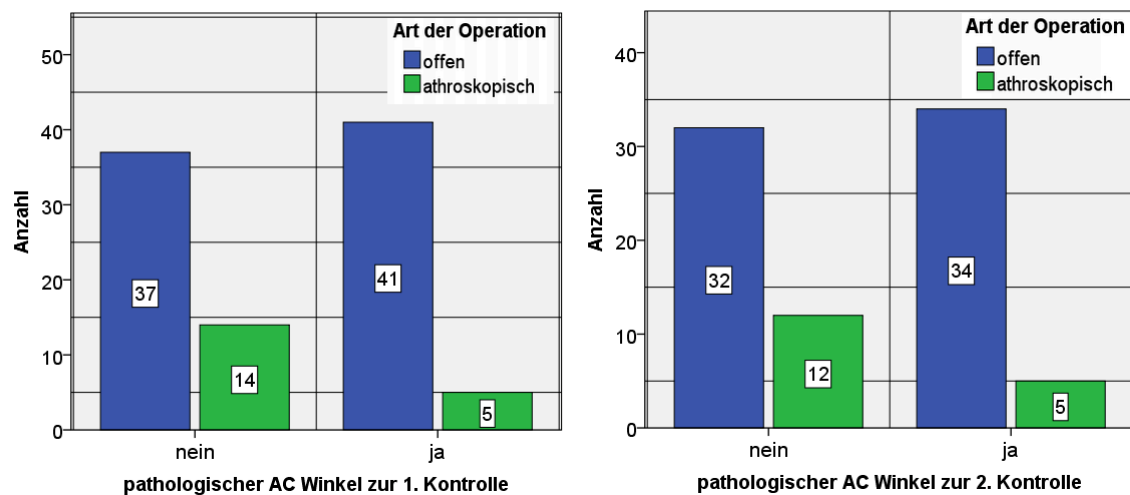


Abbildung 67: Pathologischer AC-Winkel zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.7.2.3 Durchführung erneuter gelenkverbessernder Maßnahmen

Durch alleinigen Verbleib einer ausgeprägten residuellen Hüftdysplasie waren 5 Eingriffe an 5 Gelenken in Form einer Becken- und/oder Femurosteotomie innerhalb des zweijährigen Beobachtungszeitraums notwendig (vgl. Abbildung 68).

Trat eine Reluxation oder Subluxation auf, war zusätzlich eine offene Reposition erforderlich. Bis zur ersten radiologischen Kontrolle wurden 5 Eingriffe bei 3 Gelenken dokumentiert (vgl. Abbildung 68). Innerhalb des zweijährigen Beobachtungszeitraums stieg die Anzahl der durchgeführten offenen Reposition mit gelenkverbessernden Maßnahmen auf insgesamt 11 Eingriffe an 9 Gelenken an. Innerhalb der arthroskopischen operierten Gruppe waren bis zu diesem Zeitpunkt noch keine gelenkverbessernden Maßnahmen notwendig.

Insgesamt wurden somit 16 Eingriffe an 14 Gelenken durchgeführt.

Zeitpunkt	Eingriffs-nr.	Pat.-nr.	Seite	offene Reposition	Femurosteotomie		Beckenosteotomie		
					Intertrochantäre Varisierungs-Osteotomie (IVDO)	Alleinige Rotations-Osteotomie	Acetabuloplastik nach Pemberton	Acetabuloplastik nach Dega	Salter Osteotomie
bis zur 1. Kontrolle	1	1*	li		x		x		
	2	2	re	x	x		x		
	3		re	x	x		x		
	4	3	re	x		x			
	5		re	x				x	
	6		4	li	x	x			
	7	5*	li		x		x		
bis zur 2. Kontrolle	8	6	li	x	x		x		
	9		re	x	x		x		
	10	7	li	x	x				
	11	8	li	x	x		x		
	12		re	x	x		x		
	13	9	re	x			x		
	14	10*	re		x				x
	15	11*	re		x		x		
16	12*	re				x			

* = Operation aufgrund persistierender Hüftdysplasie

Abbildung 68: Darstellung aller erneuten Operationen mit gelenkverbesserndem Eingriff

IV.7.2.4 Tränenfigur

Eine fehlende Tränenfigur zeigte sich zur ersten Kontrolle bei 16 (17 %) von 94 Gelenken (offen: 13 Gelenke vs. arthroskopisch: 3 Gelenke). Zur zweiten Kontrolle war die Tränenfigur bei 5 (6,1 %) von 82 Gelenken nicht vorhanden (offen: 3 Gelenke vs. arthroskopisch: 2 Gelenke) (vgl. Abbildung 69).

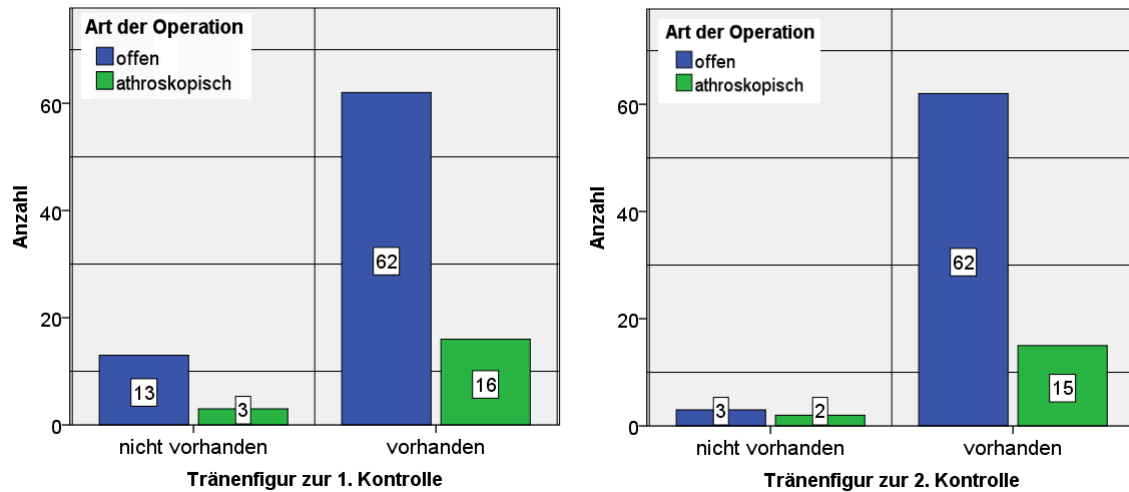


Abbildung 69: Nachweis einer Tränenfigur zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.7.3. Nachweis einer Restdysplasie

Die Ermittlung einer Restdysplasie erfolgte wie bereits unter III.2 beschrieben. Zur ersten Kontrolle waren **49 (50,5 %)** von insgesamt 97 Hüftgelenken betroffen. Zwei Jahre nach operativem Eingriff waren es **45 Hüftgelenke (54,2 %)** von 83 beobachteten Gelenken. Eine detaillierte Darstellung des Auftretens einer Restdysplasie bei primär und sekundär angeborener Hüftluxation erfolgte in Abbildung 70. Die weitere differenzierte Darstellung wichtiger Risikofaktoren für die Entstehung einer Restdysplasie wird unter IV.7.4 näher erläutert.

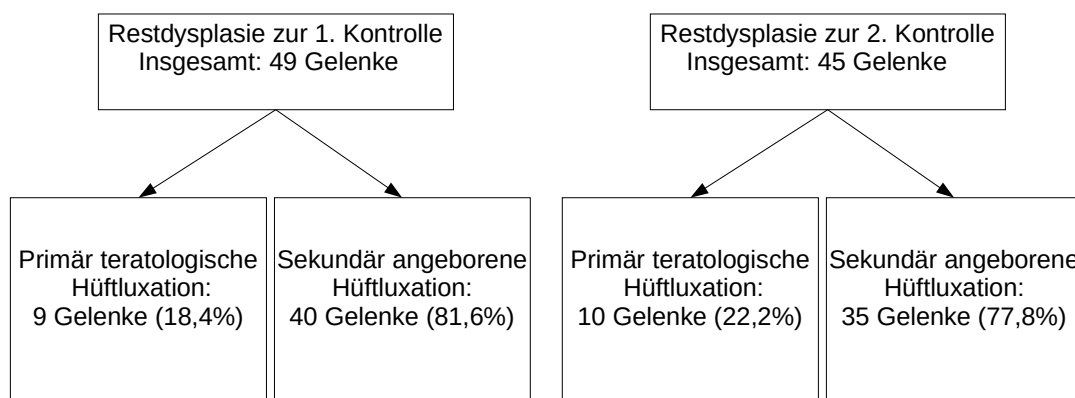


Abbildung 70: Ätiologische Darstellung der Verteilung einer Restdysplasie

IV.7.4. Risikofaktoren für die Entstehung einer Restdysplasie

Alter zur Operation

Hüftgelenke die bis zur ersten Kontrolle Anzeichen einer Restdysplasie lieferten, waren bei Operation einen Monat älter (Restdysplasie: Mittelwert: 9,84 Monate, Median: 6 Monate vs. keine Restdysplasie: Mittelwert: 9,46 Monate, Median: 7 Monate) (vgl. Abbildung 71). Zur zweiten Kontrolle zeigte sich kein Unterschied (Restdysplasie: Mittelwert: 8,64 Monate, Median: 6 Monate vs. keine Restdysplasie: Mittelwert: 9,21 Monate, Median: 6,5 Monate) (vgl. Abbildung 71).

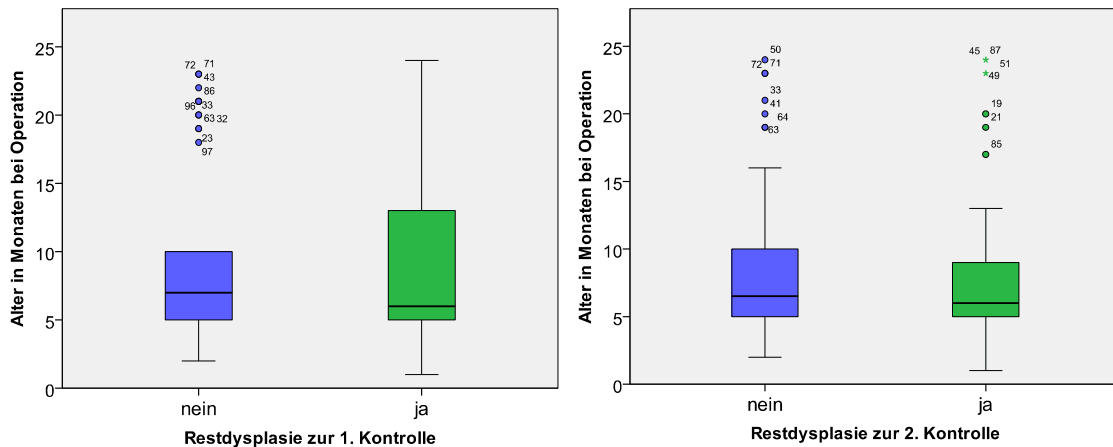


Abbildung 71: Restdysplasie und Alter in Monaten zur Operation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Art des operativen Eingriffs

Nach arthroskopischer Reposition zeigten zur ersten Kontrolle 5 (26,3 %) von 19 Gelenke eine Restdysplasie, nach offener Reposition waren es 44 (56,4 %) von 78 Gelenke. Auch zur zweiten Kontrolle waren es weiterhin 5 (29,4 %) von 17 Gelenke nach arthroskopischer Reposition die Anzeichen einer Restdysplasie zeigten, im Gegensatz zu 40 (60,6 %) von 66 Gelenken nach offener Reposition (vgl. Abbildung 72).

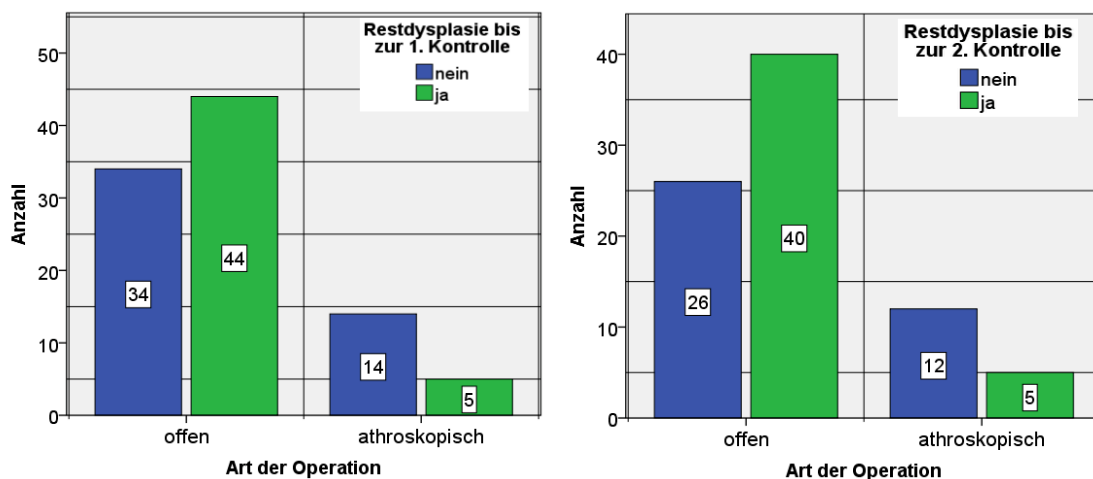


Abbildung 72: Restdysplasie und Art der Operation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Teratologische Hüftluxation

Von den 25 teratologisch erkrankten Hüftgelenken zur ersten Kontrolle wurde bei 9 Hüftgelenken (36 %) eine Restdysplasie gefunden. Die verbleibenden 16 Gelenke (64 %) zeigten keine Hinweise auf eine Restdysplasie. Zur zweiten Kontrolle gab es 10 (45,5 %) teratologische Hüftgelenke mit Anzeichen einer Restdysplasie (vgl. Abbildung 73).

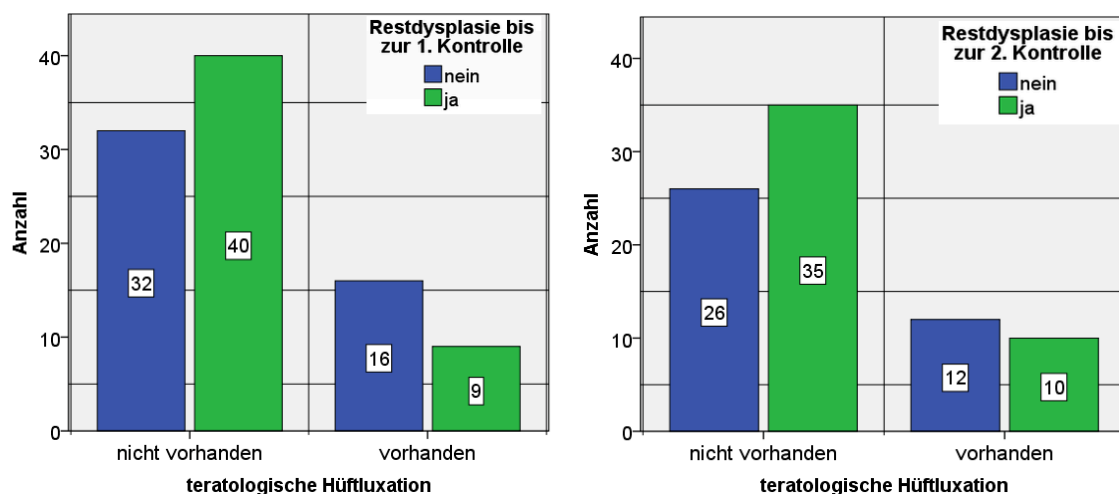


Abbildung 73: Restdysplasie und teratologische Hüftluxation zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

Zur ersten Kontrolle zeigten 8 (42,1 %) von 19 offen und 1 (16,7 %) von 6 arthroskopisch reponierten teratologischen Gelenken eine Restdysplasie. Zur zweiten Kontrolle waren 9 (56,3 %) von 16 offen und 1 (16,7 %) von 6 arthroskopisch reponierten teratologischen Gelenken von einer Restdysplasie betroffen (vgl. Abbildung 74).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition
1. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	16,7% (1/6)	42,1% (8/19)
Nicht teratologische Hüftgelenke	30,8% (4/13)	61% (36/59)
Gesamt	26,3% (5/19)	56,4% (44/78)
2. Kontrolle		
Teratologische Hüftgelenke	16,7% (1/6)	56,2% (9/16)
Nicht teratologische Hüftgelenke	30,8% (4/13)	62% (31/50)
Gesamt	26,3% (5/19)	60,6% (40/66)

Abbildung 74: Detaillierte Darstellung des Auftretens einer Restdysplasie

Präoperativer Luxationsgrad

Von den 71 Hüftgelenken, bei denen präoperativ ein Luxationsgrad III und IV vorlag, zeigten zum ersten Kontrolltermin 34 (49,3 %) Gelenke eine Restdysplasie. Zwei Jahre nach operativem Eingriff wurde bei 33 Gelenken (53,2 %) von insgesamt 62 Gelenken eine Restdysplasie beobachtet (vgl. Abbildung 75).

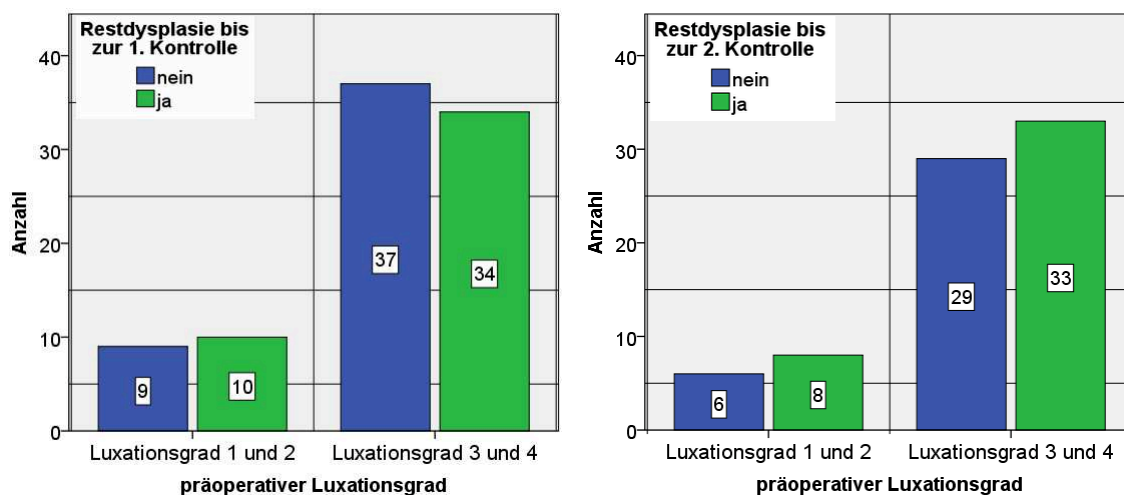


Abbildung 75: Restdysplasie zur ersten (links) und zweiten Kontrolle (rechts)

IV.7.4.1 Postoperative Zentrierung

Eine gute postoperative Zentrierung des Hüftkopfes (Luxationsgrad I) zeigten zur ersten Kontrolle 59 (75,6 %) von 78 offen und 19 (100 %) von 19 arthroskopisch reponierten Hüftgelenken. Zur zweiten Kontrolle zeigten 61 (92,4 %) von 66 offen und 17 (100 %) von 17 arthroskopisch reponierten Hüftgelenken einen Luxationsgrad I.

Eine schlechte postoperative Zentrierung (Luxationsgrad II-IV) zeigten zur ersten Kontrolle hingegen 19 (24,3 %) von 78 offen sowie zur zweiten Kontrolle 5 (7,6 %) von 66 offen reponierten Hüftgelenken. Kein arthroskopisches Hüftgelenk zeigte eine schlechte postoperative Zentrierung, weder zur ersten noch zur zweiten Kontrolle (vgl. Abbildung 76).

	Arthroskopische Reposition	Offene Reposition
1. Kontrolle		
Luxationsgrad 1	100% (19/19)	75,6% (59/78)
Luxationsgrad 2-4	0% (0/19)	24,3% (19/78)
2. Kontrolle		
Luxationsgrad 1	100% (17/17)	92,4% (61/66)
Luxationsgrad 2-4	0% (0/17)	7,6% (5/66)

Abbildung 76: Postoperative Zentrierung zur ersten und zweiten Kontrolle in beiden Operationsgruppen

Abbildung 77 zeigt die Entwicklung der postoperativen Zentrierung in der offen reponierten Gruppe. Dabei wird die Entwicklung des Luxationsgrads und des AC-Winkel von der ersten zur zweiten Kontrolle betrachtet und Verbesserungen, Verschlechterungen und eine gleichbleibende Entwicklung dargestellt. Auch fehlende Werte werden mit berücksichtigt. In Abbildung 78 wird dies für die arthroskopische Gruppe dargestellt.

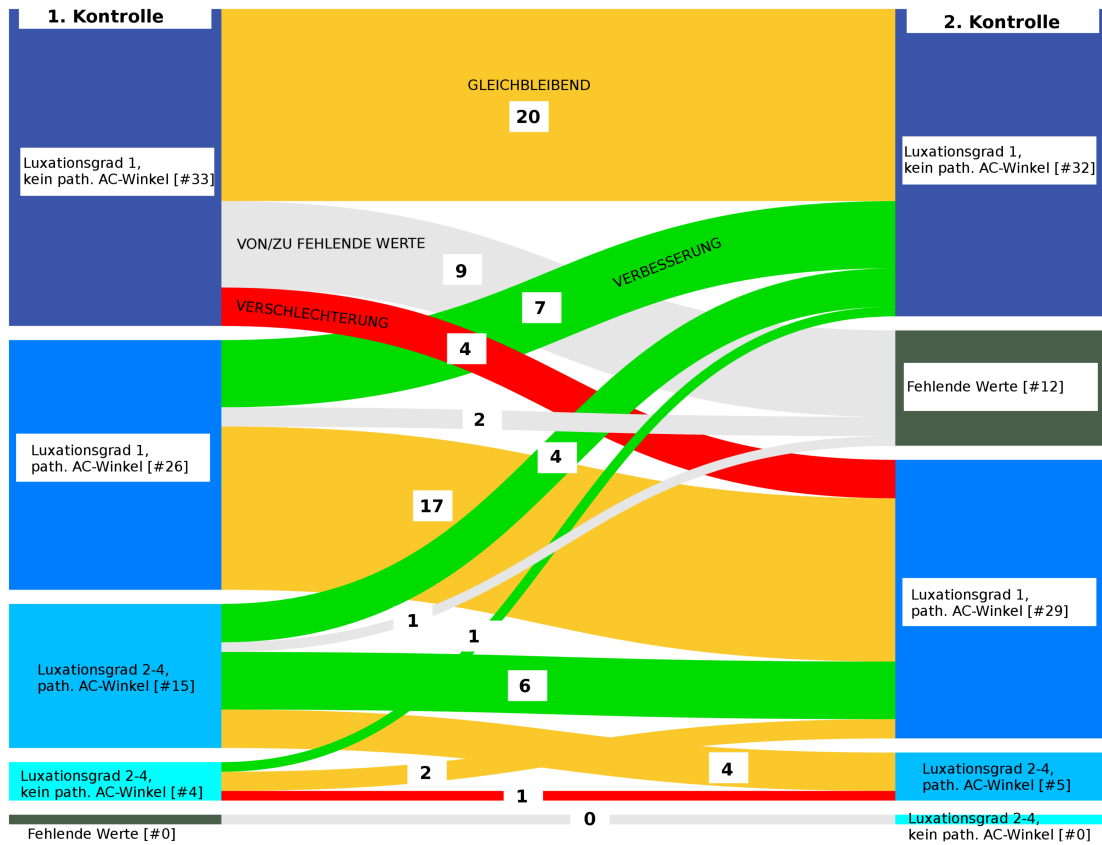


Abbildung 77: Entwicklung der postoperativen Zentrierung von der ersten zur zweiten Kontrolle in der offen reponierten Gruppe



Abbildung 78: Entwicklung der postoperativen Zentrierung von der ersten zur zweiten Kontrolle in der arthroskopisch reponierten Gruppe

IV.7.5. Statistische Auswertung

Untersucht wurde mit der binär logistischen Regression, ob ein negativer oder positiver signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines dieser Risikofaktoren und einer Restdysplasie zu erkennen war. Zur ersten Kontrolle war die Wahrscheinlichkeit für Hüftgelenke ohne teratologische Hüftluxation größer eine Restdysplasie zu erleiden (vgl. Tabelle 6). Alle anderen Faktoren zeigten keine signifikanten Zusammenhänge. Eine Beziehung zwischen der offenen Repositionsmethode und dem Auftreten einer Restdysplasie war jedoch zu erkennen, wobei das Signifikanzniveau mit $\alpha = 0,058$ leicht überschritten wurde. Ein ähnliches, nur minimal schlechteres Regressionsmodell zeigte jedoch einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der offenen Operationsmethode und einer Restdysplasie.

	B	Standard- fehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Operationsmethode (offen vs. arthroskopische Reposition)	1,385	0,731	3,584	1	0,058	3,993
teratologische Luxation	-1,75	0,748	5,479	1	0,019	0,174
Luxationsgrad präoperativ	0,525	0,717	0,536	1	0,464	1,691
Hüftdysplasie präoperativ	-0,95	0,57	2,779	1	0,095	0,387
Kirschnerdraht verwendet	-0,244	0,634	0,148	1	0,7	0,783
Konstante	-1,252	1,577	0,631	1	0,427	0,286

Tabelle 6: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Restdysplasie zur ersten Kontrolle

Zur zweiten Kontrolle wurde ein statistischer signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Restdysplasie und der offenen Operationsmethode deutlich (vgl. Tabelle 7).

	B	Standard- fehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Operationsmethode (offen vs. arthroskopische Reposition)	2,047	0,799	6,563	1	0,01	7,741
teratologische Luxation	-1,373	0,717	3,667	1	0,056	0,253
Luxationsgrad präoperativ	0,601	0,833	0,52	1	0,471	1,824
Hüftdysplasie präoperativ	0,793	0,643	1,519	1	0,218	2,209
Kirschnerdraht verwendet	-0,775	0,68	1,299	1	0,254	0,461
Konstante	-2,587	1,908	1,838	1	0,175	0,075

Tabelle 7: Statistischer Zusammenhang ausgewählter Risikofaktoren und Restdysplasie zur zweiten Kontrolle

IV.8. Zusammenfassende Übersicht der Basismerkmale

Art der Reposition	Offen	Arthroskopisch		
Anzahl der Patienten	63 Patienten	15 Patienten		
Geschlechtsverteilung (weiblich:männlich)	52:11	10:5		
Anzahl der Hüftgelenke	78 Hüftgelenke	19 Hüftgelenke		
Alter zur operativen Reposition	10 Monate (1 – 24 Monate)	9 Monate (3 – 21 Monate)		
Alter zur ersten radiologischen Kontrolle	23 Monate (12 – 42 Monate)	22 Monate (12 – 34 Monate)		
Alter zur zweiten radiologischen Kontrolle	34 Monate (23 – 52 Monate)	34 Monate (25 – 50 Monate)		
Seitenverteilung (links:rechts)	43:35	11:8		
Sekundär angeborene Hüftdysplasie (DDH)	76% (59/78)	68% (13/19)		
Teratologische Hüftgelenke	24% (19/78)	32% (6/19)		
Vorhandene Operationsberichte	68 (87%)	19 (100%)		
Durchschnitt Operationslänge	1 Stunde 30 Minuten	2 Stunden 16 Minuten		
Kombinationseingriffe	19% (13/68)	21% (4/19)		
Operative Transfixation	51,5% (35/68)	0% (0/19)		
Vorhandene präoperative Röntgenbilder	73 (94%)	18 (95%)		
Präoperativer Hüftkopfkern	37% (27/73)	22% (4/18)		
Präoperativer Luxationsgrad nach dem AKH				
Grad II	25% (18/72)	6% (1/18)		
Grad III	39% (28/72)	50% (9/18)		
Grad IV	36% (26/72)	44% (8/18)		
Vorhandene Röntgenbilder zur 1. Kontrolle	78 (100%)	19 (100%)		
Vorhandene Röntgenbilder zur 2. Kontrolle	68 (87%)	17 (89%)		
	1.Kontrolle	2.Kontrolle	1.Kontrolle	2.Kontrolle
Hüftkopfnekrose Grad III und IV nach Tönnis	22% (17/77)	20% (13/66)	32% (6/19)	41% (7/17)
Restdysplasie (pathologischer AC-Winkel oder gelenkverbessernde Operation)	56% (44/78)	61% (40/66)	26% (5/19)	29% (5/17)
Reluxation	24,4% (19/78)	30,8% (24/78)	0% (0/19)	0% (0/19)
Anzahl der erneuten Eingriffe	32 Eingriffe (24 Gelenke)		0 Eingriffe	
Offene Repositionen aufgrund Reluxation	27 Eingriffe (19 Gelenke)		0 Eingriffe	
- davon offene Reposition mit Gelenkverbesserndem Eingriff	11 Eingriffe (9 Gelenke)		0 Eingriffe	
Alleinige gelenkverbessernde Eingriffe	5 Eingriffe (5 Gelenke)		0 Eingriffe	
Postoperative Komplikationen				
Septische Arthritis	1% (1/78)		0% (0/19)	
Kirschner Draht Dislokation	5% (4/78)		0% (0/19)	
Kirschner Draht Bruch	1% (1/78)		0% (0/19)	

Abbildung 79: Übersicht der wichtigsten Merkmale des Patientenkollektivs

V. Diskussion der Ergebnisse

V.1. Methodik und Datenbasis

Ein etabliertes Verfahren, um den Erfolg oder Misserfolg einer Behandlung zu verdeutlichen, ist der Vergleich verschiedener Behandlungskonzepte miteinander. In Studien wie von POSPISCHILL oder LUHMANN wurde ein solcher Vergleich zwischen geschlossener und offener Repositionsmethode angestellt (POSPISCHILL ET AL. 2012; LUHMANN ET AL. 1998). Einige Studien schlagen alternativ zur offen operativen Reposition eine arthroskopische oder arthroskopisch assistierte Reposition vor (BULUT ET AL. 2005; EBERHARDT ET AL. 2015; ÖZTÜRK ET AL. 2013). Diese Arbeit ist bisher die Einzige, die das offene und arthroskopische Repositionsverfahren hinsichtlich der Entwicklung von Hüftkopfnekrose-, Relaxations- und Restdysplasierate untersucht hat.

V.1.1. Studiendesign

Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Beobachtungsstudie. Das bedeutet insbesondere, dass Patienten nicht unter randomisierten kontrollierten Bedingungen ausgewählt wurden. Eine gleiche Verteilung von Risikofaktoren (Störgrößen) in den beiden Operationsgruppen konnte im Vorfeld nicht gewährleistet werden, sodass das Risiko eines Selektionsbias bestand.

Das Patientenkollektiv setzte sich einerseits aus einer nur kleinen Teilnehmerzahl von 78 Patienten zusammen, die aus dem süddeutschen Raum insbesondere aus der Region Stuttgart stammten. Vereinzelt gab es auch Patienten, die aus anderen Gebieten Deutschlands sowie dem Ausland zur Behandlung kamen. Das Studienkollektiv spiegelt entsprechend keinen Bevölkerungsquerschnitt Deutschlands in Bezug auf eine schwere Hüftdysplasie Grad IV nach Graf wider. Dies gilt auch mit Blick auf die in der Literatur genannten starken regionalen und internationalen Unterschieden des Auftretens einer Hüftdysplasie (TÖNNIS 1984, S. 61–63). Abschwächend muss ergänzt werden, dass in den letzten Jahrzehnten sicherlich eine Annäherung der Messwerte durch eine stärkere Bevölkerungsdurchmischung stattgefunden haben kann (HEFTI 2005, S. 67). Eine weitere Verzerrung der Stichprobe wurde durch die Einbeziehung teratologischer Hüftluxationen bedingt und wird unter V.1.2 näher erläutert.

Die Dokumentation in den Patientenakten und Operationsdokumentation war teils lückenhaft, sodass nicht alle Informationen zu jedem der eingeschlossenen Patienten vorlagen und ein Informationsbias begünstigte. Neben für diese Studie unvollständiger Dokumentation der Patientenakten stellte auch das Fehlen von Röntgenbildaufnahmen ein Problem der Arbeit dar (vgl. IV.1.1). Eine weitere Ursache für einen Informationsbias wäre eine mögliche fehlerhafte sonographische Klassifizierung nach Graf. Dies könnte die Einbeziehung von Kindern mit weniger schwerwiegenden Fällen begünstigt haben und dadurch bessere Behandlungsergebnisse hervorgebracht haben.

In dieser Beobachtungsstudie wurde ein Follow-up von 2 Jahren gewählt. Grundsätzlich gilt jedoch, dass erst mit zunehmendem Alter eine sicherere Prognose gestellt werden kann (TÖNNIS 1984, S. 123). Deshalb sind Aussagen zu einem frühen Zeitpunkt der kindlichen Entwicklung weniger aussagekräftig und es bedarf eines längeren Beobachtungszeitraums für eine genauere Beurteilung des Therapieerfolgs. BULUT spricht von einem angemessenen Follow-up von mindestens 5 bis 10 Jahren nach operativem Eingriff (BULUT ET AL. 2005, S. 578). NIETHARD sieht die Beurteilung eines Erfolgs einer Behandlung erst nach Abschluss der Wachstumsphase in der Pubertät (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 96).

V.1.2. Vergleichbarkeit der Operationsgruppen (Einflussfaktoren)

Ein potentieller Störfaktor bei der Auswertung der Studie ist die unterschiedliche Größe der beiden Patientengruppen. Während 63 offen reponierte Patienten berücksichtigt wurden, konnten lediglich 15 arthroskopisch reponierte Patienten in die Studie eingehen. Aufgrund teils beidseitiger Operationen wurden 97 Hüftgelenke als Beobachtungsobjekte beurteilt. Dies führte jedoch zu keiner stärkeren Annäherung beider Gruppen oder besseren Vergleichbarkeit (78 offen reponierte Gelenke vs. 19 arthroskopisch reponierte Gelenke).

Mithilfe der gewählten Einschlusskriterien wurde versucht eine Vergleichbarkeit beider Teilkollektive in Bezug auf Alter, Grad der Hüftdysplasie (Ausgangssituation) und Vorbehandlung zu gewährleisten. Durch die anschließende Charakterisierung des Patientenkollektivs (vgl. IV.1) bezogen auf verschiedene Risikofaktoren wie Alter bei Operationsbeginn, Geschlecht sowie Operationsseite und teratologischer Hüftluxation konnten ebenso mögliche Unterschiede beider Operationsgruppen hervorgehoben werden.

Folgende Unterschiede zwischen den Teilkollektiven wurden dadurch deutlich. Arthroskopische Patienten waren zur Operation einen Monat jünger (vgl. IV.1.2). Der Anteil weiblicher Kinder in der offenen reponierten Gruppe lag deutlich über dem Anteil der Kinder in der arthroskopischen Gruppe (vgl. IV.1.4). Und auch das linke Hüftgelenk zeigte typischerweise öfter pathologische Veränderungen, sodass in über der Hälfte der Fälle die linke Seite reponiert wurde. Dabei unterschieden sich offen und arthroskopische Gruppe nicht wesentlich voneinander. Auch in Hinblick auf den Anteil beidseitig betroffener Patienten waren beide Operationsgruppen vergleichbar (vgl. IV.1.5). Wohl wissend über die Verschlechterung der Ergebnisse bei teratologischen Hüftluxationen und entgegen vieler anderer Studien (LUHMANN ET AL. 1998),(POSPISCHILL ET AL. 2012),(SLLAMNIKU ET AL. 2013),(SENARAN ET AL. 2007),(AGUŞ ET AL. 2002),(SEGAL ET AL. 1999a) wurden teratologische Fälle in die Studie miteinbezogen, um die geringe Fallzahlen in beiden Operationsgruppen etwas zu vergrößern. In beiden Operationsgruppen ist der Anteil teratologischer Gelenke am Fallkollektiv hoch und führte zu einer Verzerrung einzelner Behandlungsergebnisse, was insbesondere am Beispiel der Hüftkopfnekrose deutlich wird (vgl. V.3.1). Auch die Verteilung der teratologischen Hüftgelenke war nicht identisch in beiden Operationsgruppen. Der größere Anteil konnte in der arthroskopischen Gruppe gefunden

werden und betrug 32 % aller arthroskopisch reponierten Gelenke im Vergleich zu einem Anteil von 24 % in der offenen Vergleichsgruppe (vgl. IV.1.6).

Ebenfalls variierte die Durchführung der Operationen im Beobachtungszeitraum. Bereits im Juni 2000 wurde der erste Patient unseres Kollektivs offen operiert, die erste Operation der neuen arthroskopischen Operationsmethode erfolgte erst im Dezember 2009. Innerhalb dieses Zeitraums wurde die offene Operation von mehreren Operateuren durchgeführt, die arthroskopische Operation im Gegensatz dazu von lediglich zwei Operateuren (vgl. IV.2.1). Außerdem wurde eine wesentlich längere Operationsdauer in der arthroskopischen Gruppe beobachtet. Wesentliche Ursachen sind mitunter das Erlernen einer neuen Operationsmethode, Schwierigkeiten im Ablauf und der Identifizierung anatomischer Strukturen als auch eine längere Vorbereitungszeit von circa 20 bis 25 Minuten. Typische Komplikationen jedes operativen Eingriffs können in Form von Infektionen, Blutungen, Hämatomen oder Nervenläsionen auftreten. Auch Lagerungsschäden und äußere, thermische Hautschäden können bei beiden operativen Eingriffen folgen. Deshalb sollte auf eine korrekte und trockene Lagerung geachtet werden. Die Dokumentation der postoperativen Komplikationen wurde unter IV.2.7 zusammengefasst und zeigt ein geringeres Auftreten von Komplikationen nach arthroskopischer Reposition.

V.1.3. Confounder (Störgrößen)

Mögliche Risikofaktoren (Störgrößen) können die Behandlungsergebnisse beeinflussen und zu falschen Schlussfolgerungen führen. Diese sind für jede Zielgröße dieser Arbeit sehr vielfältig und werden teilweise kontrovers diskutiert. Eine genaue Betrachtung und Diskussion der einzelnen Risikofaktoren erfolgt im Abschnitt der jeweiligen Zielgröße und soll hier nicht vertieft werden. Allgemein gilt jedoch, dass Störgrößen, die in der Literatur einen besonderen Stellenwert haben und deren Einfluss mehrfach statistisch nachgewiesen werden konnte, auch in vorliegender Arbeit stärker berücksichtigt wurden. Allerdings sollte bereits vorweggenommen werden, dass mögliche Risikofaktoren, die in Zusammenhang mit der konservativen Vorbehandlung stehen, im Rahmen dieser Arbeit nicht diskutiert werden konnten.

V.1.4. Qualität der erhobenen Daten

Für eine Beurteilung und statistische Auswertung der radiologischen Messwerte spielt die Qualität der Röntgenbilder eine entscheidende Rolle (vgl. IV.4). Innerhalb des Beobachtungszeitraums hat sich u. a. die technische Ausstattung des Krankenhauses verändert, sodass die Röntgenbildaufnahmen nicht mehr analog, sondern bereits in digitaler Form und somit besserer Qualität vorlagen. Dies erleichterte die Auswertung wesentlich und ermöglichte einen höheren Informationsgewinn, da aufgrund mangelnder Qualität insbesondere alter Röntgenbilder einerseits einige Messwerte nicht erhoben werden konnten oder mit einer höheren Fehlerquote gerechnet werden muss. Durch die Beurteilung der Qualität der Röntgenbilder wird im Ergebnisteil (vgl. IV.4) genauer darauf

hingewiesen, wie groß der Anteil fehlerhaft angefertigter Röntgenbilder war. Unabhängig von der zugrunde liegenden Qualität ist die Beurteilung und Auswertung der Röntgenbilder als manueller Prozess von Natur aus fehleranfällig.

Eine starke Beckendrehung konnte bei 6 Hüftgelenken zu beiden Kontrollaufnahmen beobachtet werden. Der überwiegende Teil dieser Bilder stammte aus der offen reponierten Gruppe (vgl. IV.4.1). Eine verstärkte Beckenkipfung hingegen wurde insgesamt sehr viel häufiger beobachtet. Darüber hinaus trat eine Beckenkipfung zur ersten Kontrolle häufiger in der arthroskopischen Gruppe auf (vgl. IV.4.2). Da es nach dem zweiten Lebensjahr bereits sinnvoll sein kann alternativ zum Symphysen-Sitzbeinwinkel den Index für Beckenaufrichtung und -kipfung zu bestimmen (vgl. III.4.4.2), wurden beide Verfahren für die Auswertung herangezogen. Dabei zeigten sich jedoch sehr unterschiedliche Ergebnisse (vgl. IV.4.2).

Eine starke Beckendrehung mit gleichzeitiger Beckenkipfung kann zu Änderungen der Messwerte insbesondere des AC-Winkels von bis zu 8° führen (TÖNNIS 1984, S. 116). Dies zeigte sich bei 5 bis 6 Röntgenbildern (je nach Beurteilung der Beckenaufrichtung und -kipfung) zur ersten Kontrolle und bei 2 bis 3 Röntgenbildern zur zweiten Kontrolle. Da der AC-Winkel eine wesentliche Rolle bei der Bestimmung einer Restdysplasie spielt, sollte dies bei der Auswertung unbedingt berücksichtigt werden. Geringere Abweichungen des Pfannendachwinkels können allerdings auch bei alleiniger Beckenaufrichtung oder Beckenkipfung auftreten. Eine Beckenaufrichtung führt zu einer Erhöhung, eine Beckenkipfung zu einer Erniedrigung des Pfannendachwinkels (TÖNNIS 1984, S. 116).

V.1.5. Vergleichbarkeit der Daten mit anderen Studien

Aufgrund unterschiedlicher Klassifizierungen oder Einteilungssysteme in der Literatur ist die Vergleichbarkeit der Daten dieser Studie mit Daten in anderen Studien schwierig. Je nach verwendetem Klassifizierungssystem wurden unterschiedliche Häufigkeiten für die Entstehung einer bestimmten Zielgröße dokumentiert. Ebenso existieren mitunter keine einheitlichen Definitionen, was große Probleme bei der Vergleichbarkeit der Daten verursacht.

Die Anzahl der vorhandenen Röntgenbilder limitierte die Erhebung von Werten für die statistische Auswertung. Da insgesamt für diese Arbeit nur ein kleines Patientenkollektiv beobachtet werden konnte, kann bereits vorweggenommen werden, dass alle nicht-deskriptiven statistischen Zusammenhänge mit äußerster Vorsicht zu bewerten sind. Zur zweiten radiologischen Kontrolle lagen zudem deutlich weniger vorhandene Röntgenbilder vor, sodass eine statistische Auswertung umso schwieriger war. Die Erhebung einiger radiologischer Daten (Coxa magna, verkleinerter Hüftkopfkern) waren außerdem nur möglich, wenn eine gesunde Gegenseite zum Vergleich existierte (vgl. IV.5.3.3). Beidseitig erkrankte Patienten konnten für die Erhebung dieser Daten nicht berücksichtigt werden.

V.2. Entstehung einer Hüftkopfnekrose

In dieser Arbeit wurde unter Einbeziehung der teratologischen Hüftgelenke eine Hüftkopfnekroserate von 24 % zu beiden radiologischen Kontrolluntersuchungen beobachtet (vgl. IV.5.2). Trotz fallender Inzidenz in der offen reponierten Gruppe während des Zeitraums der Beobachtung von 22 % auf 20 % und steigender Inzidenz in der arthroskopischen Gruppe von 31 % auf 41 % waren die Werte (vgl. IV.5.3.1) ähnlich zu aktuellen Studien. Die Häufigkeit des Auftretens einer Hüftkopfnekrose variiert dabei je nach Studie zwischen 6 % bis 48 % (GARDNER ET AL. 2016, S. 3; McCLUSKEY ET AL. 1989, S. 636; ROPOSCH 2011, S. 2842; SLLAMNIKU ET AL. 2013, S. 502). Natürlich zeigten vereinzelte Studien auch Abweichungen, wie die von SENARAN und KERSHAW, mit sowohl schlechteren (KERSHAW ET AL. 1993, S. 748) als auch besseren Ergebnissen (SENARAN ET AL. 2007, S. 194). Dabei sollte berücksichtigt werden, dass diese Hüftkopfnekrosraten nur einen groben Überblick liefern können. Schwierig ist es insbesondere diese Werte miteinander zu vergleichen, da die Identifizierung einer Hüftkopfnekrose nicht nur vom Klassifizierungssystem der Hüftkopfnekrose abhängt, sondern auch von begleitenden Risikofaktoren des Patientenkollektivs beeinflusst werden kann.

Studie	Geschlossene Reposition	Offene Reposition	Arthroskopische Reposition
Aguş et al. 2002		27,00%	
Clarke et al. 2005, S. 434	7,00%	14,00%	
Eberhardt et al. 2012, S. 846			37,50%
Kershaw et al. 1993, S. 748		57,60%	
Luhmann et al. 1998, S. 1722	6,00%		
Pospischill et al. 2012, S. 255	40,00%		
Roposch 2011, S. 2842	35,00%		
Sllamniku et al. 2013, S. 502	6,80%		
Senaran et al. 2007, S. 192	3,00%		
eigene Arbeit 1.Kontrolle		22,10 %	31,60 %
eigene Arbeit 2.Kontrolle		19,70 %	41,20 %

Tabelle 8: Inzidenz verschiedener Studien in Hinblick auf die Hüftkopfnekrose

V.3. Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose

V.3.1. Art des operativen Eingriffs

In vielen Arbeiten wurde auf die Bedeutung verschiedener Risikofaktoren in Zusammenhang mit der Entstehung einer Hüftkopfnekrose hingewiesen. Autoren verschiedener Studien sind sich über deren Bedeutung oft uneinig und gegensätzlicher Meinung. Vielfach wird das Risiko, welches mit einer konservativen und operativen Behandlungsstrategie einhergeht, diskutiert. Dabei wird die Entstehung einer Hüftkopfnekrose vermehrt als Folge einer ärztlichen Behandlung gesehen und resultiert nicht aus der Hüftluxation selbst (HEFTI 2005, S. 79; SEGAL ET AL. 1999a, S. 8; AGUŞ ET AL. 2002, S. 45). In einer Metaanalyse von WANG konnte die offene gegenüber der geschlossenen Repositionsmethode als Risikofaktor für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose identifiziert werden (WANG ET AL. 2016, S. 5).

In der eigenen Arbeit wurde der Schwerpunkt auf den Vergleich von operativer offener und arthroskopischer Operationsmethode gelegt. Mithilfe der binär logistischen Regression konnte u. a. eine Vorhersage über ein mögliches Auftreten einer Hüftkopfnekrose nach durchgeführtem operativen Eingriff getroffen werden. Dabei war zur ersten Kontrolle noch keine signifikante Vorhersage möglich (vgl. Tabelle 2). Bei der zweiten Kontrolle hingegen wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem stärkeren Auftreten einer Hüftkopfnekrose nach dem arthroskopischen Operationsverfahren deutlich (vgl. Tabelle 3). Wie bereits unter V.1.2 erläutert, wurden jedoch sowohl primär teratologische als auch sekundär angeborene Hüftluxationen mit beiden Operationsverfahren behandelt. Dabei erzielte die arthroskopische Gruppe im Allgemeinen schlechtere Ergebnisse in Bezug auf die Hüftkopfnekrose. Allerdings wurde bis dahin nicht zwischen teratologischen und nicht teratologischen Hüftluxationen differenziert. Bei separater Betrachtung beider Untergruppen wurde deutlich, dass eine starke Ungleichverteilung in Bezug auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose vorlag (vgl. Abbildung 47). Das arthroskopische Verfahren lieferte nur bei teratologischen Hüftluxationen schlechte Ergebnisse in Bezug auf die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose, hingegen sehr gute Ergebnisse bei nicht teratologischen Gelenken. Diese beiden scheinbar gegensätzlichen Aussagen innerhalb einer heterogenen Gruppe bezeichnet man in der Statistik auch als Simpson Paradoxon (HAMMER ET AL. 2009, S. 667).

Für die weitere Interpretation der Ergebnisse sollte einerseits die Frage beantwortet werden, welche Ursachen ein so schlechtes Ergebnis teratologischer Hüftgelenke innerhalb der arthroskopischen Gruppe erklären können. Andererseits ist zu hinterfragen, welche Gründe dafür sprechen, dass das arthroskopische Verfahren bei Kindern mit sekundär angeborenen Hüftluxationen zu einem besseren Resultat führt.

In vorliegender Arbeit wurde bei der offenen Reposition ausschließlich der ventrale Zugang

sowohl nach Smith-Peterson oder auch als Leistenschnitt durchgeführt. In der arthroskopischen Gruppe wurden hingegen ein 1 cm großer, minimalinvasiver Zugang gewählt. In der Literatur werden verschiedene Hüftkopfnekroseraten je nach Zugangsweg angegeben. Beim medialen Zugang variiert die Hüftkopfnekroserate von 10 bis 43 % (BULSTRODE 2011, S. 1567; CAMPBELL ET AL. 2013, S. 1088; TÖNNIS 1991, S. 224). Das Risiko einer Hüftkopfnekrose beim anterolateralen Zugang mit 8,2 % und dem ventralen Zugang mit 9,6 % liegen deutlich niedriger (BULUT ET AL. 2005, S. 577; TÖNNIS 1991, S. 224). Die Vermutung einiger Autoren liegt in einer Reduzierung der Hüftkopfnekroserate durch einerseits einen schonenderen, arthroskopischen Zugang (BULUT ET AL. 2005, S. 577; ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1291) und andererseits der Vermeidung zusätzlicher Gefäßverletzungen, die bei einer Kapsulotomie im Rahmen einer offenen Reposition entstehen können. Deshalb wird von AKAZAWA darauf hingewiesen, dass bei offener Reposition die Inzision der Kapsel unter Sicht und nahe dem Pfannenrand durchgeführt werden sollte, um eine Verletzung zu vermeiden und eine ausreichende Blutversorgung des Hüftkopfes zu gewährleisten (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639).

In der Literatur existieren ebenso Studien zum Ablauf verschiedener arthroskopischer Verfahren mit Gegenüberstellung ihrer Vor- und Nachteile. Dabei ist man sich weitgehend einig, dass ein arthroskopisches Verfahren im Vergleich zum offenen Verfahren keine Einschränkungen für die Entfernung intraartikulärer Repositionshindernisse darstellt (BULUT ET AL. 2005, S. 578; EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1054; ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1290). Das arthroskopische Verfahren bietet gegenüber dem offenen Verfahren sogar den Vorteil einer verbesserten Übersichtlichkeit über anatomische Strukturen und ermöglicht eine gute Einsicht in die gesamte Hüftpfanne (EBERHARDT ET AL. 2014, S. 1592; ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1291).

Ein wichtiger Unterschied beider Gruppen besteht in der Durchführung der Tenotomie der Sehne des M. iliopsoas. Ein erhöhter Gelenkdruck kann zu Hüftkopfnekrosen führen und kann durch die Tenotomie reduziert werden (TÖNNIS 1984, S. 258). Bei dem arthroskopischen Verfahren besteht der Nachteil, dass nur intraartikuläre Repositionshindernisse entfernt werden können. Eine verkürzte Iliopsoassehne umschlingt jedoch extraartikulär die Gelenkkapsel und ihre Spannung kann bei der Arthroskopie nur schlecht beurteilt werden (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1059). Durch die Nähe der Psoassehne zu anatomischen Strukturen wie Nerven und Blutgefäßen ist deren Verletzungsgefahr sehr groß und eine arthroskopische Spaltung der Gelenkkapsel von intra- nach extrartikulär – zur Durchtrennung der Psoassehne – sollte aufgrund der Risiken genauestens abgewogen werden (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1059). Dieser Eingriff wurde in der Gruppe der arthroskopisch reponierten Gelenke bei keinem Hüftgelenk durchgeführt. Im Gegensatz dazu erhielten ungefähr die Hälfte (46 %) aller offen reponierten Hüftgelenke einen derartigen Eingriff (vgl. Abbildung 31). Bei der statistischen Auswertung mithilfe des Fisher-

Exakt-Tests konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Durchführung dieses Operationsschrittes und einer Hüftkopfnekrose gefunden werden (vgl. IV.5.3.2). Dabei wurde nach Durchführung einer Tenotomie der Iliopsoassehne seltener eine Hüftkopfnekrose beobachtet. Deshalb sollte in künftigen Arbeiten unbedingt diskutiert werden, ob bei dem arthroskopischen Operationsverfahren nicht auch eine Durchtrennung der Psoassehne ratsam wäre. Eine Einbeziehung in das Regressionsmodell erfolgte nicht, da die Güte des Modells insgesamt verschlechtert worden wäre.

Ein hypertrophiertes und verbreitertes Ligamentum capitis femoris wird in der Literatur ebenso wie ein hypertrophiertes Ligamentum transversum als Hindernis für eine optimale Reposition beschrieben (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1052; ISHII ET AL. 1980, S. 138). Beide Strukturen stellen neben der Verengung der Hüftgelenkscapsel die wichtigsten Operationsindikationen dar (ISHII ET AL. 1980, S. 145). TÖNNIS beobachtete u. a. das sich bei 3,9 % der Patienten mit verengter Gelenkkapsel eine Hüftkopfnekrose entwickelte. Auch ein vermehrtes Auftreten von Fett- und Bindegewebe (Pulvinar) sowie ein hypertrophiertes Ligamentum teres führte ebenfalls bei 6,7 % der Patienten mit einer solchen Auffälligkeit zu einer Hüftkopfnekrose. In dieser Arbeit konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den oben erwähnten Operationsschritten und einer Hüftkopfnekrose gefunden werden (vgl. IV.5.3.2). Hingegen konnte in dieser Arbeit nach Vorfinden eines invertierten Labrums ein selteneres Auftreten einer Hüftkopfnekrose beobachtet werden (vgl. IV.5.3.2). TÖNNIS beobachtete bei Patienten mit eingeschlagenem Labrum (TÖNNIS spricht von einem eingeschlagenen Limbus) in 31 % eine Hüftkopfnekrose (TÖNNIS ET AL. 1984, S. 56).

Vorteile	Nachteile
<ol style="list-style-type: none"> 1. Schonender arthroskopischer Zugangsweg 2. Verbesserte Übersicht auf anatomische Strukturen 3. Gute Einsicht in die gesamte Hüftpfanne 4. Vollständiges Entfernen intraartikulärer Weichteilhindernisse 5. Tiefe und optimale Zentrierung 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gefahr von schwerwiegenden Komplikationen bei Entfernung extraartikulärer Repositionshindernisse (keine Tenotomie der Sehne des M. iliopsoas)

Abbildung 80: Vor- und Nachteile des arthroskopischen Operationsverfahren

V.3.2. Teratologische Hüftluxation

Da die teratologische Hüftgelenksluxation als eine frühe Form der embryonalen Fehlbildung gilt, kann sie mit anderen Missbildungen auftreten und betrifft häufig beide Hüftgelenke (AARO ET AL. 1983, S. 178; HEFTI 2006, S. 225). Durch die schwerwiegende Erkrankung und weitreichenden anatomischen Veränderungen existiert keine klare Behandlungsempfehlung (GRUEL ET AL. 1986, S. 693). Eine erfolgreiche, geschlossene Reposition und stabile Zentrierung ist häufig aufgrund der ausgeprägten Repositionshindernisse unmöglich (AARO ET AL. 1983, S. 178; AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639).

Die teratologischen Hüftluxationen bleiben im größten Teil aktueller Studien

unberücksichtigt (CLARKE ET AL. 2005, S. 435; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1720; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 251). Gründe dafür sind neben ihrer erschwerten Behandlung auch ihr seltenes Auftreten. In der Literatur wird von einer Inzidenz von 0,03 % bis 0,04 % pro tausend neugeborener Kinder berichtet (AARO ET AL. 1983, S. 178; GRUEL ET AL. 1986, S. 693).

Autoren wie AKAZAWA berichten über eine Inzidenz der Hüftkopfnekrose bei teratologischer Hüftluxation von 70 % und begründen dies unter anderem mit erfolglos gebliebenen geschlossenen Repositionsversuchen (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639). Hingegen wurden weitere Komplikationen wie Reluxationen und Infektionen von AKAZAWA nicht beobachtet (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639). Auch GRUEL verwies auf die Schwierigkeiten, die mit der Behandlung teratologischer Hüftluxationen einhergehen. Dabei beobachtete GRUEL in seiner Studie eine Rate an Hüftkopfnekrose von 48 % und Reluxation von 19 % der betroffenen Hüftgelenke. In der Gruppe der Hüftgelenke die mithilfe einer geschlossener Reposition versorgt wurden, bestätigte sich eine weitaus höhere Inzidenz an Hüftkopfnekrosen von 75 % (GRUEL ET AL. 1986, 696 f.). Auch GRUEL nahm aufgrund der hohen Hüftkopfnekroserate von dem geschlossenen Verfahren Abstand und befürwortete die offene Reposition bei teratologischen Hüftgelenken, die je nach Zugangsweg bei einer Hüftkopfnekroserate von 0 bis 33 % lag (GRUEL ET AL. 1986, S. 696). Autoren wie LEBEL verwiesen ebenfalls auf deutlich geringere Hüftkopfnekroserate von 20 % nach offener Repositionen mit durchgeführter Adduktortotenomie und Psoastenomie (LEBEL U. GALLIEN 2005, S. 334).

Auch in dieser Arbeit wurde deutlich, dass eine teratologische Hüftluxation als großer Risikofaktor für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose gesehen werden kann. Eine hohe Rate an Hüftkopfnekrosen unter den teratologischen Hüftgelenken konnte identifiziert werden, die mitunter durch einen erfolglos gebliebenen konservativen Behandlungsansatz begründet sein könnte. Zur ersten Kontrolle stammten 52,2 % aller Hüftgelenke mit Hinweisen auf eine Hüftkopfnekrose aus der Gruppe der teratologischen Hüftluxationen. Ein Jahr später waren noch 45 % aller Hüftgelenke mit Hüftkopfnekrose aus der Gruppe mit teratologischer Genese (vgl. Abbildung 44). Bei genauer Betrachtung der Rate der Hüftkopfnekrosen innerhalb der teratologischen Gruppe, ergab sich eine Rate von 48 % zur ersten und 40,9 % zur zweiten radiologischen Kontrolle (vgl. IV.5.3.1) und ist vergleichbar mit den Ergebnissen von GRUEL (GRUEL ET AL. 1986, S. 696). Der Verdacht auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen den teratologisch erkrankten Patienten dieser Arbeit und dem Auftreten einer Hüftkopfnekrose konnte durch die binär logistische Regressionsanalyse bestätigt werden (vgl. Tabelle 2, Tabelle 3). Es wurde gezeigt, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit bei teratologisch betroffenen Gelenken eine Hüftkopfnekrose entsteht. Unter V.5.1. erfolgt die Erläuterung zum Auftreten weiterer wichtiger Komplikationen, wie die Entstehung einer Reluxation bei teratologischer Hüftluxation.

Neben möglichen Risikofaktoren wie einer fehlgeschlagenen geschlossenen Reposition

(AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639; STILLI ET AL. 2012, S. 18) oder der unter V.3.1 bereits beschriebenen Beschädigung der Blutversorgung des Femurkopfes bei der operativen Entfernung von Repositionshindernissen (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639) kann ebenfalls für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose eine persistierende Weichteilspannung nach offener Reposition oder der Einsatz von Femurosteotomien ursächlich sein (STILLI ET AL. 2012, S. 19). In der Literatur wird aufgrund dieser Tatsache über unterschiedliche Behandlungsstrategien bei ein- oder beidseitiger Hüftluxation diskutiert (STILLI ET AL. 2012, S. 19). AKAZAWA befürwortet bei einseitiger Hüftluxation eine offene Reposition bei Kindern mit Arthrogryposis multiplex congenita, die auch zum teratologischen Formenkreis gehören. Steht jedoch einer offenen Reposition beider Hüftgelenke ablehnend gegenüber, aufgrund der höheren Rate an Komplikationen wie Hüftkopfnekrosen und Reluxationen (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639). Auch andere Autoren befürworten ein aggressiveres Vorgehen bei einseitig teratologischen Hüftluxationen und ein eher konservatives Vorgehen bei beidseitiger Betroffenheit der Hüftgelenke (CAMPBELL ET AL. 2013, S. 1091). Entgegen dieser Ergebnisse ergaben die Untersuchungen von LeBEL, dass sowohl einseitig als auch beidseitig betroffene Hüftgelenke nach offener Reposition ähnliche Resultate liefern. Vielmehr waren die Behandlungsergebnisse abhängig von Faktoren, wie Bewegungseinschränkungen, Entwicklungsverzögerungen und starken Missbildungen anderer Extremitäten (LeBEL U. GALLIEN 2005, S. 331). Trotz kontroverser Aussagen in der Literatur wurden beide Repositionsverfahren unabhängig von der Anzahl der betroffenen Gelenke durchgeführt. Der prozentuale Anteil beidseits betroffener teratologischer Gelenke mit Hüftkopfnekrose betrug in der arthroskopischen Gruppe 50 %. In der Gruppe der offen reponierten Patienten lag der Anteil hingegen bei 33 %, sodass eine Ursache für die schlechteren Ergebnisse in der Gruppe der arthroskopisch reponierten Hüftluxationen auch durch das prozentual gehäufte Auftreten beidseitiger, teratologischer Hüftluxationen bedingt sein könnte.

Eine frühzeitige Durchführung der Reposition innerhalb von 6 bis 12 Monaten wird ebenfalls in der Literatur empfohlen (STILLI ET AL. 2012, S. 19). Ebenso besteht Einigkeit, dass für ein erfolgreiches Behandlungsergebnis gerade bei teratologischen Hüftgelenken alle Repositionshindernisse entfernt werden sollten (AKAZAWA ET AL. 1998, S. 639). Eine Durchtrennung der Sehne des Musculus iliopsoas schien bei der arthroskopischen Reposition jedoch nicht notwendig. Als Folge eines zu großen Druckes der Sehne auf den Hüftkopf, mit resultierender Hüftkopfnekrose, sollte jedoch die Notwendigkeit einer Durchtrennung der Iliopsoassehne bei teratologischen Hüftgelenken diskutiert und weiter untersucht werden. Grundsätzlich kommt dem Musculus iliopsoas eine weitere, ganz wesentliche Rolle beim Blick auf Ursachen eines Behandlungsmisserfolges zu. Seine Funktionsveränderung kann bei Patienten mit Hüftluxation zu einer Aufrichtung des Schenkelhalses in Form einer Coxa valga und einer erhöhten Antetorsion führen.

Letztendlich wird durch den Verbleib einer verkürzten Psoassehne die normale anatomische Situation nach der Reposition nicht wieder hergestellt und verbleibt pathologisch. Es resultiert je nach Ausprägung der Funktionsstörung eine erneute Lateralisierung des Femurkopfes und eine Abflachung der Hüftpfanne (GLAUBER ET AL. 1967, 295ff.).

Eine weitere Vermutung für die schlechteren Ergebnisse teratologischer Hüftgelenke in der arthroskopischen Gruppe könnte durch den Einsatz eines Elektro kauters zur Blutstillung erklärt werden. ÖZTÜRK beschreibt, dass eine erhöhte thermische Schädigung bei der arthroskopisch assistierten Operation zur Entstehung einer Hüftkopfnekrose führen könnte (ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1292). Bei einem rein arthroskopischen Verfahren können hingegen thermische Schäden sowohl durch elektrolytfreie Spülflüssigkeit beim Einsatz von monopolen Geräten vermieden werden, als auch durch den Einsatz physiologischer Kochsalzlösung bei bipolaren Geräten. Zur Prophylaxe sollte in diesen Fällen trotzdem eine niedrige Stromintensität gewählt werden (JENSEN 2004, S. 5).

V.3.3. Alter bei Reposition

In vielen bereits durchgeführten Studien wurde sowohl das Alter bei konservativem Behandlungsbeginn als auch die Durchführung von geschlossener oder offener Reposition in Bezug auf die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose beurteilt (AGUŞ ET AL. 2002; LUHMANN ET AL. 1998; POSPISCHILL ET AL. 2012; SENARAN ET AL. 2007; SLLAMNIKU ET AL. 2013). Wichtig war es in dieser Arbeit die Entstehung einer Hüftkopfnekrose in Zusammenhang mit dem Alter der Patienten bei Durchführung des operativen Eingriffs zu begutachten (vgl. IV.5.3.1).

Beschäftigt man sich vorab mit dem optimalen Therapiebeginn zur Vermeidung einer Hüftkopfnekrose, so spielt das hohe Hüftreifungspotential innerhalb der ersten 4 Lebensmonate eine besondere Rolle. Nach Ablauf des 4. Lebensmonats lässt dieses erheblich nach und es stellt sich ein Reifungsplateau der Hüftpfanne ein (TSCHAUNER ET AL. 1994, S. 503) (MATTHIESSEN 2004, S. 127), sodass mit zunehmendem Alter des Patienten eine Nachreifung der Pfanne nicht mehr gewährleistet werden kann. TSCHAUNER plädiert demzufolge für einen frühen konservativen Behandlungsbeginn im Anschluss an das sonographische Hüftscreening im Rahmen der U3, d. h. spätestens nach Ablauf der ersten sechs Lebenswochen. Dadurch kann nach TSCHAUNER die Notwendigkeit von offenen Repositionen vermindert werden, aufgrund der noch geringen pathomorphologischen Veränderungen des Hüftgelenks (TSCHAUNER ET AL. 2011, S. 421). Auch SLLAMNIKU empfiehlt einen frühen konservativen Therapiebeginn innerhalb der ersten 3 Lebensmonate, um das Entwicklungspotential des Hüftgelenks zu nutzen (SLLAMNIKU ET AL. 2013, S. 504). Ebenso befürwortet NIETHARD einen frühen konservativen Behandlungsbeginn vor dem dritten Lebensmonat, da bei gleichzeitigem optimalen Behandlungsverlauf eine 100 %ige Heilung der Hüftluxation erreicht werden kann (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 102). Ein abwartendes Verhalten bis zum sechsten Lebensmonat hingegen führt nach seiner Einschätzung zur

Abnahme der Heilung auf 75 %. Bei Verzögerung bis zum 12. Lebensmonat sinkt die Chance weiter bis auf unter 50 % (NIETHARD U. CARSTENS 2009, S. 102). TÖNNIS beobachtete ebenfalls, dass ein verzögerter Behandlungsbeginn zu einem erhöhten Auftreten einer Hüftkopfnekrose führte (TÖNNIS ET AL. 1984, 53f.). Er beschrieb diese Beobachtung jedoch als widersprüchlich, da dem Hüftkopfkern gerade im ersten halben Jahr eine erhöhte Verletzlichkeit nachgesagt wird. Einen Erklärungsansatz für seine Beobachtung war, dass mit zunehmendem Alter auch der Luxationsgrad zunimmt, der ebenfalls mit einer Erhöhung der Hüftkopfnekroserate einhergeht (TÖNNIS ET AL. 1984, 53f.).

Die in dieser Arbeit untersuchten Patienten mit Hüftkopfnekrose waren zum Zeitpunkt der operativen Reposition zwischen 8 und 9 Monaten alt und demnach einen Monat jünger als Patienten, die keine Hüftkopfnekrose zeigten (vgl. IV.5.3.1). Ein signifikanter Zusammenhang konnte nicht nachgewiesen werden und führte ebenfalls zu einer Verschlechterung des Regressionsmodells. Mehrere vergleichbare Studien existieren, die einen Zusammenhang zwischen dem Alter bei operativer Reposition und dem Auftreten einer Hüftkopfnekrose vermuteten, jedoch keinen signifikanten Unterschied belegen konnten (AGUŞ ET AL. 2002, 44f.; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1723; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 257). LUHMANN führte eine Untersuchung von Kindern im Alter zwischen 6 und 12 Monaten durch. AGUŞ hingegen verglich Kinder in unterschiedlichen Altersgruppen bis zu 18 Monaten miteinander, fand jedoch keinen signifikanten Zusammenhang und lediglich eine leichte Tendenz für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose bei Kindern zwischen dem 13. und 15. Lebensmonat (AGUŞ ET AL. 2002, S. 43). SENARAN sprach die Empfehlung aus, dass sich einer fehlgeschlagenen Behandlung mit Pavlik-Repositionsbandage eine sofortige geschlossene oder offene Reposition innerhalb der ersten 3 Lebensmonate anschließen sollte, um eine Hüftkopfnekrose zu verhindern (SENARAN ET AL. 2007, S. 196). Entgegen dieser geschilderten Meinungen beobachtete GREGOSIEWICZ das Auftreten schwerer Hüftkopfnekrosen nach operativen Eingriffen bei Kindern unter dem 6 Lebensmonat (GREGOSIEWICZ U. WOŚKO 1988, S. 19).

V.3.4. Verzögertes Auftreten des Hüftkopfkerns

In der Literatur ist das Auftreten des Hüftkopfkerns innerhalb der ersten sechs bis acht Lebensmonate, je nach Autor auch bis zum neunten Lebensmonat, beschrieben (SLLAMNIKU ET AL. 2013, S. 501; TÖNNIS 1984, S. 15). Darüber hinaus wird von einem verzögerten pathologischen Auftreten des Hüftkopfkerns bei Überschreitung des ersten Lebenshalbjahrs gesprochen (TÖNNIS 1984, S. 15). TÖNNIS identifizierte bei Patienten die zum größten Teil eine primäre konservative Behandlung erhielten einerseits einen Zusammenhang zwischen Beginn der konservativen Behandlung und Entstehung der Hüftkopfnekrose (vgl. V.3.3) und andererseits zwischen einer Hüftkopfnekrose und der Entwicklung des Hüftkopfkerns (TÖNNIS ET AL. 1984, S. 53). Bei Fehlen des Hüftkopfkerns zu Behandlungsbeginn lag die Rate der Hüftkopfnekrose bei 4,5 %, bei zu kleinem

Hüftkopfkern bei 4,7 % und bei verzögertem Auftreten bei 12,5 % (TÖNNIS ET AL. 1984, S. 53). In unserem Patientenkollektiv mit gescheitertem konservativen Behandlungsansatz standen bereits zur präoperativen Röntgenaufnahme 21 Hüftgelenke unter dem Verdacht auf eine pathologische Entwicklung, da ihre Hüftkopfkern ein verzögertes Auftreten des Hüftkopfkerns zeigten (vgl. IV.5.1.1). Von diesen Hüftgelenken entwickelten ungefähr 40 % eine Hüftkopfnekrose, sodass auch hier eine Beziehung zwischen dem verzögerten Auftreten eines Hüftkopfkerns und der Entwicklung pathologischer Veränderungen in Form einer Hüftkopfnekrose bestehen könnte. Dieser Zusammenhang war jedoch statistisch nicht signifikant und hätte das Modell der binär logistischen Regression verschlechtert. Es erfolgte keine weitere Berücksichtigung.

V.3.5. Vorhandensein des Hüftkopfkerns

Positive Veränderungen der Blutversorgung und eine verstärkte Widerstandsfähigkeit nach Verknöcherung des Hüftkopfkerns wurden von einigen Autoren als mögliche Erklärung für ein geringes Auftreten von Hüftkopfnekrosen bei Hüftgelenken mit vorhandenem Hüftkopfkern angesehen (von SEGAL ET AL. 1999b, zit. n. LUHMANN ET AL. 1998, S. 1724). Einige Autoren sind der Auffassung, dass eine offene oder geschlossene Reposition bei jüngeren Patienten ohne Hüftkopfkern mit einem höheren Risiko für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose einhergehen kann (SEGAL ET AL. 1999a, S. 8). Mithilfe der „Reifungskurve“ des sonographischen Alpha-Winkels nach TSCHAUNER wurde jedoch wie bereits unter V.3.3 beschrieben auf ein besonders hohes Wachstums- und Reifungspotential der Hüftpfanne in den ersten 4 Lebensmonaten hingewiesen. Dieses reduziert sich mit zunehmendem Alter und nach Abschluss des vierten Lebensmonats stellt sich bereits ein Reifungsplateau der Hüftpfanne ein (TSCHAUNER ET AL. 1994, S. 503) mit einem dann beginnenden proportionalen Wachstum von Hüftkopf und -pfanne (MATTHIESSEN 2004, S. 127).

Viele der aktuellen Studien verweisen vor allem auf die Vorteile eines frühen Behandlungsbeginns um das von TSCHAUNER beschriebene kindliche Entwicklungspotential des Hüftgelenks zu nutzen (LUHMANN ET AL. 1998, S. 1726; SENARAN ET AL. 2007, S. 196).

Die vorliegenden statistischen Ergebnisse zur ersten Kontrolle konnten diese Aussagen bekräftigen. Bei vorhandenem Hüftkopfkern steigt demnach die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose. Zur zweiten Kontrolle konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang erhoben werden. In der Studie von ROPOSCH konnte ebenfalls weder eine protektive Wirkung eines vorhandenen Hüftkopfkerns nachgewiesen werden, noch dass frühzeitig behandelte Hüftgelenke ohne Hüftkopfkern signifikant mehr Hüftkopfnekrosen entwickelten (ROPOSCH 2011, 2842 f.). Auch andere, größere Studien konnten keine signifikanten Beobachtungen nachweisen (AGUŞ ET AL. 2002, S. 44; CLARKE ET AL. 2005, S. 437; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1726; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 255).

V.3.6. Größe des Hüftkopfkerns

In dieser Arbeit wurden Veränderungen des Hüftkopfkerns in Form einer Coxa magna oder einer Verkleinerung des Hüftkopfkerns um 15 % im Vergleich zur gesunden Gegenseite auf einen Zusammenhang mit einer Hüftkopfnekrose geprüft. Bei Beurteilung der Coxa magna wurde eine Auftretenshäufigkeit nach zweijähriger Kontrolle von 28,6 % beobachtet (vgl. IV.5.3.3). Die Vergleichbarkeit der in der Literatur genannten Inzidenzen einer Coxa magna ist jedoch schwierig, da keine einheitliche Definition existiert. Bei einer Vergrößerung des Hüftkopfes von 15 % (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 530) oder 20 % (IMATANI 1995) im Vergleich zur gesunden Gegenseite, wird von einer Coxa magna gesprochen. Trotz unterschiedlicher Definitionen waren die Inzidenzen für die Entstehung einer Coxa magna von GAMBLE und IMATANI ähnlich und lagen zwischen 33 % bis 34 % (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 529; IMATANI 1995, S. 338). IMATANI berichtet allerdings von starken Abweichungen in der Literatur von 33 % bis 96 % (IMATANI 1995, S. 340). Dabei können die verschiedenen Inzidenzen zusätzlich durch unterschiedliche Therapieverfahren bedingt sein. SAKAMAKI fand eine Coxa magna bei 47 % der Patienten nach offener und 5 % nach geschlossener Reposition (SAKAMAKI 1979). Es wird von mehreren Autoren vermutet, dass besonders nach offener Reposition durch mechanischen Stress und durch eine postoperative Synovialitis des Hüftgelenks eine Hypervaskularität oder reaktive Hyperämie im Bereich des proximalen Femurs verursacht wird, die sich stimulierend auf das Wachstum des Knorpels von Epi- und Metaphysenknorpel auswirkt (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 533; IMATANI 1995, S. 340). GAMBLE konnte darüber hinaus einen statistisch signifikanten Nachweis zwischen der Durchführung verschiedener Verfahren und Entstehung einer Coxa magna erbringen (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 531). Sowohl eine offene Reposition insbesondere bei jüngeren Patienten als auch eine Femurosteotomie spielten beim Auftreten einer Coxa magna eine besondere Rolle (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 531). Auch in dieser Arbeit waren es vor allem jüngere Patienten bei denen eine Coxa magna nach operativem Eingriff auftrat. In ungefähr 65 % der Fälle waren die Patienten nicht älter als 6 Monate. Eine Erklärung könnten evtl. die von SEGAL beschriebenen Einflüsse liefern, die von einer stärkeren Empfindlichkeit des Hüftkopfkerns auf äußere Reize durch eine mangelnde Widerstandsfähigkeit des Hüftkopfkerns vor Eintritt der Verknöcherung berichten (VON SEGAL ET AL. 1999b, zit. n. LUHMANN ET AL. 1998, S. 1724). Entgegen den Beobachtungen von GAMBLE konnte in dieser Arbeit keine Beziehung zwischen der Durchführung einer Femurosteotomie und der Entstehung einer Coxa magna festgestellt werden. Zusätzlich wurde von einigen Autoren die Resektion des hypertrophierten Labrums für die Entstehung einer Coxa magna verantwortlich gemacht (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 146; IMATANI 1995, S. 340). In dieser Arbeit wurden an einem Hüftgelenk eine Labrumresektion durchgeführt (vgl. IV.2.2). Dieses Hüftgelenk zeigte jedoch im Anschluss keine Coxa magna. Darüber hinaus wurde bei keinem der Hüftgelenke mit einer Coxa magna eine Hüftkopfnekrose ermittelt. Vielmehr war das

Auftreten einer Hüftkopfnekrose bei Coxa magna signifikant reduziert (vgl. IV.5.3.3). In der Studie von GAMBLE konnte bezüglich der Größe des Kopfkerns (Coxa magna) und einer Hüftkopfnekrose keine signifikante Beziehung festgestellt werden (GAMBLE U. MOCHIZUKI 1985, S. 530).

Nach SALTER sind wichtige Kriterien für die Diagnose einer Hüftkopfnekrose sowohl ausbleibendes Wachstum bzw. Wachstumsminderung des Kopfkerns sowie überschießendes Wachstum in Form einer Coxa magna (SALTER ET AL. 1969, S. 50). Eine signifikante Beziehung zwischen einem verkleinerten Hüftkopfkern (kleiner 15 %) und dem Vorhandensein einer Hüftkopfnekrose war auch in den eigenen Messdaten deutlich zu erkennen (vgl. IV.5.3.3).

V.3.7. Adduktorenentomie

Bei erhöhtem Adduktortonus kann erst eine Reduzierung der Spannung der Adduktoren (meist Musculus adductor longus) mittels Tenotomie eine endgültige Reposition möglich machen (GILL ET AL. 2014, S. 294; GULATI ET AL. 2013, S. 36). In der Literatur wurde auf die positiven Effekte der Adduktorenentomie verwiesen. Demnach konnte gezeigt werden, dass durch eine Adduktorenentomie die Durchblutung des Hüftgelenks verbessert und eine Vergrößerung der „Safe Zone“ nach Ramsey möglich ist (von MUBARAK ET AL. 1986, zit. n. LUHMANN ET AL. 1998, S. 1725).

Eine Indikation zur Adduktorenentomie besteht nach LUHMANN bei Patienten mit einer reponierbaren Hüftluxation, aber einer starken Abspreizbehinderung mit einer „Safe zone nach Ramsey von weniger als 30°“ (LUHMANN ET AL. 1998, S. 1722). Auch andere Einsatzmöglichkeiten bei orthopädischen Kinderkrankheiten wie dem Morbus Perthes oder bei Kindern mit spastischer Zerebralparese (EL HAGE ET AL. 2010, S. 485; TERJESEN ET AL. 2005; COTTALORDA ET AL. 1998; PAP ET AL. 2005) werden in der Literatur beschrieben. Mögliche Verfahren sind sowohl die geschlossene Stichinzision über dem tastbaren kontrakten Muskel auf der Oberschenkelinnenseite (GILL ET AL. 2014, S. 294), als auch ein offenes Verfahren mit Hautschnitt distal der Leistenbeuge (GILL ET AL. 2014, S. 294). Neben der Durchführung einer Adduktorenentomie im Rahmen einer offenen oder geschlossenen Reposition bei Kindern mit Hüftdysplasie, kann darüber hinaus ein Einsatz bei Becken- und Femurosteotomien sinnvoll sein (EL HAGE ET AL. 2010, S. 485). In der Literatur wird die Durchführung der Adduktorenentomie innerhalb der ersten 12 Lebensmonate empfohlen. Diese Empfehlung wurde jedoch insbesondere in Verbindung mit einer geschlossenen Reposition ausgesprochen (KALAMCHI U. MACEWEN 1980, S. 883; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1725; ROPOSCH 2011, S. 2839).

Eine nicht durchgeführte Adduktorenentomie wird in einigen Studien als möglicher Risikofaktor für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose aufgeführt (PFEIL 2008, S. 89; SALTER ET AL. 1969, S. 51). SALTER als auch DHAR erachten die Adduktorenentomie beispielsweise

bei der Behandlung von Kindern mit Hüftluxation als ein wichtiges Prozedere zur Minimierung der Hüftkopfnekrose (DHAR ET AL. 1990, S. 179; SALTER ET AL. 1969, S. 58). Auch in der vorliegenden Arbeit wurde nach zweijähriger Kontrolle ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Adduktortentomie und der Senkung des Hüftkopfnekroserisikos gezeigt (vgl. IV.5.3.2). Andere Studien konnten hingegen keine signifikante Risikominimierung bei der Durchführung dieses Eingriffs und der Entwicklung einer Hüftkopfnekrose belegen (KALAMCHI U. MACEWEN 1980, S. 883; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1725; ROPOSCH 2011, S. 2839; SEGAL ET AL. 1999a, S. 8).

V.3.8. Kombinationseingriffe

In dieser Arbeit wurde bei lediglich einem Patienten nach Kombinationseingriff eine Hüftkopfnekrose gefunden. Obwohl in der Literatur häufig beschrieben wird, dass die Durchführung von Kombinationseingriffen mit einer erhöhten Rate für Hüftkopfnekrosen einhergeht (TÖNNIS 1991, S. 225; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259; TÖNNIS 1984, 258f), konnte in diesem Patientenkollektiv ein eher negativer Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Hüftkopfnekrose und der Durchführung eines Kombinationseingriffes statistisch nachgewiesen werden. Demnach trat an Hüftgelenken, die einen Kombinationseingriff erhielten, zur ersten Kontrolle seltener eine Hüftkopfnekrose auf. Zur zweiten Kontrolle wurde hingegen kein statistischer Zusammenhang belegt.

Im beobachteten Patientenkollektiv fand der früheste operative Eingriff in Kombination mit gelenkverbessernden Maßnahmen im Alter von 16 Monaten statt (vgl. IV.2.4). Das Alter zum Zeitpunkt der gelenkverbessernden Maßnahmen lag bei 20 Monaten. Es wurde sich bewusst für einen späteren Operationszeitpunkt entschieden, als dies im übrigen Patientenkollektiv der Fall war (vgl. IV.1.2). Da bei Kindern mit einem Laufbeginn im Alter von 12 Monaten zu rechnen ist (BUCKUP U. LINKE 2001, S. 48), wurde entschieden einen Kombinationseingriff erst im Laufalter durchzuführen. In der Studie von POSPISCHILL wurde ebenfalls nachgewiesen und statistisch belegt, dass diese Behandlungsstrategie sinnvoll ist. Eine offene Reposition in Kombination mit gelenkverbessernden Maßnahmen nach dem Laufbeginn eines Kindes kann das Risiko der Entstehung einer Hüftkopfnekrose minimieren (POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259). Hingegen kann sich die Hüftkopfnekroserate durch Kombinationseingriffe innerhalb des ersten Lebensjahres, somit vor Laufbeginn, um den Faktor 11 erhöhen (POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259). Diese These wird auch durch die erhobenen Daten in der vorliegenden Arbeit unterstützt. Ebenfalls berichtete TÖNNIS über eine Hüftkopfnekroserate von 8,4 % bei alleiniger offener Reposition und einem Anstieg auf 10,3 % bei Kombinationseingriffen mit gleichzeitigen Beckenosteotomien nach Salter oder Acetabuloplastik. Eine Kombination mit Varisierungsosteotomien kann nach seinen Beobachtungen die Inzidenz einer Hüftkopfnekrose weiter auf 22,2 % erhöhen (TÖNNIS 1991, S. 225). Die Indikation sollte deshalb stets sorgfältig gestellt werden (TÖNNIS 1991, S. 225).

V.3.9. Veränderungen des Schenkelhalses

Nicht nur eine veränderte Form des Hüftkopfes in Form einer Hüftkopfnekrose kann aus einer verminderten Gefäßversorgung resultieren, sondern ebenso Veränderungen des Schenkelhalses in Form einer Coxa vara (TÖNNIS 1984, S. 207; SALTER ET AL. 1969, S. 50). So kann insbesondere aus einer medialen Nekrose eine Coxa vara entstehen (vgl. Abbildung 2) (TÖNNIS 1984, S. 206; HEFTI 2005, S. 79). Abhängig vom Alter und den Ausprägungen der sekundären Veränderungen einer Coxa vara kann sowohl eine zusätzliche konservative als auch operative Therapie (z. B. eine 'intertrochantäre valgisierende Osteotomie') notwendig werden (NIETHARD ET AL. 2005, S. 194). Auch die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten Hinweise auf ein häufigeres Auftreten einer Coxa vara in Kombination mit einer Hüftkopfnekrose (vgl. IV.5.3.3).

V.3.10. Grad der Luxation

Nach TÖNNIS spielt ein erhöhter präoperativer Luxationsgrad eine Rolle bei der Entwicklung einer Hüftkopfnekrose. Dabei sind höhere Hüftluxationen gefährdeter eine Hüftkopfnekrose zu entwickeln (TÖNNIS 1984, S. 216). Ursachen dafür können insbesondere sekundäre Veränderungen am Hüftgelenk sein, die verbunden mit einer hohen Weichteilspannung nach Luxation oder durch eine Verkürzung der Sehne des Musculus iliopsoas, eine Druckerhöhung im Hüftgelenk hervorrufen. Es bedarf zusätzlicher operativer Verfahren, wie einer Psoastenotomie oder Verkürzungsosteotomie, um diesen Druck auf das Hüftgelenk erneut zu vermindern (EBERHARDT ET AL. 2014, S. 1593).

Auch in unserem Patientenkollektiv ging zwar ein hoher präoperativer Luxationsgrad in circa 20 % mit einer Hüftkopfnekrose einher (vgl. IV.5.3.1), eine signifikante Beziehung zwischen einer Hüftkopfnekrose und einem erhöhten präoperativen Luxationsgrad konnte jedoch nicht festgestellt werden. Andere Studien konnten ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen einem hohen präoperativen Luxationsgrad und einer Hüftkopfnekrose zeigen (AGUŞ ET AL. 2002, S. 46). Interessant ist ebenfalls, dass circa 50 % bis 60 % der betroffenen Gelenke mit einem hohen präoperativen Luxationsgrad und einer Hüftkopfnekrose teratologischen Ursprungs waren.

V.3.11. Reluxation

Für die optimale Entwicklung des Hüftgelenks ist eine tiefe Einstellung einer der wichtigsten 'prognostischen Faktoren' (HEFTI 2005, S. 80; TÖNNIS 1984, S. 222), da erneute Reluxationen oder Subluxationsstellungen des Hüftkopfes mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose einhergehen können (BOS U. SLOOFF 1984, S. 534; KAMATH U. BENNET 2005, S. 194; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 256; TÖNNIS 1984, S. 222). Eine erneute Reposition gestaltet sich außerdem schwieriger aufgrund der schlechteren Identifizierung anatomischer Strukturen bei erneuter offener Reposition (BOS U. SLOOFF 1984, S. 534). Durch einen erhöhten Weichteildruck bei Sub- oder Luxationsstellung

verursacht, sowie gleichzeitiger Veränderung der Durchblutung, kann letztendlich eine Hüftkopfnekrose resultieren (TÖNNIS 1984, S. 207). Eine wiederholte Reluxation, die durch eine erneute Reposition des Hüftkopfes behoben werden musste, wurde auch in diesem Patientenkollektiv bei 19 Hüftgelenken beobachtet (vgl. IV.2.6). Von diesen Hüftgelenken entwickelten 3 Hüftgelenke eine Hüftkopfnekrose.

V.4. Entstehung einer Reluxation

Eine postoperative Reluxation nach zweijähriger Kontrolle konnte bei 24 Gelenken (25 %) nachgewiesen werden (vgl. IV.6.1.4). Dabei handelte es sich um ausschließlich offen reponierte Gelenke. Die offene Reposition erfolgte über einen ventralen Zugangsweg. Die Reluxationsrate von 19 Hüftgelenken (20 %) nach einjähriger Kontrolle (vgl. IV.6.1.4) entsprachen den Literaturangaben, die von einem Auftreten einer Reluxation von bis zu 20 % nach offener Operation über den ventralen Zugangsweg berichten (CASTANEDA ET AL. 2015, S. 361; CORDIER U. TÖNNIS 2005, S. 84; KERSHAW ET AL. 1993, S. 744; LUHMANN ET AL. 1998, S. 1722; POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259; WANG ET AL. 2013, S. 1084). Zur zweiten Kontrolle lag die Reluxationsrate hingegen über den Angaben der Literatur bei circa 25 % (vgl. IV.6.1.4). Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Reluxationsraten sowohl vom gewählten Zugangsweg abhängen können, als auch durch andere Faktoren beeinflusst werden können (vgl. V.5.2). KAMATH berichtete von einer Häufigkeit der Reluxationen beim ventrolateralem Zugang zwischen 0 % und 8 % (KAMATH U. BENNET 2005, S. 191). Bei offener Reposition über den medialen Zugangsweg kann die Rate an Reluxationen hingegen zwischen 5 % bis 14 % betragen (KAMATH U. BENNET 2005, S. 191). Auch höhere Reluxationsraten von 31 % werden in einigen Studien beschrieben (von SCHOENECKER U. STRECKER 1984, zit. n. POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 258). GRUEL betrachtete insbesondere die Rate an Reluxationen unter Patienten mit teratologischer Hüftluxation. Hier zeigten sich Reluxationsraten von 19 % und Subluxationen von 22 % (GRUEL ET AL. 1986, S. 700). Unsere Ergebnisse zeigten ebenfalls hohe Reluxationsraten innerhalb der Gruppe der teratologischen Hüftluxationen von 20 % zur ersten und 28 % zur zweiten Kontrolle (vgl. IV.6.2). Die binär logistische Regression konnte jedoch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen teratologischer Erkrankung und Reluxation erkennen (vgl. IV.6.3).

V.5. Risikofaktoren für das Auftreten einer Reluxation

V.5.1. Art des operativen Eingriffs

Die Art der durchgeführten Reposition kann als ein wichtiger Risikofaktor die Häufigkeit einer Reluxation beeinflussen. Die Unterschiede zwischen geschlossener und offener Reposition werden unter V.5.2 diskutiert. Zwischen offener und arthroskopischer Reposition zeigten sich in dieser Arbeit statistisch signifikante Unterschiede (vgl. IV.6.3). Eine stärkere Tendenz der offen reponierten Gruppe zur Entwicklung einer Reluxation wurde zu beiden Kontrolluntersuchungen bereits durch die Bestimmung radiologischer Parameter wie dem des Luxationsgrades des Arbeitskreises für Hüftdysplasie, der Kopfkernlage nach Ombrédanne und der Ménard-Shenton Linie sichtbar. Auch die Anzahl der Reluxationen im Beobachtungszeitraum bekräftigte die Ergebnisse der radiologischen Auswertung.

Die Häufigkeiten der Reluxationen in der offen reponierten Gruppe lag bei 24 % zur ersten und 31 % zur zweiten Kontrolluntersuchung (vgl. IV.6.2) und entsprach ungefähr den Beobachtungen von SCHOENECKER (VON SCHOENECKER U. STRECKER 1984, zit. n. POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259). Reluxationen in der arthroskopischen Gruppe wurden nicht beobachtet. In der Studie von ÖZTÜRK mit arthroskopisch assistierter Repositionsmethode wurde ebenfalls keine Reluxation beobachtet (ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1293). Mögliche Ursachen könnten dabei eine bessere Übersichtlichkeit auf die teilweise schwierig zu identifizierenden anatomischen Strukturen sein (ÖZTÜRK ET AL. 2013, S. 1293). Aber auch die Sicht in die Hüftpfanne ist durch die arthroskopische Technik vollständiger und besser möglich im Vergleich zu offenen Zugangswegen wie beispielsweise dem ventrolateralen Zugang (BULUT ET AL. 2005, S. 577). Dadurch kann ein besseres und vor allem vollständiges Ausräumen der Hüftpfanne von intraartikulären Weichteilhindernissen (Pulvinar) erfolgen und erst eine tiefe und optimale Zentrierung möglich machen. Dies bestätigte auch die gute postoperative Zentrierung unter den arthroskopisch reponierten Hüftgelenken (vgl. IV.7.4.1). Hier zeigte kein arthroskopisch reponiertes Hüftgelenk einen erhöhten postoperativen Luxationsgrad. Im Gegensatz dazu zeigte sich in der offen reponierten Gruppe zur ersten Kontrolle bei circa 24 % und zur zweiten Kontrolle bei circa 8 % der Hüftgelenke ein Luxationsgrad 2 bis 4 (vgl. IV.7.4.1).

Aufgrund der frühen intrauterinen Entwicklung einer teratologischen Hüftluxation ist häufig eine schmale und flache Hüftpfanne mit ausgeprägter Weichteilvermehrung zu beobachten (VON MILGRAM U. TACHDJIAN 1976, zit.n. STILLI ET AL. 2012, S. 18). Dies kann ursächlich für das Auftreten von Reluxationen nach erfolgreicher offener Reposition sein und wurde sowohl in unserem Patientenkollektiv als auch in der Literatur beschrieben (VON ST CLAIR U. ZIMBLER 1985; BERNSTEIN 2002; YAU ET AL. 2002, zit.n. STILLI ET AL. 2012, S. 18). Hingegen konnte durch das arthroskopische Verfahren bei den teratologisch reponierten Hüftgelenken die Reluxationsrate deutlich reduziert werden (vgl. IV.6.2), was möglicherweise durch die komplette und vollständige Entfernung aller Repositionshindernisse begründet sein könnte.

In verschiedenen Studien wurde die Qualität der offen operativen Repositionen in Hinblick auf die Entstehung einer erneuten Luxation bewertet. Dabei wurden übereinstimmend Ursachen wie eine inkomplette Entfernung der Repositionshindernisse sowie eine unzureichende Naht der Hüftgelenkkapsel genannt (BOS U. SLOOFF 1984, S. 534; KERSHAW ET AL. 1993, S. 745; KAMATH U. BENNET 2005, S. 193). TÖNNIS verweist ebenfalls auf Schwierigkeiten der tiefen Hüftkopfeinstellung bedingt durch sekundäre Veränderungen der Hüftgelenkkapsel bezogen auf deren Form und Festigkeit. Sowohl eine lange, enge und isthmusartige Kapsel, als auch eine überdehnte und lockere Kapsel kann eine Reposition verhindern oder nur unzureichend zur Stabilisierung des Hüftkopfes in der Pfanne beitragen (TÖNNIS 1984, S. 249). Auch EBERHARDT konnte eine Verengung der Hüftgelenkkapsel als Hauptrepositionshindernis identifizieren, welches mithilfe eines arthroskopischen Kapselrelease behoben werden konnte und eine stabile Reposition ermöglichte (EBERHARDT ET AL. 2015, S. 1058). Bei offener Reposition ist hingegen eine erfolgreiche und optimale Naht der Gelenkkapsel von besonderer Bedeutung, da diese gerade in den ersten Wochen nach der Reposition einer übermäßigen Kapselspannung standhalten muss, um eine erneute Sub- oder Reluxation zu verhindern (KERSHAW ET AL. 1993, S. 748). Das Aufplatzen oder die Dehnung der Naht sind hier gefürchtete Komplikationen (KERSHAW ET AL. 1993, S. 748) die durch das arthroskopische Verfahren vermieden werden können. Durch eine lockere Gelenkkapsel kann ebenfalls eine Antetorsion des Schenkelhalses entstehen und eine Lateralisierung des Hüftkopfes ermöglichen (TÖNNIS 1984, S. 249). Besteht trotz offener operativer Kapselnaht eine Reluxationsgefahr, sollte die offene Reposition mit dem Einsatz von Kirschner-Drähten fixiert werden. In der Literatur existieren sowohl Studien über den Einsatz von Kirschner-Drähten im Rahmen von geschlossenen Repositionen (ALSIDDIKY ET AL. 2012, S. 65) als auch in Kombination einer offenen Reposition mit Femur- oder Beckenosteotomien (ABDULLA U. ABOUHEIF 2014, S. 127; CASTANEDA ET AL. 2015, S. 359). In der Studie von CASTANEDA wurde in diesem Zusammenhang von einer 3fach höheren Reluxationsrate ohne die Transfixation mittels Kirschner-Drähten gesprochen. Ein signifikanter Zusammenhang konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (CASTANEDA ET AL. 2015, S. 361). Auch anhand der eigenen erhobenen Daten konnte dieser Zusammenhang nicht bestätigt werden. Trotz Einsatzes eines Kirschner-Drahtes im Rahmen der offenen Reposition kam es bis zur zweiten Kontrolle bei 31 % mit Transfixation zu einer erneuten Reluxation (vgl. IV.6.2). Die Rate an Reluxationen in der offen reponierten Gruppe ohne Transfixation war hingegen deutlich besser und betrug 17 %. Von CASTANEDA wurden weitere Komplikationen wie oberflächliche Wundinfektionen (in 8 % der Fälle), tiefere Wundinfektionen (0,3 % der Fälle) sowie Kirschner-Draht Perforationen durch die Haut und Verbiegungen beobachtet (CASTANEDA ET AL. 2015, S. 360). Auch im beobachteten Patientenkollektiv gingen bei 5 Hüftgelenken Komplikationen mit dem Einsatz von Transfixationsdrähten einher (vgl. IV.2.7). Das Ziel einer stabilen Zentrierung sei nach CASTANEDA deshalb unerlässlich und trotz allgemein

niedriger Komplikationsraten sollte eine Transfixation nicht als Routineverfahren eingesetzt werden (CASTANEDA ET AL. 2015, S. 362). Durch die Möglichkeit einer guten Stabilisierung im Rahmen der arthroskopischen Reposition war der Einsatz eines Kirschner-Drahtes in betrachteten arthroskopischen Patientenkollektiv nicht notwendig (vgl. IV.2.5). Einhergehende Komplikationen wie Infektionen, Kirschner-Drahtdislokationen und -Perforationen sowie ein erneuter Eingriff zur Entfernung des Kirschner-Drahtes mit zusätzlicher Röntgenbelastung konnte in dieser Gruppe vermieden werden. Darüber hinaus sollte nicht unerwähnt bleiben, dass der Verdacht auf ein erhöhtes Risiko für eine Hüftkopfnekrose durch eine Platzierung der Fixationsdrähte im oberen Drittel des Oberschenkelhalses mit Verletzung der Gefäßversorgung des Femurkopfes in der Literatur geäußert wurde (CASTANEDA ET AL. 2015, S. 361).

V.5.2. Sonstige Risikofaktoren

Neben dem unterschiedlichen Auftreten von Reluxationen abhängig vom Zugangsweg sind auch andere Risikofaktoren wie das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Reposition (KAMATH U. BENNET 2005, S. 191), der Ausgangsbefund sowie die Art der durchgeführten Reposition entscheidend. In der Arbeit von DHAR wurde festgestellt, dass mit zunehmendem Alter zum Zeitpunkt der ersten offenen Reposition die Rate an Reoperationen durch eine verbleibende Luxationsstellung der Hüfte ansteigt. Wurde eine Reposition innerhalb des ersten Lebensjahrs durchgeführt, kam es in 11 % zu einer erneuten Operation aufgrund einer bestehenden Reluxation, bei einer erstmaligen Reposition nach Erreichen des dritten Lebensjahrs hingegen in 71 % der Fälle (DHAR ET AL. 1990, S. 178). Auch WANG konnte diese Beobachtung bestätigen und beschrieb eine verminderte Rate an Reoperationen nach offener Reposition innerhalb der ersten 36 Lebensmonate (WANG ET AL. 2016, S. 8). Ebenfalls existieren deutliche Unterschiede zwischen dem Auftreten von Reluxationen nach erfolgreicher geschlossener Reposition oder frustraner geschlossener Reposition mit anschließender offener Reposition. Bei einer erfolglosen geschlossenen Reposition kann das Erreichen einer tiefen und stabilen Zentrierung des Hüftgelenks aufgrund des Ausmaßes der Repositionshindernisse ausbleiben. In der Studie von LUHMANN lag die Reluxationsrate nach geschlossener Reposition bei 18 %, nach offener Reposition verbleibt eine Reluxationsrate von 11,8 % (LUHMANN ET AL. 1998, S. 1722). Auch in der Studie von POSPISCHILL wird dies deutlich, da hier von einer Reluxationsrate nach durchgeführter geschlossener Reposition von 17 % berichtet wird. Nach offener Reposition mit Kombinationseingriff betragen die Reluxation 6 % und bei alleiniger offener Reposition ohne Kombinationseingriff wurde keine Reluxation beobachtet (POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 259). Von KERSHAW wird ebenfalls erwähnt, dass eine ungenügende und inkomplette Entfernung der Repositionshindernisse auch bei Kombinationseingriffen erneut zu Reluxation führen kann. Des Weiteren kann die Einschätzung der korrekten Position von Hüftkopf zur Pfanne bei Kombinationseingriffen erschwert sein (KERSHAW ET AL. 1993, S.

748). Außerdem besteht eine erhöhte Gefahr der Beschädigungen einer bereits verschlossenen Gelenkkapsel während der Durchführung eines Kombinationseingriffes (insbesondere mit Femurosteotomie) (KERSHAW ET AL. 1993, S. 745). In dieser Arbeit lagen die Reluxationen von Hüftgelenken, die einen Kombinationseingriff erhielten, bei 18 % zur ersten und 23 % zur zweiten Kontrolle.

Eine weitere Ursache für erhöhte Reluxationen, die sowohl nach geschlossener als auch operativer Reposition auftreten können und unbedingt vermieden werden sollten, ist die Reluxation beim Gipswechsel, der ungefähr alle 4 Wochen durchgeführt wird (TÖNNIS 1984, S. 249). Darüber hinaus beschreibt WANG eine Beziehung zwischen der Rate an Reluxationen abhängig von einem ein- oder beidseitigem Befall der Hüftgelenke. Niedrige Raten von 1,9 % wurden bei einseitigem Befall, höhere hingegen bei beidseitigem Befall der Hüftgelenke (7,1 %) beschrieben (WANG ET AL. 2013, S. 1084).

Zur Vermeidung einer Reluxation ist besonders eine stabile Hüftkopfzentrierung von Bedeutung (BOS U. SLOOFF 1984, S. 534). Je nach Ausgangsbefund und der Ausprägung sekundärer Veränderungen (extra- und intraartikuläre Hindernisse), die insbesondere bei präoperativ erhöhten Luxationsgraden vorkommen, kann eine vollständige Reposition erschwert werden (BICIMOGLU ET AL. 2003, S. 696). Auch andere Autoren, wie bspw. AGUŞ unterstützen die These, dass ein hoher präoperativer Luxationsgrad zu einer erhöhten Anzahl an Reluxationen führt (AGUŞ ET AL. 2002, S. 46). Dies konnte in vorliegender Arbeit statistisch nicht nachgewiesen werden (vgl. IV.6.3). Auch in der Studie von BIÇIMOĞLU konnte keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Reluxation bei erhöhtem präoperativen Luxationsgrad statistisch nachgewiesen werden (BICIMOGLU ET AL. 2003, S. 696). Es zeigte sich jedoch, dass ein hoher präoperativer Luxationsgrad mit einem höheren Risiko für eine erfolglose konservative Reposition einhergeht und ein operatives Vorgehen unumgänglich macht (BICIMOGLU ET AL. 2003, S. 697).

V.6. Entstehung einer Restdysplasie

In der Literatur werden unterschiedliche Angaben zu einer verbleibenden Hüftdysplasie in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie gemacht. Je nach Studie wird eine Restdysplasie zwischen 0 % bis circa 35 % beschrieben (NOVAIS ET AL. 2016, S. 1; DORNACHER ET AL. 2013, S. 31). Auch in einer Metaanalyse von TÖNNIS werden Restdysplasieraten – nach konservativer Behandlung mit zum Teil folgenden operativen Eingriffen – zwischen 0 % bis circa 33 % angegeben (TÖNNIS 1984, S. 244). In einer weiteren Erhebung pathologischer AC-Winkel von TÖNNIS wurde von einem Verbleib der Restdysplasie in 20 % bis 30 % der Hüftgelenke gesprochen (TÖNNIS 1984, S. 233). Dabei gelang es durch einen frühen konservativen als auch operativen Behandlungsansatz in 70 % bis 80 % der Hüftgelenke mit ursprünglich starker Restdysplasie das Nachreifungspotential des Hüftgelenks zu nutzen, sowie ohne Acetabuloplastik einen normalen AC-Winkel zu

erreichen (TÖNNIS 1984, S. 233).

Die Rate der Restdysplasie betrug in dieser Arbeit 54 % nach zweijähriger Kontrolle (vgl. IV.7.3). Auch ein pathologischer AC-Winkel wurde in der vorliegenden Arbeit deutlich häufiger nachgewiesen als unter aktuellen Studien und lag bei 47 % zu beiden Kontrollterminen (vgl. IV.7.2.2). Diese Werte sind mitunter durch die Schwere des vorliegenden sonographischen Dysplasiegrades (Grad IV nach Graf) zu erklären. Trotz hohem sonographischen Dysplasiegrad und schlechter präoperativer Zentrierung (vgl. IV.6.1.1) konnte jedoch gezeigt werden, dass sich eine gute postoperative Zentrierung positiv auf die weitere Hüftkopfüberdachung auswirkt. Im Verlauf von erster zu zweiter Kontrolle zeigt sich bei den meisten Hüftgelenken weiterhin eine gute und stabile postoperative Zentrierung innerhalb beider Operationsgruppen (vgl. IV.7.4.1, Abbildung 77, Abbildung 78). In der offenen Gruppe gab es zudem von der ersten zur zweiten Kontrolle deutlich mehr Verbesserungen der postoperativen Zentrierung als Verschlechterungen (vgl. IV.7.4.1, Abbildung 77, Abbildung 78).

In der Studie von NOVAIS wurde ebenfalls festgestellt, dass bei einem dezentrierten Hüftgelenk (Typ IV nach Graf) trotz erfolgreicher konservativer Behandlung mit einer Pavlikbandage das Risiko für eine verbleibende Dysplasie nach dem ersten Lebensjahr erhöht ist (NOVAIS ET AL. 2016, S. 3). Bei noch nicht vollständig ausgereiften Hüftgelenken, wie in dieser Arbeit der Fall, sollte grundsätzlich berücksichtigt werden, dass die Prognose deutlich vom noch vorhandenen Entwicklungspotential von Hüftkopf und -pfanne abhängt. Gerade innerhalb der ersten 4 Lebensmonate vollzieht die Hüftpfanne einen deutlichen Entwicklungsprozess (MATTHIESSEN 2004, S. 127; TSCHAUNER ET AL. 1994, S. 503). Durch einen frühen Behandlungsbeginn kann dies genutzt werden und damit letztendlich auch die Nachreifung der Hüftpfanne unterstützen. Wie bereits mehrfach erwähnt (vgl. V.3.3, V.3.5), stellt sich anschließend ein eher proportionales Wachstum von Hüftkopf und -pfanne ein, welches mit einem Wachstumsplateau der Hüftpfanne einhergeht (MATTHIESSEN 2004, S. 127; TSCHAUNER ET AL. 1994, S. 503). Eine Verbesserung des AC-Winkels ist jedoch durch das vorhandene Ausreifungs- und Entwicklungspotential des Hüftgelenks noch bis Ende des Wachstumsabschlusses möglich.

V.7. Risikofaktoren für das Auftreten einer Restdysplasie

V.7.1. Art des operativen Eingriffs

Eine instabile Gelenkzentrierung mit persistierenden Sub- oder Luxationsstellung im Sinne einer Dezentrierung kann durch den Verlust der stimulierenden Beziehung zwischen Hüftkopf und Pfanne zu einer Restdysplasie führen (DOYLE U. BOWEN 1999, S. 267–269). Da im Wesentlichen die optimale Entwicklung des Daches der Hüftpfanne von einer erfolgreichen Tiefeinstellung des Hüftkopfes abhängt, sind Patienten deren Hüftgelenke dezentriert stehen, besonders gefährdet eine Restdysplasie zu entwickeln. Das eine gute postoperative Zentrierung einen positiven Einfluss auf die Entwicklung von Hüftkopf und -pfanne haben kann, wurde in der vorliegenden Arbeit bereits beschrieben (vgl. V.6).

In der statistischen Auswertung zeigte sich nach zweijähriger Kontrolle eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Restdysplasie nach offener Reposition (vgl. IV.7.5). Dabei finden sich Erklärungsansätze zum einen durch eine verbesserte Gelenkzentrierung und ebenfalls durch die damit einhergehende bessere Hüftkopfüberdachung in der arthroskopischen Gruppe. Diese positive Entwicklung wurde trotz einer schlechteren Ausgangssituation bezogen auf die präoperative Hüftkopfüberdachung in der arthroskopisch reponierten Gruppe erzielt (vgl. IV.7.1). Berücksichtigt werden sollte ebenfalls, dass bei persistierender Restdysplasie die Indikation zu sekundären gelenkverbessernden Eingriffen besteht (POTHMANN U. CORDIER 2004, S. 146) und dies auch zu einer Erhöhung der Hüftkopfnekroserate führen kann (POSPISCHILL ET AL. 2012, S. 256).

V.7.2. Sonstige Risikofaktoren

Eine nicht vollständige Zentrierung nach offener oder geschlossener Reposition kann zu einer verbleibenden Dysplasie (Restdysplasie) führen (DOYLE U. BOWEN 1999, S. 267). Neben der Art der Behandlung können aber auch andere Risikofaktoren eine verbleibende Hüftdysplasie begründen. Dazu gehören zum einen das Alter bei Behandlungsbeginn, die Zeitdauer der konservativen Behandlung und der Schweregrad des Ausgangsbefundes (TÖNNIS 1984, S. 248). Misslingt die konservative Gelenkreposition, wie es im gesamten vorliegenden Patientenkollektiv der Fall war, ist mit sekundären Veränderungen zu rechnen. Der luxierte Hüftkopf kann höher treten und bildet eine Sekundärpfanne, stimulierende Wachstumsreize des Hüftkopfes fehlen über diesen Zeitraum und führen zu einer mangelnden Ausbildung der Hüftpfanne (DOYLE U. BOWEN 1999, S. 267). Diese verdickt, flacht ab und es resultiert u. a. in eine Restdysplasie (vgl. II.1.4).

Gerade teratologische Hüftgelenke weisen häufig einen besonders schwerwiegenden Ausgangsbefund auf, mit einer langen Abwesenheit des Hüftkopfes außerhalb der Pfanne, was sich negativ auf die Behandlungsergebnisse auswirken kann. Diese Arbeit zeigte hingegen eine signifikant geringe Wahrscheinlichkeit bei teratologischen Hüftgelenken eine Restdysplasie zu entwickeln (vgl. IV.7.5). Dies stellt im ersten Moment einen Widerspruch

dar. Es könnte jedoch auf eine ungleiche Verteilung der Risikofaktoren innerhalb des Fallkollektivs sowie der teilweisen Ergebnisinstabilität aufgrund geringer Fallzahl zurückzuführen sein. Die genauere Analyse der Ergebnisse teratologischer Hüftluxationen in beiden Operationsgruppen zeigt, dass insbesondere gute Ergebnisse unter den arthroskopisch reponierten Patienten erzielt wurden (vgl. Abbildung 74). Mögliche Erklärungen wurde dafür bereits unter V.7.1 erläutert.

V.8. Zusammenfassung

Der Schwerpunkt dieser retrospektiven Beobachtungsstudie lag auf der Beantwortung der Frage, inwieweit die arthroskopische Reposition eine mögliche Alternative zum etablierten offenen Verfahren darstellt. Dabei konnte diese Arbeit die Annahme bestätigen, dass erfolgversprechende Behandlungsergebnisse mit dem arthroskopischen Verfahren erzielt werden können. Das oberste Ziel der Behandlung von Patienten mit Hüftluxation sollte neben einer stabilen und zentrierten Reposition des Hüftkopfes ebenfalls eine Vermeidung von Komplikationen wie die der Hüftkopfnekrose sein. Weitere Folgen wie der Verbleib einer Restdysplasie und einer Reluxation wirken sich durch zusätzliche Eingriffe negativ auf die weitere Entwicklung des Kindes aus und verlängern den Behandlungsverlauf deutlich. Eine ausführliche Diskussion der Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose, einer Restdysplasie und Reluxation erfolgte in der vorliegenden Arbeit.

In vorliegender Arbeit wurden 78 Patienten beobachtet, bei denen zur ersten ambulanten Untersuchung im Olgahospital Stuttgart mindestens an einem Hüftgelenk eine Hüftdysplasie Grad IV nach Graf festgestellt wurde und ein konservatives Behandlungskonzept erfolglos blieb. Dabei wurden nur Patienten eingeschlossen, die zur ersten operativen Reposition nicht älter als 2 Jahre waren. Nach Auswertung der Patientendokumentation erfolgte die Erhebung von radiologischen Messwerten sowohl präoperativ, als auch ein Jahr sowie zwei Jahre nach der Operation. Für die statistische Analyse der Daten wurde die binär logistische Regression herangezogen. Vergleichbare Studien in der Literatur von Patienten mit einer Hüftdysplasie Grad IV nach Graf lagen nicht vor.

Eine **Hüftkopfnekrose** (Grad III und Grad IV nach Tönnis) entwickelten 24 % aller Hüftgelenke (vgl. IV.5.2). Eine behandlungsbedürftige **Reluxation** wurde bei 25 % der Hüftgelenke innerhalb des zweijährigen Beobachtungszeitraums dokumentiert (vgl. IV.6.1.4). Eine **Restdysplasie** wurde aufgrund einer mangelnden Hüftkopfüberdachung bei 54 % der Hüftgelenke festgestellt (vgl. IV.7.3).

Durch den Vergleich der 19 arthroskopisch und 78 offen reponierten Hüftgelenke mithilfe der binär logistischen Regression konnte gezeigt werden, dass bei zwei der drei Zielgrößen (Reluxation, Restdysplasie, Hüftkopfnekrose) ein insgesamt besseres Behandlungsergebnis in der arthroskopischen Gruppe erzielt werden konnte. Nach arthroskopischer Reposition wurden keine Reluxationen beobachtet und eine Restdysplasie trat deutlich seltener im Vergleich zur offenen Operationsmethode auf. Somit wurde sowohl eine Verbesserung der Luxationsneigung erzielt, als auch eine bessere Hüftkopfüberdachung durch eine konzentrische und insbesondere stabilere Zentrierung des Hüftgelenks erreicht.

Eine Hüftkopfnekrose hingegen wurde häufiger bei dem arthroskopischen Verfahren

nachgewiesen. Dabei spielte nach arthroskopischer Reposition insbesondere eine Rolle, ob es sich um eine primäre teratologische oder sekundär angeborene Hüftluxation handelte. Die Wahrscheinlichkeit eine Hüftkopfnekrose zu entwickeln war bei Patienten mit einer teratologischen Hüftluxation deutlich erhöht. Das hier beobachtete schlechtere Ergebnis der arthroskopischen Gruppe konnte ausschließlich auf die Behandlung teratologischer Hüftgelenke zurückgeführt werden. Eine fehlende Psoastenotomie im Rahmen der arthroskopischen Reposition könnte hierfür vorrangige Ursachen sein.

Als Konsequenz dieser Arbeit sollten Kindern mit **nicht teratologischer Hüftluxation** einerseits weiterhin arthroskopisch operiert werden, aufgrund der besseren Zentrierung des Hüftkopfes und damit einhergehenden geringeren Reluxationen sowie einer verminderten Restdysplasie als auch Hüftkopfnekrose. Andererseits sollte bei **teratologischen Hüftluxationen** von der arthroskopischen Operationsmethode Abstand genommen werden, bis ein Weichteilmanagement gewährleistet werden kann, welches dem offenen Verfahren entspricht. Dabei sollte es sich um ein Verfahren handeln, welches die Durchtrennung der Psoassehne ermöglichen kann.

Die Ergebnisse vorliegender Arbeit sollten jedoch zurückhaltend bewertet werden, da diese Arbeit einige Einschränkungen besitzt. Eine Vielzahl von präoperativen, intraoperativen und postoperativen Risikofaktoren (Störgrößen) können die Ergebnisse beeinflussen. Sie werden teilweise kontrovers in der Literatur diskutiert und wurden ebenfalls in vorliegender Arbeit betrachtet. Weitere Einschränkungen sind auf vorhandene Verzerrungen (Bias) und Scheinkorrelationen (z. B. in Blick auf die Hüftkopfnekrose, bedingt durch die Einbeziehung teratologischer Hüftluxationen) zurückzuführen. Das heterogene und kleine Patientenkollektiv, ein kurzer Beobachtungszeitraum von 2 Jahren sowie eine lückenhafte Datenlage durch fehlende Röntgenbilder und Patientendokumentation mindern ebenfalls die Aussagekraft dieser Arbeit. Die hier vorgestellten Ergebnisse liefern einen ersten Beitrag bei dem Vergleich der neuen arthroskopischen und älteren offenen Repositionsmethode bei Patienten mit schwerer Hüftluxation. Die Ergebnisse können als Ausgangspunkt für die weitere wissenschaftliche Untersuchung angesehen werden.

VI. Anhang

Nummer	Seite	Geschlecht	Repositions- methode	teratologische Hüftluxation	Alter zur Operation	Hüftkopfkrose 1. Kontrolle	Hüftkopfkrose 2. Kontrolle
1	links	männlich	offen	nein	6	nein	nein
2	rechts	weiblich	offen	nein	5	ja	ja
3	rechts	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
4	links	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
5	rechts	weiblich	offen	nein	13	nein	nein
6	rechts	weiblich	offen	nein	3	nein	nein
7	links	weiblich	offen	nein	3	nein	nein
8	links	weiblich	offen	nein	6	ja	ja
9	links	weiblich	offen	nein	6	nein	nein
10	rechts	weiblich	offen	nein	6	nein	nein
11	links	weiblich	offen	nein	8	ja	ja
12	rechts	weiblich	offen	nein	8	ja	ja
13	rechts	männlich	arthrosk.	ja	7	ja	ja
14	links	männlich	arthrosk.	ja	8	ja	ja
15	rechts	männlich	offen	ja	9	nein	nein
16	links	weiblich	offen	nein	5	ja	ja
17	links	weiblich	offen	ja	5	ja	ja
18	links	weiblich	arthrosk.	nein	3	nein	nein
19	rechts	weiblich	offen	ja	20	ja	ja
20	links	weiblich	offen	nein	6	nein	nein
21	rechts	männlich	offen	nein	19	nein	nein
22	links	weiblich	offen	ja	6	nein	nein
23	links	männlich	offen	nein	19	nein	fehlend
24	rechts	weiblich	arthrosk.	nein	6	nein	nein
25	links	weiblich	arthrosk.	nein	6	nein	ja
26	links	weiblich	arthrosk.	nein	6	nein	nein
27	rechts	weiblich	arthrosk.	nein	6	nein	nein
28	rechts	weiblich	offen	nein	7	ja	ja
29	links	weiblich	offen	ja	10	ja	nein
30	links	weiblich	arthrosk.	ja	5	ja	ja
31	rechts	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
32	links	weiblich	offen	nein	20	nein	fehlend
33	rechts	weiblich	arthrosk.	nein	21	nein	nein
34	links	männlich	arthrosk.	nein	16	nein	nein
35	rechts	weiblich	offen	nein	4	nein	nein
36	links	weiblich	offen	nein	4	nein	nein
37	links	weiblich	arthrosk.	nein	4	nein	nein
38	rechts	weiblich	offen	nein	4	nein	nein
39	rechts	weiblich	offen	nein	10	ja	ja
40	links	weiblich	offen	nein	6	ja	ja
41	links	weiblich	offen	nein	20	fehlend	nein
42	rechts	weiblich	offen	nein	21	nein	fehlend
43	links	weiblich	offen	nein	22	nein	fehlend
44	links	weiblich	offen	nein	16	nein	fehlend
45	rechts	weiblich	offen	ja	24	nein	nein
46	links	weiblich	offen	ja	13	nein	nein
47	links	männlich	offen	ja	4	ja	ja
48	rechts	männlich	offen	nein	1	nein	nein
49	rechts	weiblich	offen	nein	23	nein	nein
50	links	weiblich	offen	nein	24	nein	nein

Abbildung 81: Fallkollektiv – Nr. 1 bis 50 - Eigenschaften Teil 1

Nummer	Seite	Geschlecht	Repositions- methode	teratologische Hüftluxation	Alter zur Operation	Hüftkopfnekrose 1. Kontrolle	Hüftkopfnekrose 2. Kontrolle
51	links	weiblich	offen	nein	23	ja	nein
52	rechts	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
53	links	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
54	links	weiblich	offen	nein	10	ja	ja
55	links	weiblich	offen	ja	4	nein	fehlend
56	rechts	weiblich	offen	nein	4	nein	nein
57	links	weiblich	offen	nein	4	nein	nein
58	rechts	männlich	offen	ja	10	nein	fehlend
59	links	männlich	offen	ja	10	ja	fehlend
60	rechts	weiblich	offen	ja	5	nein	nein
61	links	weiblich	offen	ja	5	nein	nein
62	rechts	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
63	rechts	weiblich	offen	nein	19	nein	nein
64	links	weiblich	offen	nein	19	nein	nein
65	rechts	weiblich	offen	nein	5	nein	fehlend
66	links	weiblich	offen	nein	2	nein	nein
67	rechts	weiblich	offen	nein	7	nein	nein
68	links	weiblich	offen	nein	2	nein	nein
69	rechts	weiblich	offen	nein	9	ja	ja
70	links	weiblich	offen	nein	9	nein	nein
71	rechts	männlich	offen	ja	23	nein	nein
72	links	männlich	offen	ja	23	nein	nein
73	rechts	weiblich	offen	nein	13	nein	nein
74	links	weiblich	offen	nein	6	nein	nein
75	rechts	weiblich	offen	nein	7	nein	fehlend
76	links	weiblich	offen	nein	3	nein	nein
77	rechts	weiblich	offen	nein	3	nein	nein
78	rechts	weiblich	offen	nein	9	nein	nein
79	links	weiblich	offen	nein	5	nein	nein
80	links	weiblich	offen	nein	6	nein	nein
81	rechts	männlich	offen	ja	7	nein	nein
82	links	männlich	offen	ja	7	ja	nein
83	links	männlich	offen	nein	4	nein	fehlend
84	links	weiblich	offen	nein	3	nein	nein
85	links	weiblich	offen	nein	17	nein	nein
86	rechts	weiblich	offen	nein	21	nein	fehlend
87	links	weiblich	offen	nein	24	nein	nein
88	links	männlich	arthrosk.	nein	6	nein	nein
89	rechts	weiblich	arthrosk.	nein	8	nein	nein
90	links	weiblich	arthrosk.	nein	6	nein	nein
91	links	männlich	arthrosk.	ja	10	ja	ja
92	rechts	männlich	arthrosk.	ja	10	ja	ja
93	rechts	männlich	offen	ja	9	nein	nein
94	links	männlich	offen	ja	9	nein	nein
95	rechts	männlich	arthrosk.	ja	8	ja	ja
96	links	weiblich	arthrosk.	nein	20	nein	fehlend
97	rechts	weiblich	arthrosk.	nein	18	nein	fehlend

Abbildung 82: Fallkollektiv – Nr. 51 bis 97 - Eigenschaften Teil 1

Nummer	Relaxation 1. Kontrolle	Relaxation 2. Kontrolle	Restdysplasie 1. Kontrolle	Restdysplasie 2. Kontrolle
1	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	ja	ja
3	nein	nein	nein	ja
4	ja	ja	ja	ja
5	ja	ja	ja	ja
6	nein	nein	nein	nein
7	ja	ja	nein	ja
8	nein	nein	ja	ja
9	nein	ja	ja	ja
10	nein	ja	ja	ja
11	nein	nein	nein	nein
12	nein	nein	ja	nein
13	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein
15	ja	ja	ja	ja
16	nein	nein	ja	ja
17	nein	nein	nein	nein
18	nein	nein	nein	nein
19	nein	nein	ja	ja
20	nein	nein	ja	nein
21	ja	ja	ja	ja
22	ja	ja	ja	ja
23	ja	ja	nein	fehlend
24	nein	nein	nein	nein
25	nein	nein	nein	nein
26	nein	nein	nein	nein
27	nein	nein	ja	ja
28	nein	nein	nein	ja
29	nein	ja	ja	ja
30	nein	nein	ja	ja
31	nein	nein	ja	ja
32	nein	nein	nein	fehlend
33	nein	nein	nein	nein
34	nein	nein	ja	nein
35	ja	ja	nein	ja
36	ja	ja	ja	ja
37	nein	nein	ja	ja
38	nein	ja	ja	ja
39	nein	nein	nein	nein
40	ja	ja	ja	ja
41	nein	nein	ja	nein
42	nein	nein	nein	fehlend
43	nein	nein	nein	fehlend
44	nein	nein	ja	fehlend
45	nein	ja	ja	ja
46	nein	nein	ja	ja
47	ja	ja	nein	nein
48	ja	ja	ja	ja
49	ja	ja	ja	ja
50	nein	nein	ja	nein

Abbildung 83: Fallkollektiv – Nr. 1 bis 50 - Eigenschaften Teil 2

Nummer	Relaxation 1. Kontrolle	Relaxation 2. Kontrolle	Restdysplasie 1. Kontrolle	Restdysplasie 2. Kontrolle
51	nein	nein	ja	ja
52	nein	nein	nein	ja
53	nein	nein	nein	nein
54	ja	ja	ja	nein
55	ja	ja	ja	fehlend
56	nein	nein	ja	ja
57	nein	nein	nein	nein
58	nein	nein	nein	fehlend
59	nein	nein	nein	fehlend
60	nein	nein	nein	nein
61	nein	nein	nein	nein
62	nein	nein	ja	ja
63	nein	nein	nein	nein
64	nein	nein	ja	nein
65	nein	nein	ja	fehlend
66	nein	nein	ja	ja
67	nein	nein	ja	ja
68	nein	nein	nein	nein
69	nein	nein	ja	ja
70	nein	nein	ja	ja
71	nein	nein	nein	nein
72	nein	nein	nein	nein
73	nein	nein	ja	ja
74	nein	nein	nein	nein
75	nein	nein	nein	fehlend
76	nein	nein	nein	nein
77	nein	nein	nein	nein
78	ja	ja	ja	nein
79	nein	nein	ja	ja
80	nein	nein	nein	nein
81	ja	ja	nein	ja
82	nein	nein	nein	nein
83	ja	ja	ja	fehlend
84	ja	ja	ja	ja
85	nein	nein	ja	ja
86	nein	nein	nein	fehlend
87	nein	nein	ja	ja
88	nein	nein	nein	nein
89	nein	nein	nein	ja
90	nein	nein	ja	ja
91	nein	nein	nein	nein
92	nein	nein	nein	nein
93	nein	nein	nein	ja
94	nein	nein	ja	ja
95	nein	nein	nein	nein
96	nein	nein	nein	fehlend
97	nein	nein	nein	fehlend

Abbildung 84: Fallkollektiv – Nr. 51 bis 97 - Eigenschaften Teil 2

VII. Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren in Marburg und Stuttgart:

Adamkiewicz, Bartsch, Baum, Baumann, Becker S., Becker K., Behr, Bien, Boesner, Bohlander, Brehm, Busch, Cetin, Czubayko, Dannlowski, Daut, Dodel, Donner-Banzoff, Ellenrieder, Engenhardt-Cabillic, Exner, Fernandez, Fendrich, Feuser, Figiel, Fuchs-Winkelmann, Geks, Görg, Gotthardt, Gress, Grgic, Groß, Grundmann, Grzeschik, Henzel, Hertl, Heverhagen, Hilt, Höffken, Hofmann, Hoyer, Hundt, Jerrentrup, Kalinowski, Kann, Kill, Kircher, Klose, Knipper, König, Konrad, Koolmann, Kruse, Lill, Löffler, Lohoff, Maier, Maisch, Maisner, Moll, Mueller, Müller, Murck, Mutters, Neubauer, Neumüller, Nimsky, Oertel, Oliver, Opitz, Pagenstecher, Pfestroff, Plant, Renz, Richter, Riera-Knorrenschild, Riße, Roelcke, Ruchholtz, Schäfer H., Schäfer J., Schmidt, Schneider J., Schneider S., Schofer, Schulze, Schwarting, Seifert, Seitz, Sekundo, Steiniger, Strassmann, Tackenberg, Turgay Efe, Vogelmeier, Vogt, Wagner, Weihe, Werner, Westermann, Wrocklage, Wulf

VIII. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Jonas Fluhr, meiner Familie, meinen Freunden sowie den Betreuern Priv.-Doz. Dr. med. Francisco F. Fernandez und Priv.-Doz. Dr. med. Oliver Eberhardt für Ihre Unterstützung herzlich bedanken.

IX. Literaturverzeichnis

- AARO, S.; GOTTFRIES, B.; KRAEPELIEN, T.; TROELL, S.: Teratologic congenital dislocation of the hip. Report of two cases. In: *Acta orthopaedica Scandinavica* 54 (1983) 2, S. 178–181.
- ABDULLA, E. S. A. E.-H.; ABOUHEIF, M. M.: The effect of transfixing the hip with Kirschner wire during the operative treatment of hip dysplasia in children after the walking age. In: *Journal of orthopaedics* 11 (2014) 3, S. 126–131.
- AGUŞ, H.; OMERÖĞLU, H.; UÇAR, H.; BİÇIMOĞLU, A.; TÜRMER, Y.: Evaluation of the risk factors of avascular necrosis of the femoral head in developmental dysplasia of the hip in infants younger than 18 months of age. In: *Journal of pediatric orthopedics. Part B* 11 (2002) 1, S. 41–46.
- AKAGI, S.; TANABE, T.; OGAWA, R.: Acetabular development after open reduction for developmental dislocation of the hip. 15-year follow-up of 22 hips without additional surgery. In: *Acta orthopaedica Scandinavica* 69 (1998) 1, S. 17–20.
- AKAZAWA, H.; ODA, K.; MITANI, S.; YOSHITAKA, T.; ASAUMI, K.; INOUE, H.: Surgical management of hip dislocation in children with arthrogryposis multiplex congenita. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 80 (1998) 4, S. 636–640.
- ALBIÑANA, J.; MORCUENDE, J. A.; WEINSTEIN, S. L.: The teardrop in congenital dislocation of the hip diagnosed late. A quantitative study. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 78 (1996) 7, S. 1048–1055.
- ALSIDDIKY, A. M. M.; BAKARMAN, K. A.; ALZAIN, K. O.; ALJASSIR, F. F.; AL-AHAIDEB, A. S.; KREMLI, M. K.; ZAMZAM, M. M.; MERVYN LETTS, R.: The early detection and management of unstable concentric closed reduction of DDH with percutaneous K-wire fixation in infants 6 to 12 months of age. In: *Journal of pediatric orthopedics* 32 (2012) 1, S. 64–69.
- BAUMGART, K.; MELLEROWICZ, H.: Hüftdysplasie. In: *Orthopädie und Unfallchirurgie. Hrsg.: R. Hoffmann; J. Zacher; 1. Thieme 2006, S. 579–598.*
- BERNSTEIN, R. M.: Arthrogryposis and amyoplasia. In: *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 10 (2002) 6, S. 417–424.
- BİÇIMOĞLU, A.; AGUS, H.; OMERÖĞLU, H.; TUMER, Y.: Six years of experience with a new surgical algorithm in developmental dysplasia of the hip in children under 18 months of age. In: *Journal of pediatric orthopedics* 23 (2003) 6, S. 693–698.
- BITTMANN, F.: Einführung in die logistische Regression mit SPSS 2015. http://www.felix-bittmann.de/downloads/artikel/einfuehrung_logit_regression_mit_SPSS.pdf.
- BOHNDORF, K.; IMHOF, H.: Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke. 3. Auflage. Thieme, Stuttgart 2013.
- BONIFORTI, F. G.; FUJII, G.; ANGLISS, R. D.; BENSON, M. K. D.: The Reliability Of Measurements Of Pelvic Radiographs In Infants. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery* 79-B (1997) 4, S. 570–575.
- BOS, C. F.; SLOOFF, T. J.: Treatment of failed open reduction for congenital dislocation of the hip. A 10-year follow-up of 14 patients. In: *Acta orthopaedica Scandinavica* 55 (1984) 5, S. 531–535.
- BÖTTNER, F.: Facharztkompendium Orthopädie und Unfallchirurgie. Alles was Sie für den neuen Facharzt wissen sollten. 6. Auflage. OrthoForum-Verl, Berlin 2014.
- BUCKUP, K.; LINKE, L.-C.: Kinderorthopädie. 72 Tabellen. 2. Auflage. Thieme, Stuttgart [u.a.] 2001.
- BULSTRODE, C.: Oxford textbook of trauma and orthopaedics. 2. Auflage. Oxford University Press, Oxford, New York 2011.

- BULUT, O.; ÖZTÜRK, H.; TEZEREN, G.; BULUT, S.: Arthroscopic-Assisted Surgical Treatment for Developmental Dislocation of the Hip. In: *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 21 (2005) 5, S. 574–579.
- CAMPBELL, W. C.; CANALE, S. T.; BEATY, J. H.: *Campbell's operative orthopaedics*. 12. Auflage. Elsevier/Mosby, Philadelphia, PA 2013.
- CASTANEDA, P.; TEJERINA, P.; NUALART, L.; CASSIS, N.: The safety and efficacy of a transarticular pin for maintaining reduction in patients with developmental dislocation of the hip undergoing an open reduction. In: *Journal of pediatric orthopedics* 35 (2015) 4, S. 358–362.
- CLARKE, N. M. P.; JOWETT, A. J. L.; PARKER, L.: The Surgical Treatment of Established Congenital Dislocation of the Hip. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 25 (2005) 4, S. 434–439.
- CORDIER, W.; TÖNNIS, D.: Long-term results after open reduction of developmental hip dislocation by an anterior approach lateral and medial of the iliopsoas muscle. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics B* Vol. 12 (2005) 2, S. 79–87.
- COTTALORDA, J.; GAUTHERON, V.; METTON, G.; CHARMET, E.; MAATOUGUI, K.; CHAVRIER, Y.: Predicting the outcome of adductor tenotomy. In: *International orthopaedics* 22 (1998) 6, S. 374–379.
- DHAR, S.; TAYLOR, J. F.; JONES, W. A.; OWEN, R.: Early open reduction for congenital dislocation of the hip. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 72 (1990) 2, S. 175–180.
- DORNACHER, D.; LIPPACHER, S.; REICHEL, H.; NELITZ, M.: Mid-term results after ultrasound-monitored treatment of developmental dysplasia of the hips: to what extent can a physiological development be expected? In: *Journal of pediatric orthopedics. Part B* 22 (2013) 1, S. 30–35.
- DOYLE, S. M.; BOWEN, J. R.: Types of persistent dysplasia in congenital dislocation of the hip. In: *Acta orthopaedica Belgica* 65 (1999) 3, S. 266–276.
- EBERHARDT, O.; FERNANDEZ, F.; WIRTH, T.: Arthroscopic reduction of the dislocated hip in infants. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery* 94-B (2012) 6, S. 842–847.
- EBERHARDT, O.; WIRTH, T.; FERNANDEZ, F. F.: Arthroscopic reduction and acetabuloplasty for the treatment of dislocated hips in children of walking age: a preliminary report. In: *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 134 (2014) 11, S. 1587–1594.
- EBERHARDT, O.; WIRTH, T.; FERNANDEZ, F. F.: Arthroscopic Anatomy of the Dislocated Hip in Infants and Obstacles Preventing Reduction. In: *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 31 (2015) 6, S. 1052–1059.
- EL HAGE, S.; RACHKIDI, R.; NOUN, Z.; HAIDAR, R.; DAGHER, F.; KHARRAT, K.; GHANEM, I.: Is percutaneous adductor tenotomy as effective and safe as the open procedure?, S. 485–488.
- FROMM, S.: *Binärelogistische Regressionsanalyse. Eine Einführung für Sozialwissenschaftler mit SPSS für Windows*.
- GAMBLE, J. G.; MOCHIZUKI, C.: Coxa Magna Following Surgical Treatment of Congenital Hip Dislocation. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* (1985) 5, S. 528–533.
- GARDNER, R. O. E.; BRADLEY, C. S.; SHARMA, O. P.; FENG, L.; SHIN, M. E.; KELLEY, S. P.; WEDGE, J. H.: Long-term outcome following medial open reduction in developmental dysplasia of the hip: a retrospective cohort study. In: *Journal of Children's Orthopaedics* (2016) 3, S. 179-184.
- GILL, T. J.; CARROLL, K. M.; MAKANI, A.; WALL, A. J.; DUMONT, G. D.; COHN, R. M.: Surgical Technique for Treatment of Recalcitrant Adductor Longus Tendinopathy. In:

Arthroscopy Techniques 3 (2014) 2, e293–e297.

- GLAUBER, A.; VIZKELETY, T.: The influence of the iliopsoas muscle on femoral antetorsion. In: Archiv für Orthopädische und Unfall-Chirurgie 60-60 (1966) 1-2, S. 71–79.
- GLAUBER, A.; VIZKELETY, T.; SZEPESI, K.: Die Rolle des M. iliopsoas im Pathomechanismus der sog. angeborenen Hüftluxation. In: Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie 62 (1967) 4, S. 291–298.
- GOODMAN, S. B.; ADLER, S. J.; FYHRIE, D. P.; SCHURMAN, D. J.: The acetabular teardrop and its relevance to acetabular migration. In: Clinical orthopaedics and related research (1988) 236, S. 199–204.
- GRAF, R.: Sonographie der Säuglingshüfte. In: Becken, Hüfte. 114 Tabellen. Hrsg.: C. Tschauner. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Thieme, Stuttgart [u.a.] 2004, S. 51–60.
- GRAF, R.; ROTH-SCHIFFL, E.: Offene Reposition der so genannten kongenitalen Hüftluxation. In: Operative Orthopädie und Traumatologie (2001) 1, S. 43–53.
- GREGOSIEWICZ, A.; WOŚKO, I.: Risk factors of avascular necrosis in the treatment of congenital dislocation of the hip. In: Journal of pediatric orthopedics 8 (1988) 1, S. 17–19.
- GRUEL, C. R.; BIRCH, J. G.; ROACH, J. W.; HERRING, J. A.: Teratologic dislocation of the hip. In: Journal of pediatric orthopedics 6 (1986) 6, S. 693–702.
- GULATI, V.; ESEONU, K.; SAYANI, J.; ISMAIL, N.; UZOIGWE, C.; CHOUDHURY, M. Z.; GULATI, P.; AQIL, A.; TIBREWAL, S.: Developmental dysplasia of the hip in the newborn: A systematic review. In: World journal of orthopedics 4 (2013) 2, S. 32–41.
- HAMMER, G. P.; DU PREL, J.-B.; BLETTNER, M.: Vermeidung verzerrter Ergebnisse in Beobachtungsstudien. Teil 8 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen. In: Deutsches Ärzteblatt 106 (2009) 41, S. 664–668.
- HEFTI, F.: Die kindliche Hüftdysplasie und ihre Behandlungsmöglichkeiten. In: Hüftchirurgie in der Praxis. Hrsg.: R.-P. Meyer; A. Gächter; U. Kappeler. Springer, Berlin 2005, S. 67–94.
- HEFTI, F.: Kinderorthopädie in der Praxis. 2. Auflage. Springer Medizin, Heidelberg 2006.
- HEPP, W. R.; DEBRUNNER, H. U.; GROSSER, W.: Orthopädisches Diagnostikum. 82 Tabellen. 7. Auflage. Thieme, Stuttgart [u.a.] 2004.
- IMATANI, J.: Coxa Magna After Open Reduction for Developmental Dislocation of the Hip. In: Journal of Pediatric Orthopaedics (1995) 15, S. 337–341.
- ISHII, Y.; WEINSTEIN, S. L.; PONSETI, I. V.: Correlation between arthrograms and operative findings in congenital dislocation of the hip. In: Clinical orthopaedics and related research (1980) 153, S. 138–145.
- JENSEN, K.-U.: Die Arthroscopie der Schulter Diagnostik und Operationsverfahren. In: Arthro-Clinic.de 17 (2004) 17, S. 4–50.
- KALAMCHI, A.; MAC EWEN, D. G.: Avascular Necrosis following Treatment of Congenital Dislocation of the Hip. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 62- A (1980) 6, S. 876–888.
- KAMATH, S. U.; BENNET, G. C.: Re-dislocation following open reduction for developmental dysplasia of the hip. In: International orthopaedics 29 (2005) 3, S. 191–194.
- KATZ, J. F.: Identification of the "teardrop" figure and acetabular margins on the roentgenogram. In: Clinical orthopaedics and related research 62 (1969) 1, S. 232–239.
- KERSHAW, C. J.; WARE, H. E.; PATTINSON, R.; FIXSEN, J. A.: Revision of failed open reduction of congenital dislocation of the hip, S. 744–749.
- KERSHAW, C. J.; WARE, H. E.; PATTINSON, R.; FIXSEN, J. A.: Revision of failed open reduction of

- congenital dislocation of the hip. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 75 (1993) 5, S. 744–749.
- KLUBA, T.: *Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie. 2. Auflage.* Thieme, Stuttgart [u.a.] 2005.
- KOHN, D.; POHLEMANN, T.; FRITSCH, E.: *Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung.* Springer Medizin, Berlin 2010.
- LEBEL, M.-E.; GALLIEN, R.: The surgical treatment of teratologic dislocation of the hip. In: *Journal of pediatric orthopedics. Part B* 14 (2005) 5, S. 331–336.
- LUHMANN, S. J.; SCHOENECKER, P. L.; ANDERSON, A. M.; BASSETT, G. S.: The prognostic importance of the ossific nucleus in the treatment of congenital dysplasia of the hip. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 80 (1998) 12, S. 1719–1727.
- MATTHIESSEN, H.: *Wachstum und Reifung.* In: *Becken, Hüfte. 114 Tabellen.* Hrsg.: C. Tschauner. *Orthopädie und orthopädische Chirurgie.* Thieme, Stuttgart [u.a.] 2004, S. 120–133.
- MCCCLUSKEY, W. P.; BASSETT, G. S.; MORA-GARCIA, G.; MACEWEN, G. D.: Treatment of failed open reduction for congenital dislocation of the hip. In: *Journal of pediatric orthopedics* 9 (1989) 6, S. 633–639.
- MILGRAM, J. W.; TACHDJIAN, M. O.: Pathology of the limbus in untreated teratologic congenital dislocation of the hip. A case report of a ten-month-old- infant. In: *Clinical orthopaedics and related research* (1976) 119, S. 107–111.
- MITTAG, H.-J.: *Statistik. Eine Einführung mit interaktiven Elementen. 3. Auflage.* Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2014.
- MUBARAK, S. J.; BECK, L. R.; SUTHERLAND, D.: Home traction in the management of congenital dislocation of the hips. In: *Journal of pediatric orthopedics* 6 (1986) 6, S. 721–723.
- NIETHARD, F. U.; CARSTENS, C.: *Kinderorthopädie. 2. Auflage.* Thieme, Stuttgart [u.a.] 2009.
- NIETHARD, F. U.; PFEIL, J.; BIBERTHALER, P.: *Orthopädie und Unfallchirurgie. 78 Tabellen ; [inklusive Video CD-ROM]. 6. Auflage.* Thieme, Stuttgart 2009.
- NIETHARD, F. U.; WEBER, M.; HELLER, K.-D.: *Orthopädie compact. Alles für Station und Facharztprüfung // Alles für Station und Facharztprüfung ; 41 Tabellen.* Thieme, Stuttgart, New York 2005.
- NOVAIS, E. N.; HILL, M. K.; CARRY, P. M.; HEYN, P. C.: Is Age or Surgical Approach Associated With Osteonecrosis in Patients With Developmental Dysplasia of the Hip? A Meta-analysis. In: *Clinical orthopaedics and related research* 474 (2016) 5, S. 1166–1177.
- O'SULLIVAN, G. S.; GOODMAN, S. B.; JONES, H. H.: Computerized tomographic evaluation of acetabular anatomy. In: *Clinical orthopaedics and related research* (1992) 277, S. 175–181.
- ÖZTÜRK, H.; ÖZTEMÜR, Z.; BULUT, O.; TEZEREN, G.; BULUT, S.: Arthroscopic-assisted surgical treatment for developmental dislocation of the hip before the age of 18 months. In: *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 133 (2013) 9, S. 1289–1294.
- PAP, K.; KISS, S.; VIZKELETY, T.; SZOKE, G.: Open adductor tenotomy in the prevention of hip subluxation in cerebral palsy. In: *International orthopaedics* 29 (2005) 1, S. 18–20.
- PEIC, S.: Die Köhlersche Tränenfigur und ihre Bedeutung in der Röntgendiagnostik. In: *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren* 114 (1971) 03, S. 305–316.
- PFEIL, J.: *Hüftchirurgie. Steinkopff, [Heidelberg]* 2008.
- POSPECHILL, M.: *SPSS für Fortgeschrittene. Durchführung fortgeschrittener statistischer Analysen. 9. Auflage.* Hrsg.: RRZN Regionales Rechenzentrum Niedersachsen /

Universität Hannover September 2010. www.rrzn.uni-hannover.de/buecher.html.

- POSPISCHILL, R.; WENINGER, J.; GANGER, R.; ALTENHUBER, J.; GRILL, F.: Does Open Reduction of the Developmental Dislocated Hip Increase the Risk of Osteonecrosis? In: *Clinical Orthopaedics and Related Research*® 470 (2012) 1, S. 250–260.
- POTHMANN, M.; CORDIER, W.: Protrahierte Hüftreifeungsstörung im Kindesalter. In: *Becken, Hüfte. 114 Tabellen*. Hrsg.: C. Tschauner. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Thieme, Stuttgart [u.a.] 2004, S. 141–155.
- RHEE, P. C.: The Shenton Line in the Diagnosis of Acetabular Dysplasia in the Skeletally Mature Patient. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)* 93 (2011) Supplement_2, S. 35.
- ROPOSCH, A.: The Presence of an Ossific Nucleus Does Not Protect Against Osteonecrosis After Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research*® 469 (2011) 10, S. 2838-2845.
- RÖSSLER, H.; PITZEN, P.; RÜTHER, W.; STEINHAGEN, J.: *Orthopädie und Unfallchirurgie*. [Online-Zugang + interaktive Extras www.studentconsult.de]. 19. Auflage. Elsevier, Urban & Fischer, München 2007.
- SAKAMAKI, T.: [Clinical study on coxa magna during the treatment in congenital dislocation in the hip (author's transl)]. In: *Nihon Seikeigeka Gakkai zasshi* 53 (1979) 5, S. 491–504.
- SALTER, R. B.; KOSTUIK, J.; DALLAS, S.: Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation. In: *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie* 12 (1969) 1, S. 44–61.
- SCHOENECKER, P. L.; STRECKER, W. B.: Congenital dislocation of the hip in children. Comparison of the effects of femoral shortening and of skeletal traction in treatment. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 66 (1984) 1, S. 21–27.
- SEGAL, L. S.; BOAL, D. K.; BORTHWICK, L.; CLARK, M. W.; LOCALIO, A. R.; SCHWENTKER, E. P.: Avascular necrosis after treatment of DDH: the protective influence of the ossific nucleus. In: *Journal of pediatric orthopedics* 19 (1999a) 2, S. 177–184.
- SEGAL, L. S.; SCHNEIDER, D. J.; BERLIN, J. M.; BRUNO, A.; DAVIS, B. R.; JACOBS, C. R.: The contribution of the ossific nucleus to the structural stiffness of the capital femoral epiphysis: a porcine model for DDH. In: *Journal of pediatric orthopedics* 19 (1999b) 4, S. 433–437.
- SENARAN, H.; BOWEN, J. R.; HARCKE, H. T.: Avascular Necrosis Rate in Early Reduction After Failed Pavlik Harness Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 27 (2007) 2, S. 192–197.
- SELLAMNIKU, S.; BYTYQI, C.; MURTEZANI, A.; HAXHIJA, E. Q.: Correlation between avascular necrosis and the presence of the ossific nucleus when treating developmental dysplasia of the hip. In: *Journal of Children's Orthopaedics* 7 (2013) 6, S. 501–505.
- ST CLAIR, H. S.; ZIMBLER, S.: A plan of management and treatment results in the arthrogryptic hip. In: *Clinical orthopaedics and related research* (1985) 194, S. 74–80.
- STILLI, S.; ANTONIOLI, D.; LAMPASI, M.; DONZELLI, O.: Management of hip contractures and dislocations in arthrogryposis. In: *Musculoskeletal surgery* (2012) 1, S. 17–21.
- TERJESEN, T.: Residual hip dysplasia as a risk factor for osteoarthritis in 45 years follow-up of late-detected hip dislocation. In: *Journal of children's orthopaedics* 5 (2011) 6, S. 425–431.
- TERJESEN, T.; LIE, G. D.; HYLDMO, A. A.; KNAUS, A.: Adductor tenotomy in spastic cerebral palsy. A long-term follow-up study of 78 patients. In: *Acta orthopaedica* 76 (2005) 1, S. 128–137.

- TÖNNIS, D.: Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. Grundlagen, Diagnostik, konservative u. operative Behandlung. Springer, Berlin u.a 1984.
- TÖNNIS, D.: Hüftkopfnekrose in der konservativen und operativen Behandlung der angeborenen Hüftluxation - Ursachen, Häufigkeit, Vorbeugung. In: Hüftkopfnekrose. [Symposium, Nürnberg, 1.-3. März 1990]. Hrsg.: T. Stuhler. Springer-Verlag, Berlin, New York 1991, S. 215–226.
- TÖNNIS, D.: Röntgenuntersuchung und Arthrographie des Hüftgelenks im Kleinkindesalter. In: Der Orthopäde 26 (1997) 1, S. 49–58.
- TÖNNIS, D.; BRUNKEN, D.: Eine Abgrenzung normaler und pathologischer Hüftpfannendachwinkel zur Diagnose der Hüftdysplasie. In: Archiv für Orthopädische und Unfall-Chirurgie 64 (1968) 3, S. 197–228.
- TÖNNIS, D.; ITOH, K.; HEINECKE, A.; BEHRENS, K.: Die Einstellung der angeborenen Hüftluxation unter Arthrographiekontrolle, eine individuelle, risikoverringende zeitsparende Methode. Teil 1: Methodenwahl und Risikobeurteilung aufgrund des Arthrographiebefundes. In: Zeitschrift für Orthopädie 122 (1984) 1, S. 50–61.
- TSCHAUNER, C.; FURNTRATH, F.; SABA, Y.; BERGHOLD, A.; RADL, R.: Developmental dysplasia of the hip: impact of sonographic newborn hip screening on the outcome of early treated decentered hip joints-a single center retrospective comparative cohort study based on Graf's method of hip ultrasonography. In: Journal of children's orthopaedics 5 (2011) 6, S. 415–424.
- TSCHAUNER, C.; KLAPSCH, W.; BAUMGARTNER, A.; GRAF, R.: "Reifungskurve" des sonographischen Alpha-Winkels nach GRAF unbehandelter Hüftgelenke im ersten Lebensjahr. In: Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 132 (1994) 6, S. 502–504.
- VARE, V. B.: The anatomy of the pelvic tear figure. In: The Journal of bone and joint surgery. American volume 34-A (1952) 1, S. 167–169.
- WANG, T.-M.; WU, K.-W.; SHIH, S.-F.; HUANG, S.-C.; KUO, K. N.: Outcomes of Open Reduction for Developmental Dysplasia of the Hip: Does Bilateral Dysplasia Have a Poorer Outcome? In: The Journal of Bone and Joint Surgery (American) 95 (2013) 12, S. 1081.
- WANG, Y.-J.; YANG, F.; WU, Q.-J.; PAN, S.-N.; LI, L.-Y.: Association between open or closed reduction and avascular necrosis in developmental dysplasia of the hip: A PRISMA-compliant meta-analysis of observational studies. In: Medicine 95 (2016) 29, e4276.
- WILLIAMS, P. R.; Jones, D. A., Bishay, M.: Avascular necrosis and the Aberdeen splint in developmental dysplasia of the hip. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 81-B (1999) 6, S. 1023–1028.
- WINKER, K.-H.: Facharzt Orthopädie Unfallchirurgie. Urban & Fischer, Munich 2011.
- WIRTH, C. J.; MUTSCHLER, W.; KOHN, D.; POHLEMANN, T.: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. 3. Auflage. Thieme, Stuttgart, New York, NY 2013.
- YAU, P. W. P.; CHOW, W.; LI, Y. H.; LEONG, J. C. Y.: Twenty-year follow-up of hip problems in arthrogryposis multiplex congenita. In: Journal of pediatric orthopaedics 22 (2002) 3, S. 359–363.