

Aus der
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Klinik der Universität München
Direktoren: Prof. Dr. Wolfgang Böcker und Prof. Dr. Boris Holzapfel

Morbus Perthes
**Prognostische Faktoren und ihre Auswirkungen auf das
klinische und radiologische Endergebnis**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Kerstin Elisabeth Lasshofer

aus
Wien

2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Sandra Utzschneider

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Stephan Kellnar

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 21.11.2024

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
Medizinhistorischer Überblick	1
Epidemiologie	1
Ätiologie	2
Pathogenese	3
Klinisches Erscheinungsbild	4
Stadieneinteilung	4
1.1.1 Klassifikation nach Waldenström	4
1.1.2 Klassifikation nach Catterall	10
1.1.3 Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring	11
1.1.4 Einteilung nach Salter und Thompson	12
1.1.5 Stulberg-Klassifikation	14
1.1.6 Diagnostik	14
1.1.7 Anamnese	14
1.1.8 Körperliche Untersuchung	14
1.1.9 Apparative Verfahren	15
1.1.9.1 Konventionelles Röntgenbild	15
1.1.9.2 Sonographie	15
1.1.9.3 Kernspintomographie	16
1.1.9.4 Arthrographie	16
1.1.9.5 Szintigraphie und Computertomographie	16
1.1.10 Laborchemische Diagnostik	16
Differentialdiagnosen	16
Therapie	17
1.1.11 Konservative Therapie	18
1.1.11.1 Medikamentöse Therapie	18
1.1.11.2 Physiotherapie	18
1.1.11.3 Hilfsmittel	18
1.1.12 Operative Therapie	19
1.1.12.1 Containment verbessernde Verfahren	19
1.1.12.1.1 Intertrochantäre Varisationsosteotomie	19
1.1.12.1.2 Beckenosteotomie	20
1.1.12.1.3 Intertrochantäre Valgisationsosteotomie	21
1.1.12.1.4 Andere operative Verfahren	22
1.1.12.2 Non-Containment Verfahren	22

Prognose	23
2 Zielsetzung	25
3 Material und Methoden	25
Epidemiologische Daten	25
Klinische Daten bei Erstdiagnose und Therapieende	25
Radiologische Ergebnisse	26
3.1.1 Radiologische Klassifikationen	26
3.1.2 Radiologische Morphometrie sowohl bei Erstdiagnose als auch bei Ausheilung	26
3.1.2.1 Epiphysenindex und Epiphysenquotient	27
3.1.2.2 Kopf-Hals-Index und Kopf-Hals-Quotient	27
3.1.2.3 Pfannenindex und Pfannenquotient	28
3.1.2.4 Pfannen-Kopf-Index und Pfannen-Kopf-Quotient	28
3.1.2.5 Indices nach Heymann u. Herndon	29
3.1.2.6 Epiphysen-Extrusions-Index	30
3.1.2.7 Migrationsindex nach Reimers	30
3.1.3 Winkelmessungen	31
3.1.3.1 Zentrum-Collum-Diaphysen-Winkel	31
3.1.3.2 Zentrum-Eck-Winkel nach Wiberg (1939)	31
3.1.3.3 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp	32
3.1.4 Artikulo-Trochanter-Distanz (ATD)	33
3.1.5 Radiologische Risikofaktoren	33
Therapie	33
Klinischer Verlauf	34
Radiologische Daten bei Ausheilung	34
Herausarbeitung der relevanten Risikofaktoren	34
Statistische Auswertung	34
4 Ergebnisse	36
Patientenkollektiv	36
Epidemiologische Verteilung	36
4.1.1. Geschlechterverteilung	36
4.1.1 Alter bei Erkrankungsbeginn und bei Ausheilung	36
4.1.2 Beidseitiger Befall	36
Klinische Untersuchungsergebnisse	36
4.1.2.1 Erstsymptomatik	36
4.1.2.2 Bewegungsumfang und Körpergewicht	37

4.1.2.3	Klinischer Untersuchungsbefund bei Erstdiagnose	37
Radiologische Ergebnisse bei Erstdiagnose		37
4.1.3	Radiologische Klassifikationen	37
4.1.3.1	Stadieneinteilung nach Waldenström	37
4.1.3.2	Catterall Klassifikation	37
4.1.3.3	Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring	38
4.1.4	Radiologische Morphometrie bei Erstdiagnose und Ausheilung	38
4.1.4.1	Gesamtquotient nach Heymann u. Herndon	39
4.1.5	Subluxation	40
4.1.6	Artikulo-Trochantäre Distanz (ATD)	40
Ergebnisse der Winkelmessungen		40
4.1.7	CCD-Winkel bei Diagnosestellung und bei Ausheilung	40
4.1.8	CE-Winkel bei Diagnosestellung und bei Ausheilung	42
4.1.9	Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp bei Erstdiagnose und bei Ausheilung	42
Therapie		43
4.1.10	Konservatives und operatives Therapiekonzept	44
4.1.11	Compliance	45
Endergebnisse anhand der Stulberg-Klassifikation		45
4.1.12	Gesamtes Patientenkollektiv	45
1.1.1.	radiologische Endergebnisse der bilateral befallenen Perthes Patienten	46
4.1.13	Geschlechterspezifische Endergebnisse anhand der Stulberg-Einteilung	47
4.1.14	Alterspezifische radiologische Endergebnisse anhand der Stulberg-Klassifikation	49
4.1.15	Endergebnisse spezifisch anhand der Catterall-Klassifikation	52
4.1.16	Endergebnisse spezifisch anhand der Herring-Klassifikation	52
4.1.17	Endergebnisse nach Stulberg abhängig von der Therapie	53
4.1.17.1	Konservative Therapie	53
4.1.17.2	Operative Therapie	53
4.1.18	Einzelfallanalysen der Stulberg IV und V Patienten	54
Korrelation		57
4.1.19	– mit dem Alter bei Erstdiagnose	57
4.1.20	– mit der Klassifikation nach Catterall	57
4.1.21	– mit der Klassifikation nach Herring	57
5	Diskussion	59
6	Zusammenfassung	72
7	Literaturverzeichnis	74
8	Abbilungsverzeichnis	86

9	Tabellenverzeichnis	87
10	Anhang	89
11	Abkürzungsverzeichnis	98
12	Eidesstattliche Erklärung	99
13	Danksagung	100
14	Lebenslauf	101

Einleitung

Medizinhistorischer Überblick

Der Wiener Wissenschaftler Karl Maydl beschrieb 1897 in der WIENER KLINISCHE RUNDSCHAU als Erster ein Hüftleiden, bei dem es sich nach heutigem Wissensstand um eine bereits abgelaufene Perthes-Erkrankung gehandelt haben muss (1). Danach veröffentlichten mehrere Autoren unterschiedlicher Nationalitäten ihre Arbeiten über Krankheitsgeschehen, die an Morbus Perthes denken lassen, wie das juvenile Hüftleiden heute unter anderem genannt wird (2). Beinahe gleichzeitig und unabhängig voneinander publizierten die bis heute namengebenden Wissenschaftler Arthur Thornton Legg (1874–1939), Jacques Calvé (1875–1954) und Georg Clemens Perthes (1869–1927) ihre Erkenntnisse über die bis heute ätiologisch noch nicht vollständig geklärte Erkrankung (2-4). Der Amerikaner Arthur Thornton Legg präsentiert im Sommer 1909 seine neuen Erkenntnisse über eine Erkrankungen des Hüftgelenks bei Kindern (2). Ein Jahr später veröffentlichte er seine Arbeit mit dem Titel „An obscure affection of the hip joint“ (2). Schon der Titel weist auf eine Krankheit unklarer Genese hin (2). Der Franzose Jaques Calvé veröffentlicht ein Jahr später seine Arbeit über eine besondere Form der Pseudokoxalgie (3). Der Deutsche Georg Clemens Perthes (1869–1927) lieferte in seiner Studie vom Oktober 1910 mit dem Titel „Über die Arthritis deformans juvenilis“ mit seinen schematischen Zeichnungen ein exakte Beschreibung des radiologischen Befundes (4).

Bis heute gibt es keinen einheitlichen Namen für die seit mehr als 100 Jahren bekannte Hüft-erkrankung. Morbus Perthes wird hauptsächlich im deutschsprachigem Raum gebraucht, im französischen Calvé und im angloamerikanischen Sprachraum wird die Krankheit als Legg-Calvé-Perthes-Disease (LCPD) bezeichnet (5). Die Skandinavier folgten dem Vorschlag des Schweden Henning Waldenström (1877–1972), auch einer der Erstbeschreiber der Hüftaffektion, und verwenden den von ihm favorisierten Ausdruck Coxa plana idiopathica bis heute (6). Waldenström wurde in der Namensgebung jedoch nicht berücksichtigt (5).

Die Ätiologie der Perthes-Erkrankung war schon vor mehr als 100 Jahren ein kontrovers diskutiertes Thema in der Medizin (7). Waldenström vermutete eine ischämische Pathogenese als Ursache für die Erkrankung (8). Calvé vertrat die Theorie eines Vitamin-D-Mangels (3) und Legg nannte eine traumatische Ursache mit darauffolgender arterieller Minderversorgung (2).

Epidemiologie

Die Inzidenz variiert zwischen 0,2 und 32 Erkrankten pro 10.000 Kindern und Jugendlichen (9). Epidemiologisch können ethnische und geographische Unterschiede festgestellt werden (10,11). Vorwiegend ist die kaukasische Bevölkerung betroffen (10). Kinder und Jugendliche

der asiatischen, als auch der afroamerikanischen Bevölkerung haben ein geringeres Risiko an Morbus Perthes zu erkranken (10). Kinder und Jugendliche aus unteren sozioökonomischen Schichten sind häufiger betroffen (11).

Der Altersgipfel der Hüftgelenkserkrankung liegt zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr, wobei bevorzugt Jungen betroffen sind (11). Das Verhältnis zwischen Jungen und Mädchen beträgt 4:1 und eine geringe erbliche Penetranz mit 1,3% ist beschrieben (12,13).

Ein bilateraler Befall tritt in 8% bis 24% der Erkrankungen auf, dabei befinden sich die Hüften üblicherweise in unterschiedlichen Erkrankungsstadien (12,14). Meist ist eine Seite stärker befallen als die andere (14).

Ätiologie

Die Ätiologie des Morbus Perthes wirft bis heute Rätsel auf. Vermutlich handelt es sich um ein Zusammenspiel von Umwelteinflüssen und genetischen Faktoren (7).

Die Hypothese einer Minderung oder Unterbrechung der Blutversorgung der Femurepiphyse wird aktuell favorisiert (15-18). Es konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Morbus Perthes häufig eine obliterierte oder fehlende A. circumflexa media und/oder A. obturatoria aufweisen (15,17). Durchblutungsstörungen in der A. epiphysaria lateralis konnten ebenso bei einigen Patienten festgestellt werden (15,16,18).

In tierexperimentellen Versuchen konnte ein erhöhter intraartikulärer Druck als Ursache für eine Minderdurchblutung nachgewiesen werden (19,20). Shang-li (21) und Green et al. (22) konnten venöse Abflussstörungen als Grund einer Druckerhöhung erkennen.

Weiterhin wird eine Synovitis als Grund für eine Druckerhöhung diskutiert (23).

Studien zur Entstehung des Morbus Perthes, basierend auf Funktionsstörungen in der Gerinnungskaskade, sind weiterhin umstritten (24-27).

Es gibt Publikationen, die zeigen, dass das fehlende Vorhandensein von Faktor C und S, eine Thrombophilie oder eine Faktor-V-Leiden-Mutation ursächlich für Morbus Perthes sind (24). Jedoch konnten Publikationen anderer Forschungsgruppen diesen Zusammenhang nicht verifizieren (25-27).

In Veröffentlichungen von Bohr (28), Kristmundsdottir (29), Grasemann (30) und Nava Zarco (31) konnte eine Retardierung der Skelettreihe gezeigt werden (28-31). Vor allem zum Erkrankungsbeginn und bei jüngeren Kindern kommt es zu einer temporären Wachstumsverzögerung des Knochens, welche bis zur Ausheilung der Erkrankung wieder aufgeholt werden kann (28,29).

In der Publikation von Hailer et al. 2008 konnte gezeigt werden, dass Kinder mit Morbus Perthes ein erhöhtes Sturzrisiko aufweisen (32). Durch erhöhte körperliche Aktivität verglichen zur Normalbevölkerung können die einwirkenden mechanischen Kräfte auf den Femurkopf erhöht sein (32). Ein auffällig hoher Anteil an hyperaktiven Kindern in der Gruppe

der Perthes-Erkrankten bestärkt den Grundgedanken, dass durch repetitive Mikrotraumata Schäden an der Spongiosa des Hüftkopfes entstehen (33).

2007 konnte die Arbeitsgruppe von Miyamoto et al. erstmals eine Mutation des Kollagen-Gens COL2A1 in japanischen Familien als mögliche Ursache für eine familiäre Häufung von Morbus Perthes identifizieren (34).

Livesey et al. (1998) beschreiben in ihrer Publikation zur genetischen Disposition einer Perthes-Erkrankung das Erkrankungsrisiko als 35-fach erhöht bei Verwandten ersten Grades und 4-fach erhöht bei Verwandten dritten oder vierten Grades (35).

Neidel, Zander und Hackenbroch et al. konnten erniedrigte Spiegel des Insulin-like Growth Faktor-1 und Somatomedin C in ihren Studien nachweisen (36,37). Der Arbeitsgruppe um Grasemann et al. gelang es 1996 jedoch nicht, eine Störung der Hypothalamus-Hypophysen-Somatomedin-Achse oder erhöhte Insulin-like Growth Faktor-1-Konzentrationen nachzuweisen (30).

Sozioökonomische Komponenten in der Ätiologie der Perthes-Erkrankung sehen die Arbeitsgruppen um Perry et al. (38), Loder und Skopelja (11) und Wynne-Davis (39). Sie beschreiben jeweils ein gehäuftes Auftreten der Erkrankung in unteren sozialen Schichten (11,38,39).

Sowohl Rauchen als auch Passivrauchen während der Schwangerschaft können das Risiko an Morbus Perthes zu erkranken, erhöhen (40,41).

Auch nach umfassender Forschung ist die Ätiologie bis zum heutigen Tag unklar.

Zusammenfassend dürfe nur die Durchblutungsstörung als gesicherte Theorie angesehen werden (7).

Pathogenese

Initial kommt es zu einer Ischämie unklarer Ätiologie und somit zu einer Unterbrechung der epiphysären Durchblutung, gefolgt von einer Nekrose der Femurepiphyse (7). Die enchondrale Ossifikation sistiert, während der Gelenkknorpel, welcher durch Diffusion der Synovialflüssigkeit weiterhin ernährt wird, weiter wächst (7).

Durch ein überschießendes Knorpelwachstum einerseits und einem sistierenden Knochenwachstum andererseits, kann es zu einer Dezentrierung und folglich zu einem subluxierten Hüftkopf kommen (42). Der Gelenkspalt kann im Röntgenbild verbreitert erscheinen (Initialstadium) (6).

Es entsteht eine Nekrose des Epiphysenkerns (42). Die dabei entstehenden Umbauprozesse führen zur Bildung von Faserknorpel, der sich auf den nekrotischen Knochen trabekeln ablagert (43). Radiologisch erscheint der Hüftkopf verdichtet, abgeflacht und strahlendichter (Kondensationsstadium) (6).

Die Phase der Revaskularisierung beginnt von peripher nach zentral (42). In dieser Phase kommt es zu einer Einsprossung neuer Gefäße, die vorher entstandene Nekrose wird resorbiert und die Epiphyse wirkt am Röntgenbild schollig aufgelöst (Fragmentationsstadium) (6).

Biomechanisch wenig belastbarer, unreifer Geflechtknochen wird angelagert (44). In dieser Phase ist die Gefahr der Deformierung am größten, da Geflechtknochen leicht verformbar ist (44). Hier spricht man auch von dem Phänomen der „biologischen Plastizität des Hüftkopfes“ nach Salter (45). Die nun einwirkenden Druckgradienten bestimmen die spätere Hüftkopfdeformität (45). Der Übergang zum Reparationsstadium ist fließend (6,7). Mit Abschluss der Reparationsvorgänge erreicht der Femurkopf seine endgültige Form mit sphärischer oder asphärischer Kongruenz zur Hüftpfanne (44,46).

Eine Wachstumsfugenbeteiligung kann eine Schenkelhalsverkürzung und gegebenenfalls eine Beinlängenverkürzung zur Folge haben (46). Kommt es zu einer Mitbeteiligung der Trochanter major-Apophyse, kann durch ein stetiges Wachstum ein Trochanterhochstand resultieren (43).

Klinisches Erscheinungsbild

Als Erstsymptom wird neben intermittierenden Schmerzintervallen häufig ein Hinken der Kinder beschrieben (47). Die Mehrheit der Perthes-Erkrankten klagten über Schmerzen, vorallem im Knie und/oder Oberschenkelbereich (13). Anamnestisch können Phasen einer „Lauffaulheit“ oder raschen Ermüdbarkeit der Kinder beobachtet werden (43).

Stadieneinteilung

1.1.1 Klassifikation nach Waldenström

Die pathophysiologisch durchlaufenen Stadien des Morbus Perthes konnten bereits 1922 von Henning Waldenström radiologisch beschrieben werden (6).

Er teilt die Erkrankung in fünf Stadien ein (6):

Initialstadium: Lateralisation des Hüftkopfes, Gelenkspalt verbreitert, schwer im Röntgenbild erkennbar, selten erfasst, da klinisch meist stumm (siehe Abbildung 1)

(6)



Abbildung 1 Initialstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Kondensationsstadium: abgeflachte, verkleinerte und strahlendichtere Epiphyse
(siehe Abbildung 2) (6)



Abbildung 2 Kondensationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Fragmentationsstadium: Subchondrale Aufhellung mit scholligem Zerfall der Epiphyse, klinische Symptome am häufigsten, Dauer ungefähr sechs Monate (siehe Abbildung 3) (6)



Abbildung 3 Fragmentationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Reparationsstadium: Wiederaufbau des Hüftkopfs durch Reossifikation, beginnend von medial nach lateral und von posterior nach anterior, beginnender Epiphysenfugenverschluss, Dauer bis zu 18 Monate (siehe Abbildung 4) (6)



Abbildung 4 Reparationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Endstadium: Ausheilung mit Restitutio ad integrum oder Deformität (Hüftkopfentrundung, verbreiteter und verkürzter Schenkelhals, Gelenksinkongruenz, Coxa magna, Trochanterhochstand) (siehe Abbildung 5) (6)



Abbildung 5 Endstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Wie in Abbildung 6 dargestellt, kann es sowohl zu physiologischen als auch zu pathologischen Ausheilungstadien kommen (6,48).

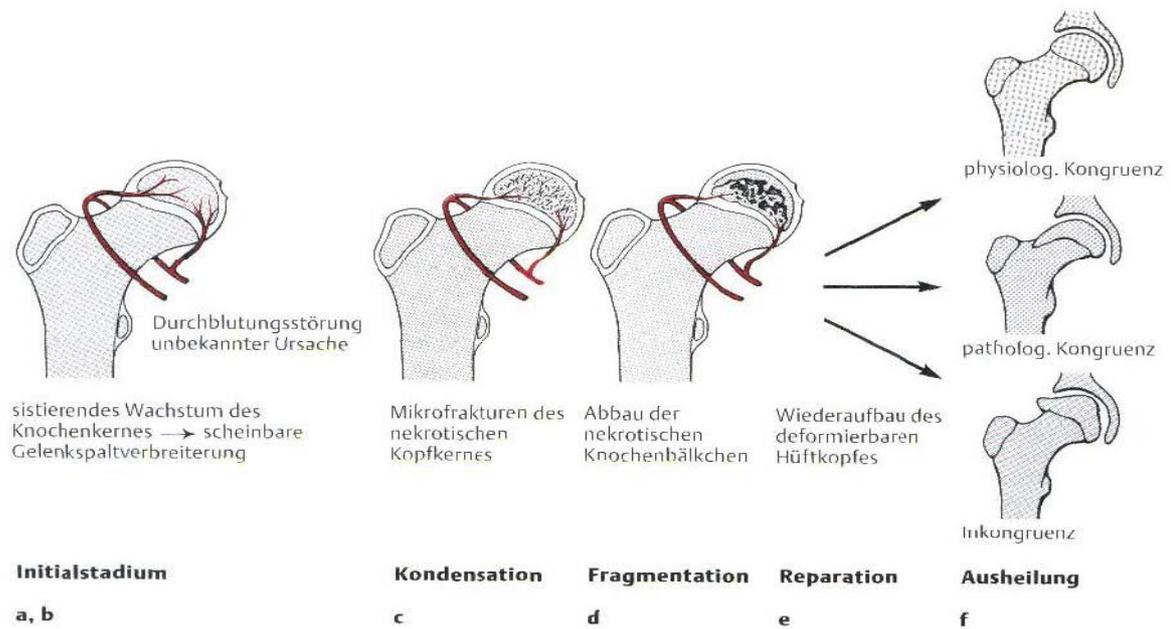


Abbildung 6 Stadieneinteilung nach Waldenström (13)

1.1.2 Klassifikation nach Catterall

1971 veröffentlicht Catterall seine bis heute angewandte Klasseneinteilung (49). Anhand a.-p.- und axialen Röntgenaufnahmen wird der Hüftkopf in vier Quadranten eingeteilt, wie in Abbildung 7 dargestellt. Je nach Ausmaß der Nekrose kann eine prognostische Aussage getroffen werden (49-51).

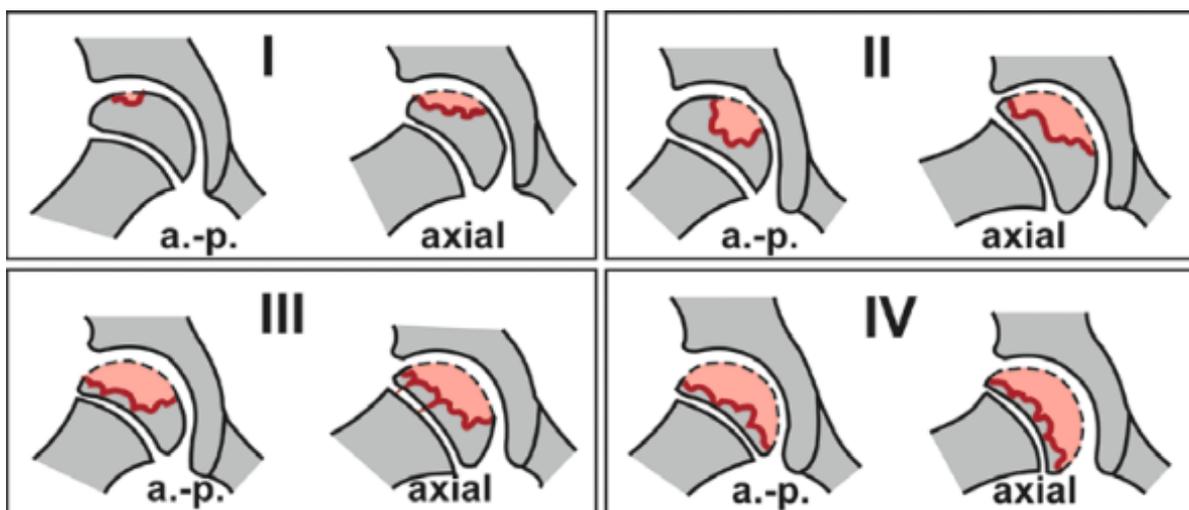


Abbildung 7 Klassifikation nach Catterall: I nur anterolateraler Anteil betroffen, II vorderes Drittel oder $\frac{1}{2}$ des Femurkopfes involviert, III bis zu $\frac{3}{4}$ des Femurkopfes betroffen, nur dorsalster Teil intakt, IV ganzer Femurkopf betroffen (52)

1981 erweitert er diese Klassifikation um vier „Head-at-risk-Zeichen“ (49,50,53). Das Auftreten der in Abbildung 8 schematisch dargestellten Risikofaktoren erhöhen das Risiko für ein schlechtes Outcome (49).

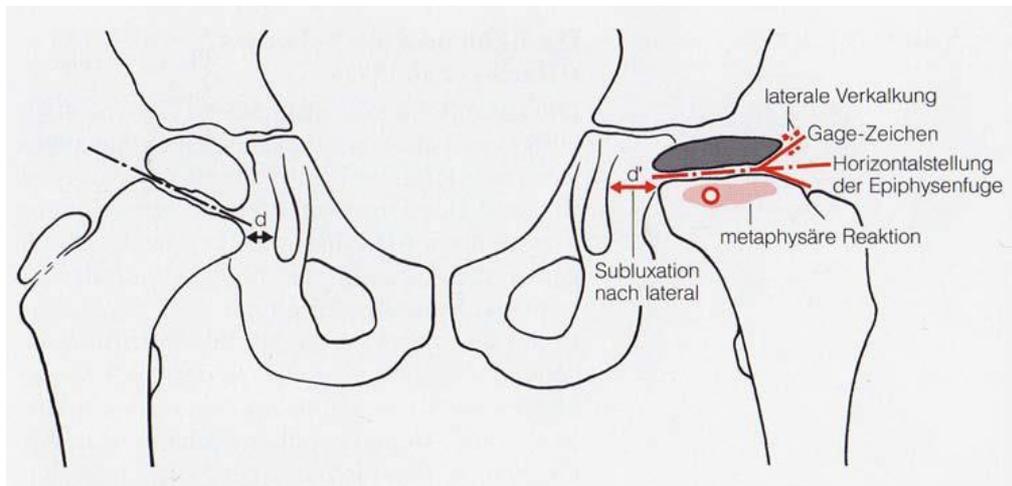


Abbildung 8 Head-at-risk-Zeichen nach Catterall (1981) aus (5)

- Laterale Subluxation: „head socket distance“, Vergrößerung des Abstandes zwischen Epiphyse und Pfanne, gemessen anhand des Extrusionsindex oder mit dem Überdachungsquotient (54)
- Laterale Verkalkung bzw. Ossifikation: Kalkareale im lateralen Teil der Wachstumsfuge (49)
- Gage-Zeichen: V-förmige, osteoporotische Aussparung am seitlichen Hüftkopf, oft einhergehend mit einer lateralen Verkalkung der Epiphyse (49)
- Horizontale Epiphysenfuge: aufgrund von veränderten einwirkenden Kräften auf die Epiphysenfuge kommt es zu einer Horizontalisierung der Wachstumsfuge; Catterall sieht diese als Vorstufe zur Subluxation an (49)

1.1.3 Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring

Herring et al. stellten 1992 mit Hilfe von a.-p.-Röntgenaufnahmen eine 3-Gruppen-Klassifikation vor, die sich auf den lateralen Pfeiler des Hüftkopfes stützt und deren Kollaps während der Erkrankung beschreibt (55). Der „lateral pillar“ ist als die seitlichen 5% bis 30% des Hüftkopfes definiert (55). Die Merkmale der einzelnen Stadien werden in der folgenden Tabelle 1-1 veranschaulicht.

Tabelle 0-1 Herring-Klassifikation nach Herring et al. (55)

Gruppe	Merkmal
Herring A	lateraler Pfeiler erhalten
Herring B	Höhenverlust des lateralen Pfeilers von bis zu 50%
Herring C	mehr als 50% des lateralen Pfeilers betroffen

Orientierend an der Höhe des lateralen Hüftkopf Pfeilers im Fragmentationsstadium erfolgt, wie in Abbildung 9 ersichtlich, die Einteilung in die folgenden Gruppen (55).

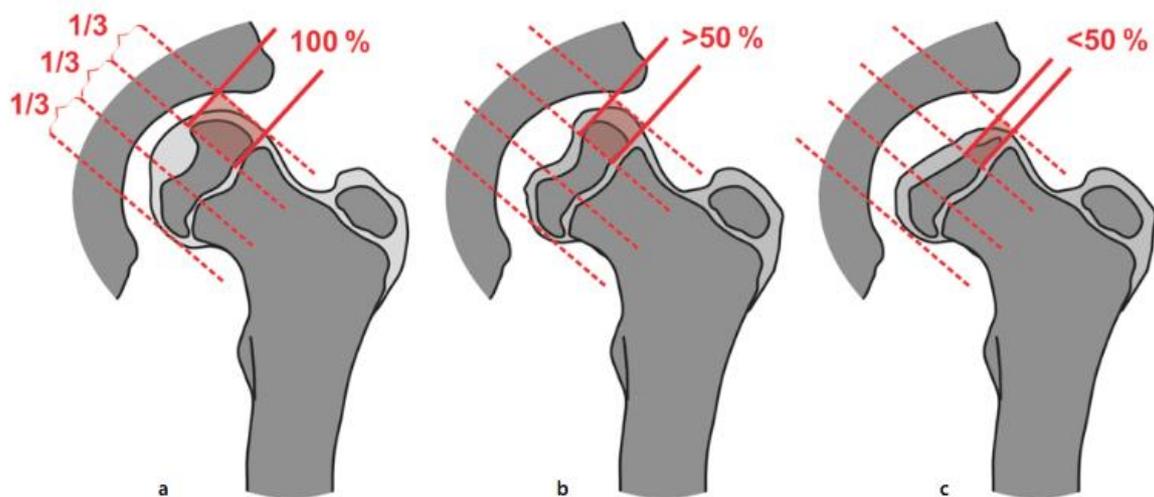


Abbildung 9 Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring: A: Lateraler Pfeiler nicht betroffen, B: bis zu 50% der Höhe des lateralen Pfeilers erhalten, C: weniger als 50% der Höhe des lateralen Pfeilers erhalten (52)

1.1.4 Einteilung nach Salter und Thompson

Die Einteilung in eine der vier Catterall-Gruppen ist besonders zu Erkrankungsbeginn schwierig (56-58). Die exakte Zuordnung kann erst im Fragmentationsstadium erfolgen, wenn das vollständige Ausmaß der Nekrose sichtbar ist (45).

Daraufhin hat die Arbeitsgruppe um Salter und Thompson 1984 eine vereinfachte Einteilung in zwei Gruppen vorgeschlagen (45). Eine 2-Klassen-Einteilung wurde bereits von O'Garra 1959 publiziert (59).

Salter und Thompson orientieren sich an der subchondralen Frakturlinie, die mit dem Nekroseausmaß korreliert (45). Die schon zu Erkrankungsbeginn vorhandene und circa acht Monate sichtbare Frakturlinie erlaubt eine deutlich frühere Stadieneinteilung. Jedoch fehlt diese in zwei Drittel der Erkrankungsfälle und ist am Röntgenbild nicht immer sichtbar. Je nach Schweregrad der Erkrankung ist die Frakturlinie nur bis zu 4 Wochen nach Erkrankungsbeginn auf dem Röntgenbild sichtbar (52).

Wie in Abbildung 10 dargestellt, erfolgt die Zuordnung zum Salter Stadium A, wenn weniger als 50% der Femurepiphyse betroffen sind. Zum Salter Stadium B, wenn die Ausdehnung der Frakturlinie auf mehr als 50% der Femurepiphyse ausgedehnt ist (52).

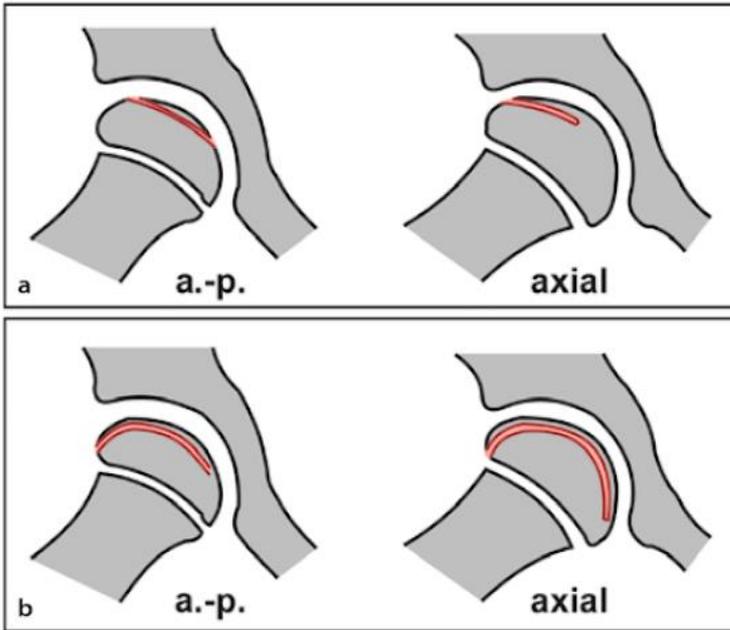


Abbildung 10 Klassifikation nach Salter und Thompson (1984) aus (52)

1.1.5 Stulberg-Klassifikation

Diese Klassifikation wird zum Zeitpunkt der Ausheilung angewandt (48). Die fünf Gruppen beschreiben das Ausmaß der Hüftkopfdeformierung bei ausgeheiltem Morbus Perthes Erkrankung (siehe Abbildung 11). Sie nimmt in den Gruppen I–V zu (48), sowie das Risiko für die Entwicklung einer frühzeitigen Arthrose fortwährend in den Gruppen steigt (48).

Die Besonderheiten der einzelnen Stadien werden in der folgenden Tabelle 1-2 veranschaulicht und in Abbildung 11 anhand der Röntgenbilder unseres Patientenkollektivs dargestellt.

Tabelle 0-2 Stulberg-Klassifikation

Klasse	Merkmal
I	Runder Kopf – normale Hüfte
II	Runder Kopf – Coxa magna
III	Ovaler/pilzförmiger Kopf – Coxa magna
IV	Flacher Kopf – kongruent zur Pfanne
V	Flacher Kopf – inkongruent zur Pfanne



Abbildung 11 Röntgenbilder der 5 Stulberg Stadien (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

1.1.6 Diagnostik

Die Diagnostik des Morbus Perthes setzt sich aus anamnestischen, körperlichen und bildgebenden Untersuchungsbefunden zusammen (43,52,60).

1.1.7 Anamnese

In der Anamnese werden familiäre Gelenkerkrankungen, Besonderheiten in der Schwangerschaft, das Alter bei Krankheitsbeginn, der allgemeine Entwicklungsverlauf und bereits abgelaufene Krankheiten erfragt (5).

1.1.8 Körperliche Untersuchung

Der ausführlichen anamnestischen Befragung folgt eine körperliche Untersuchung, welche die anfängliche Verdachtsdiagnose Morbus Perthes erhärten kann (47). Bei der Inspektion wird besonders auf das Gangbild, einen Beckenschiefstand und mögliche Muskelatrophien geachtet (47). Palpatorisch kann ein Leistendruck- und ein Trochanterklopfeschmerz auffallen

(47). Funktionell kommt es bei stark ausgeprägtem Epiphysenbefall zu einer Einschränkung der Bewegung, vorwiegend in der Abduktion und Rotationsbewegung, die bei längerem Bestehen der Erkrankung auch zu strukturellen, prognostisch ungünstigen Kontrakturen führen kann (47). Dies kann unter anderem durch das „Vierer-Zeichen“ verifiziert werden (13).

Das „Vierer-Zeichen“ ist eine Untersuchungsmethode in Rückenlage, bei der das Bein im Hüftgelenk und Kniegelenk gebeugt wird und die Ferse auf das andere Bein auf Höhe des Kniegelenks abgelegt wird (61). Wie in Abbildung 12 gezeigt wird, kann bei vollständiger Bewegungsfreiheit das Knie der Untersuchungs-liege angenähert werden, bei positivem „Vierer-Zeichen“ ist dies durch eine vorrangig limitierte Abduktion und Außenrotation nicht möglich (61).

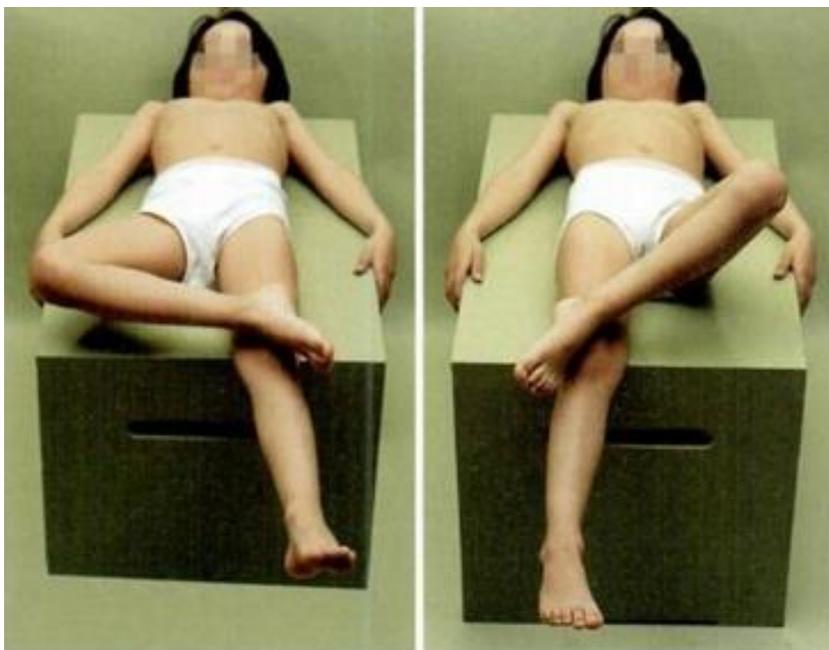


Abbildung 12 Vierer-Zeichen aus (13) im Seitenvergleich positives „Vierer-Zeichen“ des linken Hüftgelenks

1.1.9 Apparative Verfahren

1.1.9.1 Konventionelles Röntgenbild

Die wichtigste apparative Diagnostik zur Sicherung der Diagnose sowie zur Verlaufskontrolle ist das konventionelle Röntgen (52). Eine Beckenübersichtsaufnahme im Stand und eine axiale Aufnahme in Lauenstein-Projektion, bei 70°-Flexion und 50°-Abduktion im Hüftgelenk, werden zur 2-dimensionalen Abbildung der Hüfte durchgeführt (62). Während des akuten Stadiums alle drei Monate, im späteren Krankheitsverlauf sind alle 6–12 Monate radiologische Untersuchungen indiziert (43).

1.1.9.2 Sonographie

Die Ultraschalluntersuchung kann einen Begleiterguss nachweisen, hat aber für die Erkennung morphologischer Veränderungen einen geringen Stellenwert (13).

1.1.9.3 Kernspintomographie

Für die frühzeitige Diagnostik sowie für die genaue Größenbestimmung eines Nekroseareals ist die Kernspintomographie sehr gut geeignet (62). In einem sehr frühen Krankheitsstadium ist sie aufgrund einer hervorragenden Abbildung der Knochenmarkkomponente dem Röntgenbild überlegen, da oftmals im Röntgenbild noch keine Perthes-typischen Veränderungen nachweisbar sind (62). Bis heute wurden noch keine zuverlässigen Kriterien entwickelt und es ist noch unklar, wann die vollständige Ausdehnung der Nekrose im MRT bestimmt werden kann (43).

Die Knorpelsituation kann im Spätstadium mit einem speziellen Verfahren (dGEMRIC = delayed Gadolinium-enhanced magnetic Resonance Imaging of Cartilage) genauer beurteilt werden (63).

1.1.9.4 Arthrographie

Bei der operativen Planung kann die Arthrographie hilfreich sein (13). Mit ihrer Hilfe kann eine bessere Beurteilung der Kongruenzverhältnisse zwischen Hüftkopf und -pfanne unter Bildwandlerkontrolle stattfinden (43). Auch zum Nachweis eines Hinge-abduction-Phänomens ist die Arthrographie zuverlässiger als eine konventionelle Röntgenaufnahme (64).

Ein Hinge-abduction-Phänomen tritt bei inkongruenten Gelenkflächen auf (43,65). Dieses führt dazu, dass bei Abduktion des betroffenen Hüftgelenks der seitliche Hüftkopf am Pfannendach anstößt und dadurch die Bewegung limitiert und Schmerzen verursacht (60,65).

1.1.9.5 Szintigraphie und Computertomographie

Die früher unverzichtbare Szintigraphie zur Differenzierung zwischen einem entzündlichen Prozess (Koxitis fugax, bakterielle Koxitis) und einer Perthes-Erkrankung wurde von der Kernspintomographie abgelöst (62).

Auch die Computertomographie wird aktuell nicht zur Diagnostik und/oder Verlaufsbeurteilung eines Morbus Perthes herangezogen (43). Nur in streng indizierten Einzelfällen ist sie aufgrund der erheblichen Strahlenbelastung gerechtfertigt (43).

1.1.10 Laborchemische Diagnostik

Bis jetzt ist kein spezifischer Laborparameter für Morbus Perthes bekannt (43).

Laborchemische Untersuchungen sind zum Ausschluss entzündlicher und tumoröser Krankheitsbilder wichtig, für die Perthes-Diagnostik spielen sie aktuell jedoch eine untergeordnete Rolle (43).

Differentialdiagnosen

Differentialdiagnostisch müssen die Koxitis fugax, infektiöse Geschehen, maligne und endokrinologische Erkrankungen ausgeschlossen werden (66-69).

Bei einer Koxitis fugax klingt der sonographisch diagnostizierbare Hüftgelenkserguss in der Regel nach wenigen Tagen ab (69). Bei einem Morbus Perthes persistiert dieser über mehrere Wochen (69).

Eine akute eitrige Koxitis muss so schnell wie möglich differentialdiagnostisch ausgeschlossen werden (67). Neben einem reduzierten Allgemeinzustand des Patienten mit Fieber können erhöhte Entzündungsparameter richtungsweisend sein (67). Da schon nach kurzer Erkrankungsdauer bleibende Gelenkschäden entstehen können, kann eine dringende Indikation zur Punktion und eventuell sofortiger Spülung vorliegen (67).

Krankheiten des malignen Formenkreises im Perthes-typischen Alter fallen häufig durch belastungsunabhängige Knochenschmerzen erstmalig auf (52). Hierbei handelt es sich vor allem um leukämische Krankheitsbilder (43).

Etliche Skelettdysplasien ähneln radiologisch einem Morbus Perthes (68). Vor allem die Abgrenzung zu einer Meyer-Dysplasie (siehe Abbildung 13), bei der im Gegensatz zu Morbus Perthes in 40-60% beide Hüften betroffen sind, ist oftmals schwierig (68).



Abbildung 13 Meyer-Dysplasie Krankheitsverlauf über 6 Jahre, beidseitiger Befall, unregelmäßig geformte Epiphyse, kein Kollaps, mehrere Ossifikationszentren, keine Beteiligung der Metaphyse (68)

Diverse Stoffwechselerkrankungen können dem Erscheinungsbild eines Morbus Perthes gleichen (68). Hier zu erwähnen sind die Mukopolysaccharidosen, wie beispielsweise Morbus Hurler, Morbus Hunter und Morbus Gaucher, bei denen verkleinerte Epiphysen, Verbreiterungen des Gelenkspalts und dysplastische Hüftpfannen dem radiologischen Befund einer Perthes-Erkrankung ähneln (70).

Therapie

Bis heute gibt es keinen kausalen Therapieansatz für Morbus Perthes.

Das Ziel jedes Therapieansatzes ist es, sowohl die Hüftbeweglichkeit in allen Ebenen bei gleichzeitigem Aufrechterhalten der Zentrierung des Hüftkopfes in der Hüftpfanne zu erhalten (46,60,65). Das Behandlungsziel soll mittels Containment-Prinzip erreicht werden (65). Der Begriff Containment ist definiert, als der Erhalt der Zentrierung des Hüftkopfes in der Hüftpfanne (60,65). Dies gelingt, wenn die Hüfte mit möglichst viel Kongruenz und möglichst

wenig Defekten ausheilt (47). Dadurch wird das Risiko, frühzeitig an einer sekundären Hüftgelenksarthrose zu erkranken, minimiert (60).

Die heutigen Therapieoptionen sind vielfältig. Manche davon werden, aufgrund ihres bis heute nicht nachgewiesenen Nutzens, heftig diskutiert (43).

1.1.11 Konservative Therapie

Die Basis der konservativen Therapie ist es, die mechanische Belastung der nekrotischen Hüftkopfanteile zu verringern (43).

Es gilt das Prinzip: „Soviel Entlastung wie nötig, soviel Alltag wie möglich.“ (71)

Die Kinder sollen sich körperlich schonen, Schritte sparen und unnötige Gehstrecken vermeiden (52,65). Hüftgelenkschonende Sportarten wie Schwimmen und Radfahren können problemlos ausgeübt werden (52,65). Sportarten mit hohem mechanischem Impact auf das Hüftgelenk, wie Fußball und anderen Stop-and-Go Sportarten, sollten vermieden werden (43).

1.1.11.1 Medikamentöse Therapie

In akuten Schmerzphasen kommt eine temporäre Schmerztherapie mit nicht-steroidalen Antiphlogistika beispielsweise mit Ibuprofen zum Einsatz (60).

Little et al. konnten 2011 in tierexperimentellen Versuchen zeigen, dass der Einsatz von Bisphosphonaten eine verminderte Osteoklastenaktivität bewirkt (72). Somit konnte ein geringerer Abbau des Hüftkopfes nachgewiesen werden. Aledronat zeigte einen verzögerten Kollaps des Femurkopfes und kann die Implantation einer totalen Hüftkopfdoprothese bei nicht traumatischer Hüftkopfnekrosen im Erwachsenenalter zeitlich nach hinten verschieben (73,74). Ob dieser medikamentöse Therapieansatz auch in die Perthes-Therapie Einzug findet, müssen weitere Langzeitergebnisse zeigen. Bisphosphonate sind aktuell noch nicht für die Behandlung einer Perthes-Erkrankung zugelassen (72).

1.1.11.2 Physiotherapie

Während der gesamten Krankheitsdauer spielen die Verbesserung und der Erhalt der Gelenkbeweglichkeit eine entscheidende Rolle (60). Durch konsequente physiotherapeutische Maßnahmen kann eine deutliche Schmerzreduktion und eine Verbesserung sowohl des Bewegungsausmaßes als auch der Muskelkraft erzielt werden (75). Idealerweise sollten die Eltern mit den krankengymnastischen Übungen vertraut gemacht werden, damit diese auch regelmäßig im Alltag wiederholt werden (71).

1.1.11.3 Hilfsmittel

Die Bedeutung einer dauerhaft konsequenten Entlastung ist bis heute nicht geklärt und bleibt kontrovers diskutiert (76-79).

Angaben in der Literatur zur konservativen Therapie mittels entlastender Orthesen, wie beispielsweise dem Thomas-Splint, zeigen keinen eindeutigen Vorteil und sind heute als

obsolet anzusehen (76-79). Sie können zu einer intraartikulären Druckerhöhung führen und somit deformierende Kräfte auf den Hüftkopf negativ beeinflussen (80).

Abduzierende Orthesen oder Gipse haben aufgrund ihrer geringen Akzeptanz und der starken Einschränkung im Alltag einen sehr geringen Stellenwert und sind nur bei sehr aktiven Kindern indiziert (60,77).

Ebenfalls kritisch zu betrachten ist die Nutzung von Unterarmgehstützen über einen längeren Zeitraum (60). Als positiv zu werten ist, dass sie als Erinnerungshilfe zur Vermeidung mechanischer Belastung wie Springen dienen. Lange Gehstrecken sollen vermieden und gegebenenfalls mit Hilfe eines Rollstuhls bewältigt werden (60).

1.1.12 Operative Therapie

Man unterscheidet containment verbessernde Operationsmethoden von non-containment Methoden (43). Containment erhaltend bedeutet, die Dezentrierung des Hüftgelenks aus der Pfanne zu verhindern oder eine Rezentrierung und somit gleichzeitig eine verbesserte Überdachung des Hüftkopfes zu erzielen (45).

Das Containment kann sowohl am proximalen Ende des Femurs im Sinne einer Umstellungsosteotomie als auch beckenseitig durch eine Beckenosteotomie nach Salter bzw. durch eine Dreifach-Osteotomie nach Tönnis verbessert werden (65).

In manchen Fällen kann eine Kombination aus beiden Operationstechniken notwendig sein. So gilt das Prinzip des „advanced containment“ (81). Vor allem bei starker Dezentrierung und bei Perthes-Erkrankten, die bei Diagnosestellung älter als 6 Jahre sind, kann sowohl eine femur- als auch beckenseitige Umstellungsosteotomie, indiziert sein (81).

1.1.12.1 Containment verbessernde Verfahren

1.1.12.1.1 Intertrochantäre Varisationsosteotomie

Eine sehr häufig durchgeführte Operation zur Verbesserung des Containment ist eine varisierende Umstellungsosteotomie (7). Durch einen anterolateralen Zugang wird am medialen Femur ein Knochenkeil entnommen (82). Um eine ausreichende Überdachung gewährleisten zu können, kann zusätzlich eine Derotation des Femurs notwendig sein (82). Zur Fixierung wird eine Klingenplatte angebracht, die nach vollständiger Osteotomie-Durchbauung wieder entfernt wird (siehe Abbildung 14) (82). Das Ziel ist eine Rezentrierung des Hüftkopfes in der Hüftpfanne, welche mit der Wirkung einer abduzierenden Orthese gleichgesetzt werden kann (82).

In einer norwegischen Studie von Wiig et al. wird die intertrochantäre Varisationsosteotomie bei Kindern, die älter als 6 Jahre alt sind und zusätzlich einem Hüftkopfbefall von mehr als 50% aufweisen, empfohlen (83). Diese können durch weiteres Längenwachstum einen

möglichen Trochanterhochstand kompensieren. Die Nachteile dieses Verfahrens liegen in der Verkürzung des Femurs, der möglichen Entstehung eines Trochanterhochstands sowie einer Offset-Vergrößerung (60).

Eine Varisierung des CCD-Winkels auf Werte unter 105° kann durch die Entstehung eines Trochanterhochstands zu einer Glutealinsuffizienz führen und ist aus diesem Grund zu vermeiden (84). Eine Abduktionsfähigkeit der erkrankten Hüfte von mindestens 30° sollte vor der Operation gegeben sein und erhöht die Chancen einer erfolgreichen Wiederherstellung des Containments (65).

Um eine Abspreizfähigkeit von mindesten 30° des betroffenen Hüftgelenks zurück zu erlangen, kann eine intensivierete Physiotherapie vor der operativen Therapie notwendig sein. Falls die physiotherapeutische Behandlung nicht ausreichend ist, um die Abduktionsfähigkeit zu verbessern, kann eine intermittierende Traktionsbehandlung unter suffizienter Schmerztherapie sowie eine Adduktorenentomie indiziert sein (43,65).

1.1.12.1.2 Beckenosteotomie

Eine weitere Methode zur Containment-Verbesserung ist die Durchführung einer Beckenosteotomie nach Salter (siehe Abbildung 14) oder eine Triple-Osteotomie nach Tönnis (81).

Bei der Beckenosteotomie nach Salter wird durch eine Os ileum-Osteotomie und das gegebenenfalls notwendige Einsetzen eines Knocheninterponats die Pfanne nach vorne und unten geschwenkt (siehe Abbildung 14) (82). Dadurch kommt es zu einer besseren Überdachung des Femurs. Der Knochenkeil wird mit Gewindestäbe fixiert, die routinemäßig nach sechs bis zwölf Wochen wieder entfernt werden (82).

Bei der Triple-Osteotomie nach Tönnis wird nach dem gleichen Prinzip vorgegangen und die Pfanne nach vorne, unten und außen geschwenkt (82). Zusätzlich zu einer Os ileum-Osteotomie werden das Os ischii und das Os pubis durchtrennt, das Pfannendach geschwenkt und mit Kirschner-Drähten fixiert (82).

Klare Vorteile der Triple-Osteotomie gegenüber der intertrochantären Varisationsosteotomie sind eine bessere anterolaterale Überdachung, keine Beinverkürzung und keine biomechanischen Veränderungen am Femur (82).

Die Arbeitsgruppe um Wenger und Pandya publizieren bei Patienten, die älter als acht Jahre alt waren, bessere Endergebnisse nach einer Osteotomie nach Tönnis (81).

Jedoch ist die Triple-Osteotomie nach Tönnis deutlich anspruchsvoller und zieht ein größeres Operationsrisiko mit einer höheren Komplikationsrate mit sich (85). Bei sorgfältiger Technik und intraoperativer, radiologischer Stellungskontrollen können diese jedoch vermieden werden (85).



Abbildung 14 Beckenosteotomie nach Salter und Varisationsderotationsosteotomie (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

1.1.12.1.3 Intertrochantäre Valgisationsosteotomie

Wie bei der intertrochantären Varisationsosteotomie wird hierbei durch einen anterolateralen Zugang am lateralen Femur ein Knochenkeil entnommen (siehe Abbildung 15) (82). Um eine ausreichende Überdachung gewährleisten zu können, kann auch hier eine zusätzliche Derotation notwendig sein (82). Zur Fixierung wird eine Klingenplatte eingebracht, die nach vollständiger Osteotomie-Durchbauung nach frühestens zwölf Monaten entfernt wird (siehe Abbildung 15) (82).

Im späteren Krankheitsverlauf kann sich eine Coxa vara et magna mit einem Trochanterhochstand und einer Schenkelhalsverkürzung ausbilden. Hier ist die Indikation zur intertrochantären Valgisationsosteotomie zu prüfen (65).

Durch eine intertrochantäre Valgisationsosteotomie im späten Fragmentationsstadium konnte eine Verbesserung der Hüftkopfform gezeigt werden (86).

Beim Auftreten eines Hinge-abduction-Phänomens kann eine intertrochantäre Valgisationsosteotomie ebenfalls eine Besserung bringen (87,88). Durch das Einstellen des medialen Femuranteils in die Hauptbelastungszone, die Reduktion der Adduktionskontraktur und die funktionelle Schenkelhalsverlängerung kann eine bessere Gelenkbeweglichkeit erzielt werden (86,87,89,90).

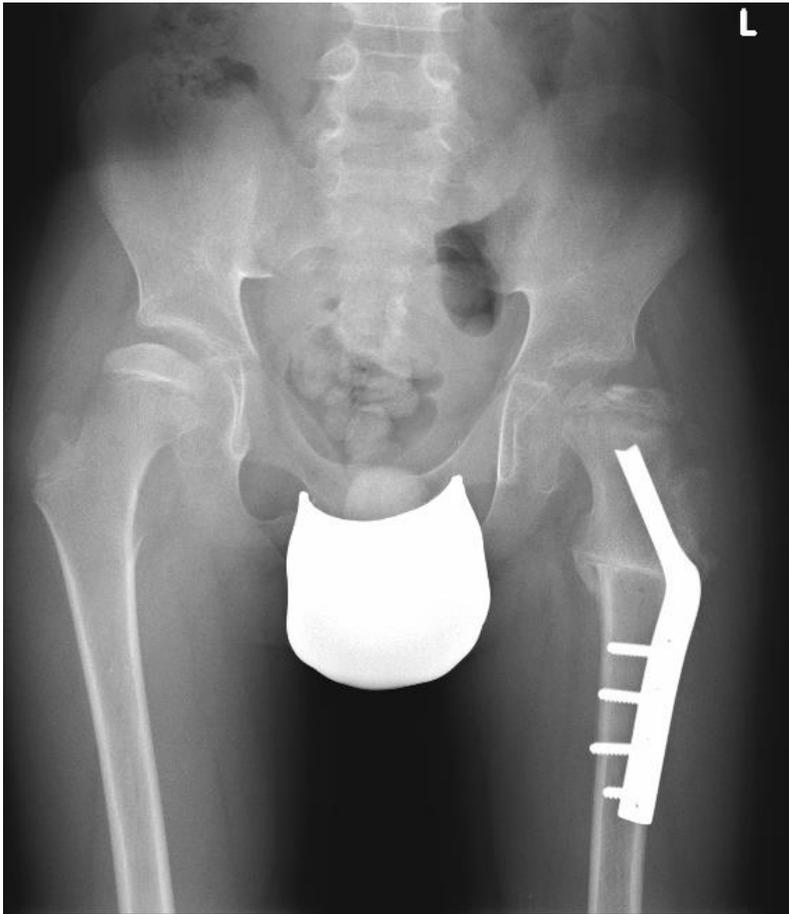


Abbildung 15 Intertrochantäre Valgisationsosteotomie (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

1.1.12.1.4 Andere operative Verfahren

Alternativ zu anderen Beckenosteotomien wird im angloamerikanischen Sprachraum auch eine Shelf-Arthroplastik durchgeführt (91,92). Hier werden mehrere Knochenspäne oberhalb des Acetabulums eingebolzt, um die laterale Überdachung des Hüftkopfes zu verbessern (82). In wieweit dieses Verfahren die laterale Überdachung des Femurkopfes verbessert, muss durch Langzeitstudien gezeigt werden (91-93).

1.1.12.2 Non-Containment Verfahren

Bei non-Containment Verfahren ist das Behandlungsziel die Beweglichkeit des erkrankten Hüftgelenks oder die Biomechanik zu verbessern (94).

Hierzu kann beispielsweise ein Adduktoren-Release oder bei Vorhandensein eines Trochanterhochstandes eine Trochanterapophyseodese (siehe Abbildung 16) erfolgsversprechend sein (94-96).



Abbildung 16 Trochanterapophyseodese aus (96)

Eine Arthrodiaastase kann bei deutlicher Bewegungseinschränkung ebenfalls erwogen werden (94). Dies kann mittels Fixateur externe erfolgen (96). Das Prinzip der Arthrodiaastase ist die Distraction der Gelenkpartner und somit die Verringerung der kompressiven Kräfte auf den bereits deformierten Hüftkopf (94).

Prognose

Prognostische Faktoren spielen für die richtige Wahl der Therapie eine entscheidende Rolle. Das Risiko, frühzeitig eine sekundäre Koxarthrose zu entwickeln, hängt eindeutig mit dem Ausheilungsergebnis zusammen (97).

Beweglichkeit:

Kinder mit einer gut erhaltenen Beweglichkeit der von Morbus Perthes betroffenen Hüfte haben im Verlauf eine bessere Prognose, als Patienten mit einem eingeschränkten Bewegungsausmaß (49,50).

Weibliches Geschlecht:

Mädchen erkranken zwar seltener an Morbus Perthes, jedoch wird immer wieder diskutiert, ob sich das weibliche Geschlecht negativ auf die Prognose und das Outcome auswirkt (83,98-102)

Alter bei Erstdiagnose:

Das Alter bei Erstdiagnose ist ein viel diskutierter prognostischer Faktor (48,49,83,97,103). Kinder, die jünger als sechs Jahre sind, haben eine deutlich günstigere Prognose als ältere (83). Sie profitieren von einem höheren „Remodelling-Potential“ des Hüftkopfes und haben deshalb eine bessere Chance sehr gute Endergebnisse zu erzielen (98,104).

Ausmaß der Nekrose:

Verglichen mit der Klassifikation nach Herring hat das Ausmaß der Nekrose, beschrieben durch Catterall (49) sowie durch Salter und Thompson (45), einen geringeren prognostischen Wert als ursprünglich gedacht. Hinsichtlich der Defektausheilung gilt jedoch, dass Patienten mit einem Stadium III und IV nach Catterall eine durchaus ungünstigere Prognose als Patienten mit einem Stadium I und II haben (76).

Herring-Klassifikation:

Die Herring-Klassifikation gewann in den letzten Jahren zunehmend an klinischer Bedeutung (76,105,106). Es herrscht eine Korrelation zwischen der Klassifikation nach Herring und der nach Stulberg (76,83,105). Demnach haben Patienten mit den Stadien Herring B/C und Herring C eine deutlich schlechtere Prognose und werden in Ausheilungsstadien einer höheren Stulberg-Gruppe mit erhöhtem Arthroserisiko zugeordnet (107,108).

Spharizität:

Das Risiko eine sekundäre Koxarthrose zu entwickeln, basiert hauptsächlich auf der Kongruenz beider Gelenkflächen und auf dem Ausmaß der Deformität der Epiphyse im Ausheilungsstadium.

Stulberg und Cooperman (1981) kamen zu folgender Erkenntnis (109):

- Sphärische oder anatomische Kongruenz (Stulberg I und II): kein erhöhtes Arthroserisiko
- Asphärische oder pathologische Kongruenz (Stulberg III): erhöhtes Risiko einer Arthrose
- Asphärische oder pathologische Inkongruenz (Stulberg IV und V): frühzeitige Entwicklung einer meist schweren sekundären Coxarthrose, Hüftprothesen-Implantation meist schon in sehr jungen Jahren notwendig

Zielsetzung

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, das Behandlungskonzept zu überprüfen, die Resultate der konservativen und operativen Therapie zu vergleichen und die Bewertung möglicher, prognostischer Parameter vorzunehmen.

Besonderes Augenmerk soll auf die Endergebnisse und die Korrelation mit der Klassifikation nach Catterall und Herring gelegt werden. Ob höhere Catterall- oder Herring Stadien auch gleichzeitig schlechtere Endergebnisse und somit inkongruente Gelenkverhältnisse erzielen, soll überprüft werden.

Material und Methoden

Es handelt sich um eine retrospektive Datenanalyse anhand klinisch und radiologisch erhobener Parameter.

Primär ausgewählt wurden Patienten mit der Diagnose Morbus Perthes, die zwischen 2004 und 2012 in der Kinderorthopädischen Abteilung der Orthopädischen Klinik und Poliklinik, Campus Großhadern, Ludwig-Maximilians-Universität zu München, vorstellig wurden.

Mit Hilfe eines Computerprogrammes und des ICD-Codes konnten die Daten von 176 Patienten herausgefiltert werden.

Nach Sichtung der Patientenakten mussten 117 Patienten aufgrund einer unvollständigen Dokumentation, einem inkompletten radiologischen Verlauf, einer falschen Diagnosestellung oder aufgrund einer einmaligen Vorstellung im Klinikum Großhadern zur Einholung einer Zweitmeinung aus der Studie ausgeschlossen werden. Auch Erbkrankheiten, wie zum Beispiel Trisomie 21, zählten zu unseren Ausschlußkriterien.

Epidemiologische Daten

Anhand eines Erhebungsbogens wurden sämtliche epidemiologische Informationen den Krankenakten entnommen. (siehe Anhang Fragebogen)

- Geschlechterverteilung
- Alter bei Erkrankungsbeginn, mittleres Erkrankungsalter, Verteilung des Patientenkollektivs auf 3 Altersklassen (Altersklasse 1: <6 Jahre, Altersklasse 2: 6 bis 8 Jahre, Altersklasse 3: >8 Jahre)
- beidseitiger Befall

Klinische Daten bei Erstdiagnose und Therapieende

Anhand eines Erhebungsbogens wurden klinische Befunde den Patientenakten entnommen. (siehe Anhang)

Besonderes Augenmerk wurde auf die Erstsymptomatik als auch auf den Bewegungsumfang des betroffenen Hüftgelenks im Vergleich zur gesunden Seite gerichtet.

Des Weiteren wurden klinische Symptome erhoben, wie das Vierer-Zeichen, Drehmannzeichen, Trendelenburgzeichen, Muskelatrophien, Leistendruckschmerz, Trochanterklopfeschmerz und eine Beinlängendifferenz. Soweit dokumentiert, wurden vorangegangene Infektionen der Hüfte oder etwaige Fehldiagnosen protokolliert.

Radiologische Ergebnisse

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte mit Hilfe des Programms „PACS“ (Picture Archiving and Communication System).

Um den radiologischen Erkrankungsverlauf nachzuvollziehen, wurden jeweils die Beckenübersichtsaufnahme und die Aufnahme nach Lauenstein von der Erstvorstellung und der Abschlussuntersuchung beurteilt. Bei allen Patienten lag ein zusätzliches Abschlussröntgen nach Pubertätsende mit durchschnittlichem Follow-up von 6,7 Jahren vor.

1.1.13 Radiologische Klassifikationen

Alle Röntgenbilder wurden anhand folgender radiologischer Klassifikationen beurteilt:

- Stadieneinteilung nach Waldenström
- Catterall Klassifikation
- Lateral-Pillar Klassifikation nach Herring

1.1.14 Radiologische Morphometrie sowohl bei Erstdiagnose als auch bei Ausheilung

Um den Verlauf der Perthes-Erkrankung radiologisch zu objektivieren, wurden mehrere reproduzierbare Messungen und Kriterien herangezogen. Es wurden Indices, Quotienten, Gesamtindices und Gesamtquotienten errechnet (5).

Ein Index ist eine Größe, die sich aus zwei Werten bezogen auf die selbe Hüfte zusammensetzt (110).

Ein Quotient stellt den Vergleich zweier Indices beider Hüften desselben Patienten dar. Im Fall der Perthes-Erkrankung werden die Werte der gesunden und der erkrankten Hüfte gegenübergestellt.

Der Gesamtindex ist die Summation mehrerer Indices derselben Seite geteilt durch die Anzahl der Indices (5).

Entsprechend der Literatur wurden folgende Messungen vorgenommen (5,48,54,62,93,111-118):

1.1.14.1 Epiphysenindex und Epiphysenquotient

Der Epiphysenindex nach Eyre-Brook ist ein Maß für die Abflachung der Epiphyse. Es werden Epiphysenhöhe und Epiphysenbreite ins Verhältnis gesetzt (siehe Abbildung 17) (112).

$$\text{Epiphysenindex} = \frac{\text{Epiphysenhöhe (A)}}{\text{Epiphysenbreite (B)}} \times 100 \quad (5)$$

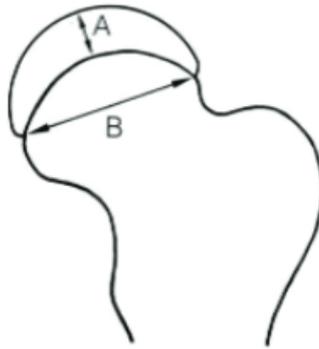


Abbildung 17 Epiphysenindex: A=Epiphysenhöhe, B=Epiphysenbreite (5)

Sjövall et al. (111) verglichen den Index der kranken mit dem der gesunden Seite und entwickelten damit den Epiphysenquotient. Nach Sjövall wird die größtmögliche Höhe der Epiphyse gemessen, die bei stark deformierten Hüften oftmals nicht in der Mitte der Epiphyse liegt (111).

$$\text{Epiphysenquotient} = \frac{\text{Epiphysenindex pathologische Seite}}{\text{Epiphysenindex gesunde Seite}} \times 100 \quad (5)$$

Normwerte für den Quotienten liegen zwischen 85% und 100%. Werte unter 60% sind prognostisch ungünstig (5).

1.1.14.2 Kopf-Hals-Index und Kopf-Hals-Quotient

Der Kopf-Hals-Quotient ist definiert durch das Verhältnis zwischen Schenkelhalslänge (Distanz zwischen Rand der Epiphyse und Linea intertrochanterica in der Längsachse des Schenkelhalses) und Schenkelhalsbreite an seiner schmalsten Stelle (siehe Abbildung 18) (5). Er gibt die Verplumpung des Schenkelhalses an (5). Der Index wird wie folgt berechnet:

$$\text{Kopf - Hals - Index} = \frac{\text{Länge des Schenkelhalses (A)}}{\text{Breite des Schenkelhalses (B)}} \times 100 \quad (5)$$

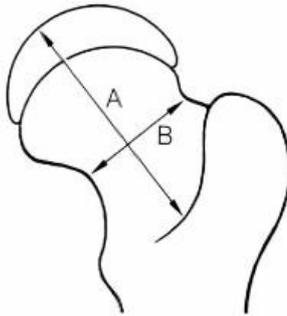


Abbildung 18 Kopf-Hals-Index: A=Länge des Schenkelhalses, B=Breite des Schenkelhalses (5)

Der Kopf-Hals-Quotient errechnet sich aus dem Verhältnis des Kopf-Hals-Index der erkrankten Seite und der gesunden Seite. Normwerte liegen bei 100% (5):

$$\text{Kopf - Hals - Quotient} = \frac{\text{Kopf-Hals-Index pathologische Seite}}{\text{Kopf-Hals-Index gesunde Seite}} \times 100 \quad (5)$$

1.1.14.3 Pfannenindex und Pfannenquotient

Der Pfannenindex beschreibt das Verhältnis zwischen Pfannenbreite und Pfannentiefe (siehe Abbildung 19). Die Normwerte variieren je nach Alter und liegen zwischen 50-70 (5).

$$\text{Pfannenindex} = \frac{\text{Pfannentiefe (A)}}{\text{Pfannenbreite (B)}} \times 100 \quad (5)$$

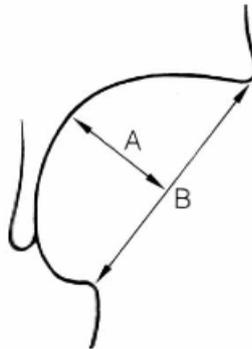


Abbildung 19 Pfannenindex: A=Pfannentiefe, B=Pfannenbreite (5)

Der Pfannenquotient bildet sich aus dem Pfannenindex der erkrankten Seite und dem Pfannenindex der gesunden Seite. Der Normwert hierfür liegt bei 100% (5).

$$\text{Pfannenquotient} = \frac{\text{Pfannenindex pathologische Seite}}{\text{Pfannenindex gesunde Seite}} \times 100 \quad (5)$$

1.1.14.4 Pfannen-Kopf-Index und Pfannen-Kopf-Quotient

Der Pfannen-Kopf-Quotient beschreibt die Proportion des Hüftkopfes zur Hüftpfanne. Mögliche Disproportionen und eine Minderüberdachung aufgrund von Lateralisierung des Hüftkopfes können beschrieben werden (siehe Abbildung 20) (5).

Beim Pfannen-Kopf-Index wird die Strecke von der medialen Begrenzung der Epiphyse zur Senkrechten des Pfannenerkers bzw. zur lateralen Begrenzung der Epiphyse gemessen und beide Distanzen dividiert. Die Normwerte betragen zwischen 70% und 90% (5).

$$\text{Pfannen - Kopf - Index} = \frac{\text{Überdachter Hüftkopfanteil (A)}}{\text{Breite der Epiphyse (B)}} \times 100 \quad (5)$$

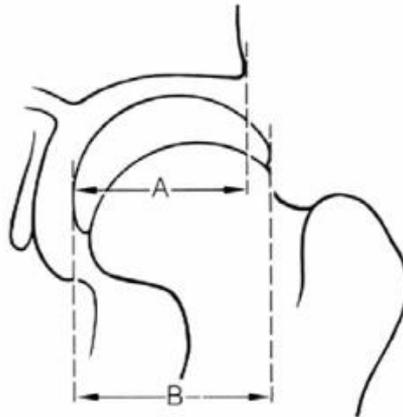


Abbildung 20 Pfannen-Kopf-Index: A=Überdachter Kopfanteil, B=Ganze Epiphysenbreite (5)

Für den Pfannenquotient wird der Index der erkrankten durch den Index der gesunden Seite geteilt. Gute Werte liegen zwischen 90% und 100% (5). Bei Werten unter 70% geht man von einer schlechteren Prognose aus (5).

$$\text{Pfannen - Kopf - Quotient} = \frac{\text{Pfannen-Kopf-Index pathologische Seite}}{\text{Pfannen-Kopf-Index gesunde Seite}} \times 100 \quad (5)$$

1.1.14.5 Indices nach Heymann u. Herndon

Der Gesamtquotient beurteilt die Form der Epiphyse, die Verkürzung und Verbreiterung des Schenkelhalses sowie die Veränderung der Hüftpfanne und die Minderüberdachung des Hüftkopfes (113). Der Gesamtquotient nach Heymann und Herndon umfasst den Epiphysenquotienten, Kopf-Hals-Quotienten, Pfannenquotienten und Pfannen-Hals-Quotienten.

$$\text{Gesamtquotient} = \frac{\text{Epiphysenquotient} + \text{Kopf-Hals-Quotient} + \text{Pfannenquotient} + \text{Pfannen-Hals-Quotient}}{4} \quad (5)$$

Nach Heymann u. Herndon et al. erfolgt die Bewertung der Messergebnisse nach dem Gesamtquotienten wie folgt (113):

90-100%: sehr gut

80-90%: gut

70-80%: befriedigend

60-70%: schlecht

<60%: sehr schlecht.

1.1.14.6 Epiphysen-Extrusions-Index

Green et al. (1981) entwickelten einen Index, bei dem es sich um den Prozentsatz des die Ombredanne-Linie überragenden Kopfanteils handelt (54). Der laterale, nicht überdachte Epiphysenanteil (Strecke A-B) wird in Millimetern senkrecht zur Ombredanne-Linie gemessen und durch die Strecke der gesunden Epiphyse (Strecke C-D) dividiert (siehe Abbildung 21).

$$\text{Epiphysen - Extrusions - Index} = \frac{\text{Strecke A-B}}{\text{Strecke C-D}} \times 100 \quad (5)$$

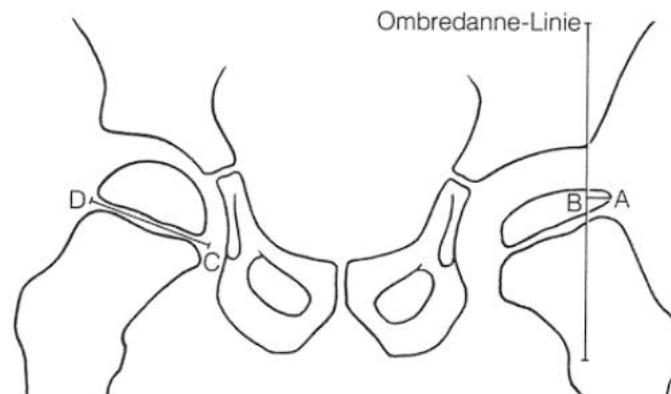


Abbildung 21 Epiphysen-Extrusions-Index (5)

1.1.14.7 Migrationsindex nach Reimers

Der Migrationsindex ist definiert als die Länge der außerhalb der Ombredanne-Linie gelegenen Epiphyse dividiert durch die Gesamtbreite der Epiphyse der gleichen Seite (siehe Abbildung 22) (5).

$$\text{Migrationsindex} = \frac{\text{Unüberdachte Epiphysenstrecke (A)}}{\text{Epiphysenlänge (B)}} \times 100 \quad (5)$$

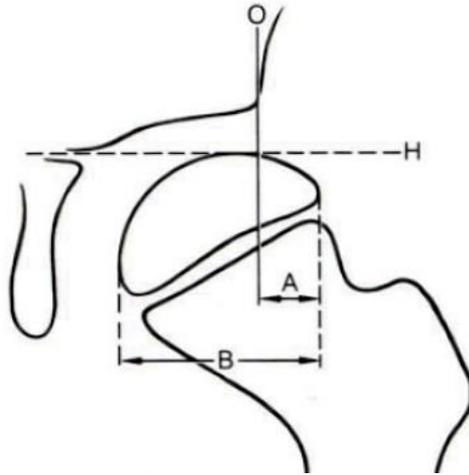


Abbildung 22 Migrationsindex: A=unüberdachte Epiphysenstrecke, B=ganze Epiphysenlänge (5)

1.1.15 Winkelmessungen

1.1.15.1 Zentrum-Collum-Diaphysen-Winkel

Der Zentrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel) beschreibt den Winkel zwischen Schenkelhals und Diaphysenschaft des Femurs (114). Die Schenkelhalsachse verläuft durch das Hüftkopfmittelpunkt. Im Laufe des Lebens unterliegt der Schenkelhals einer physiologischen Entwicklung, welche sich in einer Normwertveränderung zeigt. Somit ist der Normwert altersabhängig und beträgt im Kindesalter $140-150^\circ$, bei Jugendlichen 130° und kann im hohen Alter Werte bis zu 115° annehmen (62,114).

Mittels des CCD-Winkels definieren sich die Begriffe Coxa vara und Coxa valga (114). Eine typische Veränderung während einer Perthes-Erkrankung ist die Entwicklung einer Coxa vara mit einem CCD-Winkel kleiner 120° (110).

1.1.15.2 Zentrum-Eck-Winkel nach Wiberg (1939)

Der Zentrum-Eck-Winkel (CE-Winkel) nach Wiberg (119) beschreibt die gegenseitige Lagebeziehung von Kopf und Pfanne. Er stellt einen Winkel dar, der sich aus der Körpersenkrechten durch den Hüftkopfmittelpunkt zu der Linie ergibt, die aus dem Kopfmittelpunkt zum Pfannenerker zieht (siehe Abbildung 23) (114).

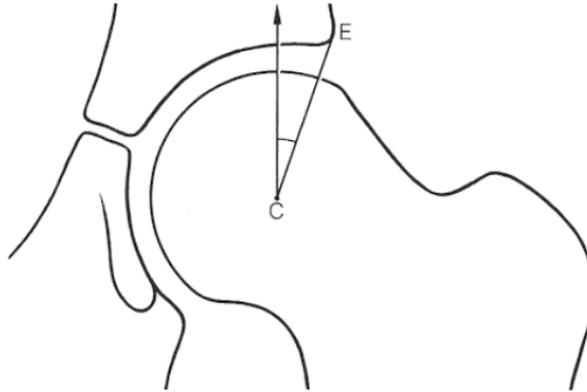


Abbildung 23 CE-Winkel nach Wiberg (5)

1.1.15.3 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp

Der Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp macht eine Beurteilung des Pfannendachs möglich (115,116). Er wird aus einer Horizontalen durch den untersten Punkt der Köhler-Tränenfigur und einer Geraden durch den Pfannenerker gebildet (siehe Abbildung 24) (114).

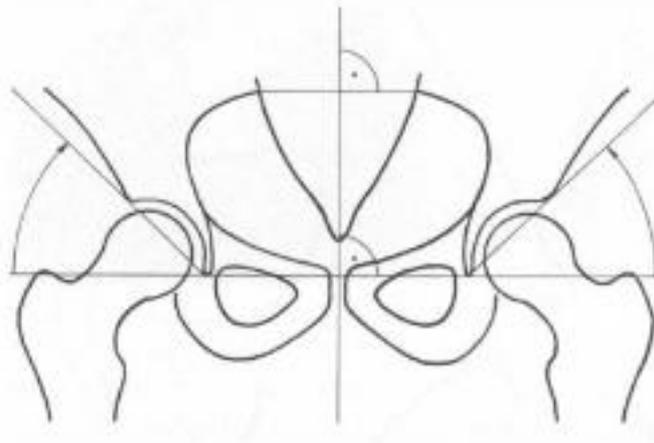


Abbildung 24 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp (114)

Ullmann et al. beschreiben einen Höchstwert von 45° bei Kindern bis zu zehn Jahren (115).

Die Arbeitsgruppe um Stulberg und Harris definiert einen Normwert von 43° (120).

Vom Arbeitskreis für Hüftdysplasien der DGOT wurde folgende Einteilung des

Pfannenwinkels nach Ullmann und Sharp entwickelt:

Tabelle 0-1 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp sowie Stulberg u. Harris (121)

Alter (Jahre)	Normwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
1-11	46	<49	50–52	53–55	>56
11-13	44	<47	48–51	52–54	>55
13-14	42	<45	46–49	50–52	>53

>14

40

<43

44–46

47–49

>50

1.1.16 Artikulo-Trochanter-Distanz (ATD)

Die artikulo-trochantäre Distanz ist ein Maß für die Schenkelhalsverkürzung und damit für die Hüftdeformität (117). Wie in Abbildung 25 dargestellt, beschreibt sie die Distanz zweier Parallelen, die durch die obere Begrenzung des Trochanters und den höchsten Punkt der Kopfbegrenzung senkrecht zur Körperachse gelegt werden (122). Der Abstand wird in Millimeter angegeben. Der Normwert wurde erstmalig von Edgren et al. 1965 mit 21mm definiert (117).

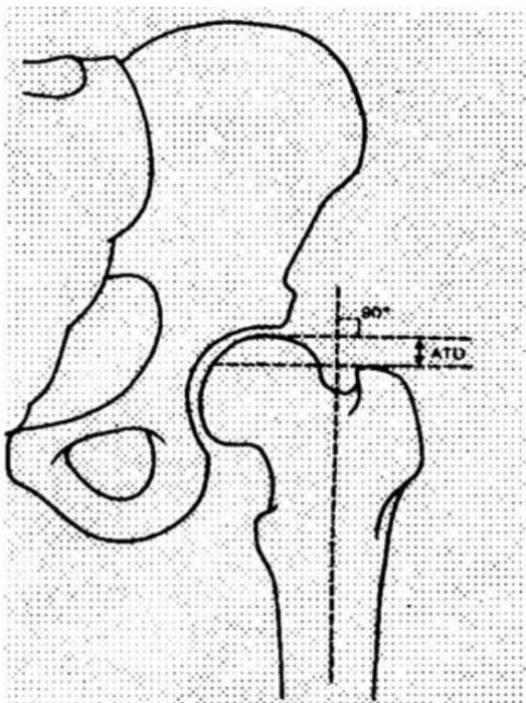


Abbildung 25 Darstellung der artikulo-trochantäre Distanz als Maß für die Schenkelhalsverkürzung (122)

1.1.17 Radiologische Risikofaktoren

Das Vorhandensein radiologischer Risikofaktoren wurde anhand der Subluxation untersucht.

Therapie

Die Informationen über die Therapieformen wurden den Patientenakten entnommen, die Therapiedauer errechnet und die Therapieart nach Häufigkeit ausgewertet.

Bei der konservativen Therapie wurde besonders auf eine Orthesen-Versorgung geachtet. Art und Dauer der Hilfsmittelversorgung wurde dokumentiert.

Falls eine operative Therapie indiziert war, wurde das Operationsalter errechnet und das operative Vorgehen und mögliche Kombinationsverfahren dokumentiert.

Klinischer Verlauf

Besonderes Augenmerk wurde auf die Beweglichkeit des betroffenen Hüftgelenks, die Beinlängendifferenz, Kontrakturen und Muskelatrophien gelegt.

Radiologische Daten bei Ausheilung

Die Röntgenbilder im Ausheilungsstadium bzw. im Endstadium der Perthes-Erkrankung werden nach Stulberg et al. klassifiziert (48).

In der Literatur wird die Stulberg-Klassifikation oft durch eine Einteilung in nur drei unterschiedliche Gruppen vereinfacht (48). Aufgrund der geringen Fallzahl wurde diese vereinfachte Klassifikation, ergänzend zur Stulberg-Klassifikation, zur Beurteilung des Therapieerfolges herangezogen.

Es ergeben sich folgende Kongruenztypen

- sphärische Kongruenz (entspricht Stulberg I und II)
- asphärische Kongruenz (entspricht Stulberg III)
- pathologische Inkongruenz (entspricht Stulberg IV und V) (48)

Herausarbeitung der relevanten Risikofaktoren

Es sollen in dieser Studie vorhandene Prognosefaktoren eruiert werden. Es werden sowohl klinische als auch radiologische Risikofaktoren untersucht. Durch vorherige Literaturrecherche hat sich die Auswahl folgender Parameter als sinnvoll erwiesen:

- Klinische Risikofaktoren:
 - weibliches Geschlecht
 - Alter
- Radiologische Risikofaktoren:
 - hohes Stadium der Catterall-Klassifikation (Gruppen III und IV)
 - hohes Stadium der Herring-Klassifikation (Gruppe C)
 - Head-at-risk-Zeichen anhand der Subluxation

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 23.0 für Windows erstellt. Es handelt sich dabei einerseits um eine deskriptive Statistik und andererseits um eine vergleichende Statistikanalyse. Aufgrund der geringen Fallzahl musste auf eine initial geplante multivariate Datenanalyse verzichtet werden.

Der Vergleich prä- und postoperativer Daten erfolgte für metrische und nicht metrische Daten mit dem verbundenen Wilcoxon-Test oder dem Mann-Whitney-U-Test. Der Vergleich zwischen der erkrankten und der gesunden Hüftseite wurde ebenfalls mit dem Wilcoxon-Test oder dem Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Die Beziehung zwischen mehreren Variablen, die auch von der Normalverteilung abweichen können, wurde mit dem Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman untersucht. Irrtumswahrscheinlichkeiten kleiner als 0,05 wurden als signifikant eingestuft.

Ergebnisse

Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv setzte sich aus 55 Patienten zusammen. 4 von 55 Patienten waren beidseitig von Morbus Perthes betroffen und somit ergab sich ein Gesamtkollektiv von n=59 erkrankten Hüftgelenken.

Epidemiologische Verteilung

1.1.1. Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung ergibt 48 männliche (81,4%) und 11 weibliche Hüften (18,6%).

1.1.18 Alter bei Erkrankungsbeginn und bei Ausheilung

Das mittlere Alter bei Diagnosestellung betrug 6,8 [3,1-13,7 (min-max)] Jahre.

Bei Ausheilung waren die Patienten im Schnitt 9,7 Jahre alt [5,1-17,2 (min-max)].

Bei Ausheilung waren die männlichen Patienten 9,5 Jahre alt und die weiblichen Patienten 9,9 Jahre alt.

Unser Patientengut hat sich wie in Abbildung 26 dargestellt auf 3 Altersgruppen aufgeteilt:

Verteilung des Patientenkollektivs auf 3
Alterklassen

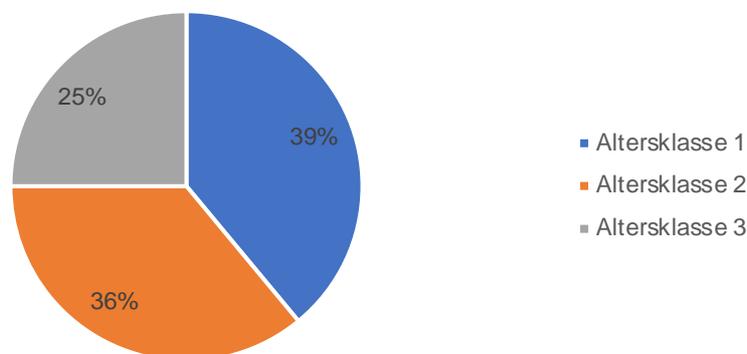


Abbildung 26 Altersverteilung unseres Patientenkollektivs auf 3 Altergruppen

1.1.19 Beidseitiger Befall

6,8% des Patientenkollektivs erkrankten beidseitig an Morbus Perthes. Alle bilateral befallenen Patienten waren männlich.

Klinische Untersuchungsergebnisse

1.1.19.1 Erstsymptomatik

47 Patienten wurden wegen Schmerzen erstmalig vorstellig, die sich auf die Leisten-, Knie- und Hüftregion verteilten. Ein hinkendes Gangbild, davon ist bei vierzehn Patienten eine begleitende Schmerzkomponente dokumentiert worden.

1.1.19.2 Bewegungsumfang und Körpergewicht

Leider konnte aufgrund von lückenhafter Dokumentation in den Patientenakten keine Analyse des Bewegungsumfanges sowie des Körpergewichts durchgeführt werden.

1.1.19.3 Klinischer Untersuchungsbefund bei Erstdiagnose

Bei acht Patienten fiel auf, dass vor der Diagnosestellung Morbus Perthes eine Koxitis fugax diagnostiziert wurde. 18 Patienten zeigten bereits bei Erstuntersuchung eine Muskelinsuffizienz unterschiedlicher Lokalisation.

Tabelle 0-1 Lokalisation der Muskelinsuffizienz

Lokalisation	Anzahl der Patienten
Glutealmuskulatur	2
M. quadrizeps	10
M. quadrizeps und Glutealmuskulatur	6

Sieben Patienten klagten bei der klinischen Untersuchung über einen Leistendruckschmerz. Zwei Patienten zeigten ein positives Trendelenburgzeichen, sieben Patienten ein positives Drehmann-Zeichen und zehn Patienten wiesen ein positives „Vierer-Zeichen“ auf.

Bei Diagnosestellung wurde bei sechs Patienten eine Beinlängendifferenz zwischen 0,5cm und 2cm festgestellt.

Radiologische Ergebnisse bei Erstdiagnose

1.1.20 Radiologische Klassifikationen

1.1.20.1 Stadieneinteilung nach Waldenström

Das Patientenkollektiv konnte bei Erstdiagnose wie in Tabelle 4-2 ersichtlich den Waldenström Stadien zugeteilt werden.

Tabelle 0-2 Waldenström-Klassifikation

	Anzahl insgesamt	%
Initialstadium	5	11,9%
Kondensationsstadium	19	32,2%
Fragmentationsstadium	35	59,3%

1.1.20.2 Catterall Klassifikation

Die prozentuale Verteilung des Patientenkollektivs auf die Catterall-Stadien ist in Abbildung 27 graphisch dargestellt.

Prozentuale Verteilung des Patientenkollektivs auf die Catterall-Stadien

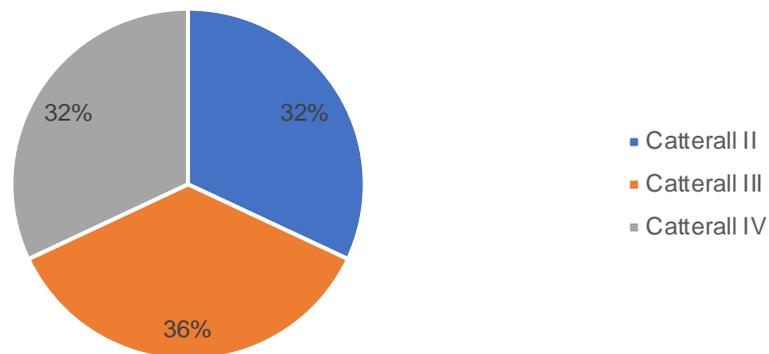


Abbildung 27 Prozentuale Aufteilung der Catterall-Stadien

1.1.20.3 Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring

Die Aufteilung unseres Patientenguts auf die drei Herring Stadien gestaltet sich wie folgt. (siehe Abbildung 28)

Prozentuale Verteilung des Patientenkollektivs auf die Herring Klassifikation

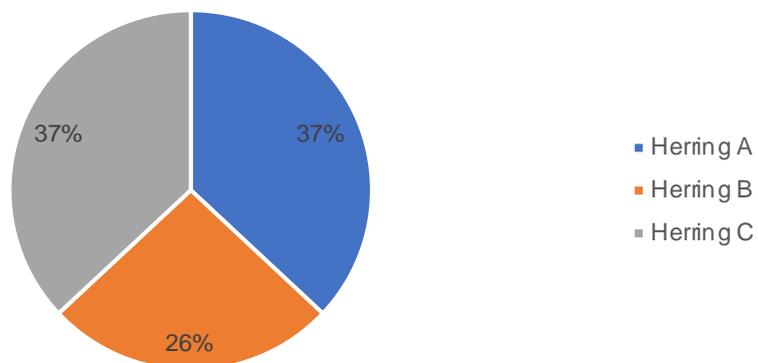


Abbildung 28 Prozentuale Aufteilung der Herring-Stadien

1.1.21 Radiologische Morphometrie bei Erstdiagnose und Ausheilung

In der Tabelle 4-3 sind die Mittelwerte der erhobenen radiomorphologischen Messwerte bei Erstdiagnose und Ausheilung aufgelistet.

Tabelle 0-3 Radiologische Morphometrie der erhobenen Indices bei Erstdiagnose und Ausheilung

	bei Erstdiagnose	bei Ausheilung		bei Erstdiagnose	bei Ausheilung
Epiphysenindex erkrankte Seite	26,1%	20,8%	Epiphysenindex gesunde Seite	43,9%	41,2%
Kopf-Hals-Index erkrankte Seite	146,1%	138,9%	Kopf-Hals-Index gesunde Seite	182,1%	180,7%
Pfannenindex erkrankte Seite	26,4%	27,9%	Pfannenindex gesunde Seite	30,2%	32,1%
Pfannen-Kopf- Index erkrankte Seite	81,8%	96,7%	Pfannen-Kopf- Index gesunde Seite	83,3%	94,0%

1.1.21.1 Gesamtquotient nach Heymann u. Herndon

Aus den erhobenen Quotienten, wurde ein Gesamtquotient nach Heymann u. Herndon ermittelt. Dieser betrug bei Erstdiagnose im Durchschnitt 79,0% und bei Ausheilung 82,0%. Tabelle 4-4 und 4-5 zeigt eine Übersicht der erhobenen Quotienten bei Erstdiagnose und nach Ausheilung der Erkrankung.

Tabelle 0-4 Übersicht aller Quotienten bei Erstdiagnose

	90-100 %	80-90 %	70-80 %	60-70 %	<60 %
Gesamtquotient	8 (13,6%)	15 (25,4%)	14 (23,7%)	12 (20,3%)	0 (0%)
Epiphysenquotient	4 (6,8%)	4 (6,8%)	12 (20,3%)	6 (10,2%)	23 (39,0%)
Kopf-Hals-Quotient	8 (13,6%)	18 (30,5%)	14 (23,7%)	9 (15,3%)	0 (0%)
Pfannenquotient	18 (47,1%)	18 (47,1%)	11 (18,6%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)
Pfannen-Kopf- Quotient	17 (28,8%)	12 (20,3%)	13 (22,0%)	7 (11,9%)	0 (0%)

Tabelle 0-5 Übersicht aller Quotienten bei Ausheilung

	90-100 %	80-90 %	70-80 %	60-70 %	<60 %
Gesamtquotient	5 (7,7%)	15 (28,8%)	23 (48,1%)	5 (13,5%)	1 (1,9%)
Epiphysenquotient	2 (3,8%)	1 (1,9%)	2 (3,8%)	8 (15,4%)	36 (75,0%)
Kopf-Hals-Quotient	5 (9,4%)	16 (32,1%)	19 (37,7%)	6 (15,1%)	3 (5,7%)
Pfannenquotient	21 (41,5%)	13 (26,4%)	13 (26,4%)	1 (3,8%)	1 (1,9%)
Pfannen-Kopf-Quotient	28 (52,8%)	16 (32,1%)	4 (11,3%)	1 (3,8%)	0 (0%)

1.1.22 Subluxation

Das Vorhandensein einer Subluxation wurde anhand des Epiphysen-Extrusions-Quotienten sowie dem Migrationsindex nach Reimers überprüft (siehe Tabelle 4-6).

Tabelle 0-6 tabellarische Darstellung der subluxierten/luxierten Hüftgelenke

	Anzahl der betroffenen Hüftgelenke bei Erstdiagnose	Anzahl der betroffenen Hüftgelenke bei Ausheilung
Epiphysen-Extrusions-Quotient >20%	28	15
Migrationsindex zwischen 30-50% = subluxiert	9	4
Migrationsindex zwischen >50% = luxiert	2	0

1.1.23 Artikulo-Trochantäre Distanz (ATD)

Die artikulo-trochantäre Distanz betrug auf der pathologischen Seite im Mittel 19,0mm [-5,5mm-43,2mm (min-max)]. Auf der gesunden Seite betrug sie 24,8mm [15,5-47,0 (min-max)].

Ein Trochanterhochstand wurde bei einer artikulo-trochantären Distanz <5mm angenommen. Bei 14 von 59 Hüften (22,2%) konnte somit ein Trochanterhochstand festgestellt werden.

Ergebnisse der Winkelmessungen

1.1.24 CCD-Winkel bei Diagnosestellung und bei Ausheilung

Der CCD-Winkel bei Erstdiagnose betrug im Durchschnitt 135,6° auf der pathologischen Seite und 136,1° auf der gesunden.

Kein Patient hat zum Zeitpunkt der Diagnosestellung eine Coxa vara mit einem Winkel <120°.

Der CCD-Winkel bei Ausheilung betrug im Durchschnitt 133,3°, auf der pathologischen Seite und 133,6° auf der gesunden.

Bei Therapieende hatten 46 Patienten normwertige CCD-Winkel.

Bei 4 Patienten wurde zum Ausheilungszeitpunkt eine Coxa vara mit einem CCD-Winkel <120° diagnostiziert, 11 Patienten hatten Werten >140°. (siehe Abbildung 29)

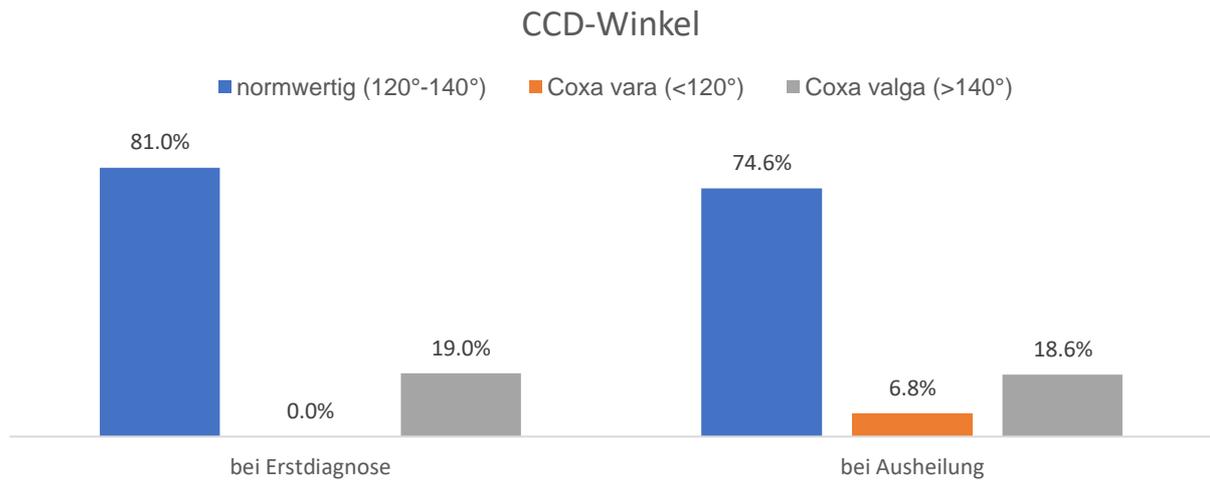


Abbildung 29 Darstellung der CCD-Winkelmessung des Patientenguts bei Erstdiagnose und Ausheilung

1.1.25 CE-Winkel bei Diagnosestellung und bei Ausheilung

Auf der pathologischen Seite betrug er 26,1°, auf der gesunden Seite 33,1°.

Der CE-Winkel bei Diagnosestellung verbesserte sich im Vergleich zur Ausheilung signifikant ($p < 0,001$).

Zum Zeitpunkt der Ausheilung betrug der CE-Winkel der pathologischen Seite 35,8°, auf der gesunden Seite im Mittel 34,7°. Die Aufteilung des CE-Winkels auf 4 Gruppen ist in Abbildung 30 graphisch dargestellt.

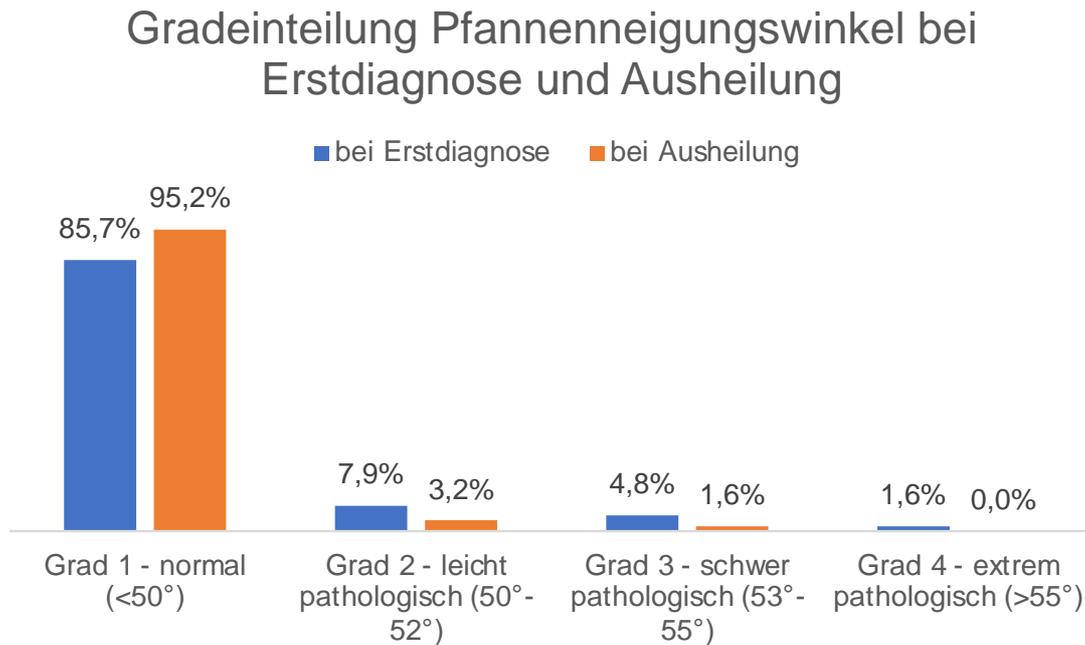


Abbildung 30 Prozentuale Gegenüberstellung der CE-Winkelmessungen bei Erstdiagnose und zum Zeitpunkt der Ausheilung

1.1.26 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp bei Erstdiagnose und bei Ausheilung

Der Pfannenneigungswinkel des erkrankten Hüftgelenks betrug bei Diagnosestellung im Durchschnitt 45,8°, auf der gesunden Seite 45,4°.

Der Pfannenneigungswinkel verbesserte sich signifikant ($p < 0,001$).

Bei Ausheilung betrug der Winkel der pathologischen Seite 40,3° und auf der gesunden Seite 45,3°.

Abbildung 31 zeigt die prozentuale Verteilung des Patientenkollektiv auf die 4 Schweregrade des Pfannenneigungswinkels bei Erstdiagnose und zum Zeitpunkt der Ausheilung.

Gradeinteilung Pfannenneigungswinkel bei Erstdiagnose und Ausheilung

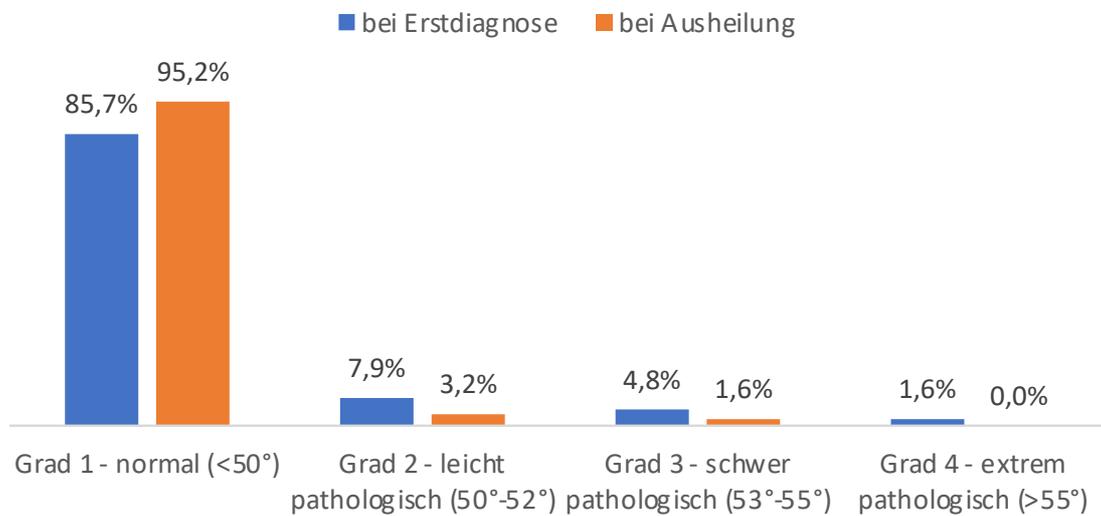


Abbildung 31 Prozentuale Gegenüberstellung der Gradeinteilung des Pfannenneigungswinkel bei Erstdiagnose und zum Zeitpunkt der Ausheilung

Therapie

Wie in Abbildung 32 schematisch dargestellt wurden von 59 Hüften 25 Patienten (42,4%) ausschließlich konservativ, 11 (18,6%) primär operativ und bei 23 Patienten (39,0%) war aufgrund des unerfreulichen Krankheitsverlaufes ein Therapiewechsel von einer konservativen auf eine operative Therapiemethode indiziert. Des weiteren zeigt Abbildung 32

auch die verschiedenen operativen Eingriffe, welche in unserem Patientenkollektiv angewandt wurden sowie deren Häufigkeit.

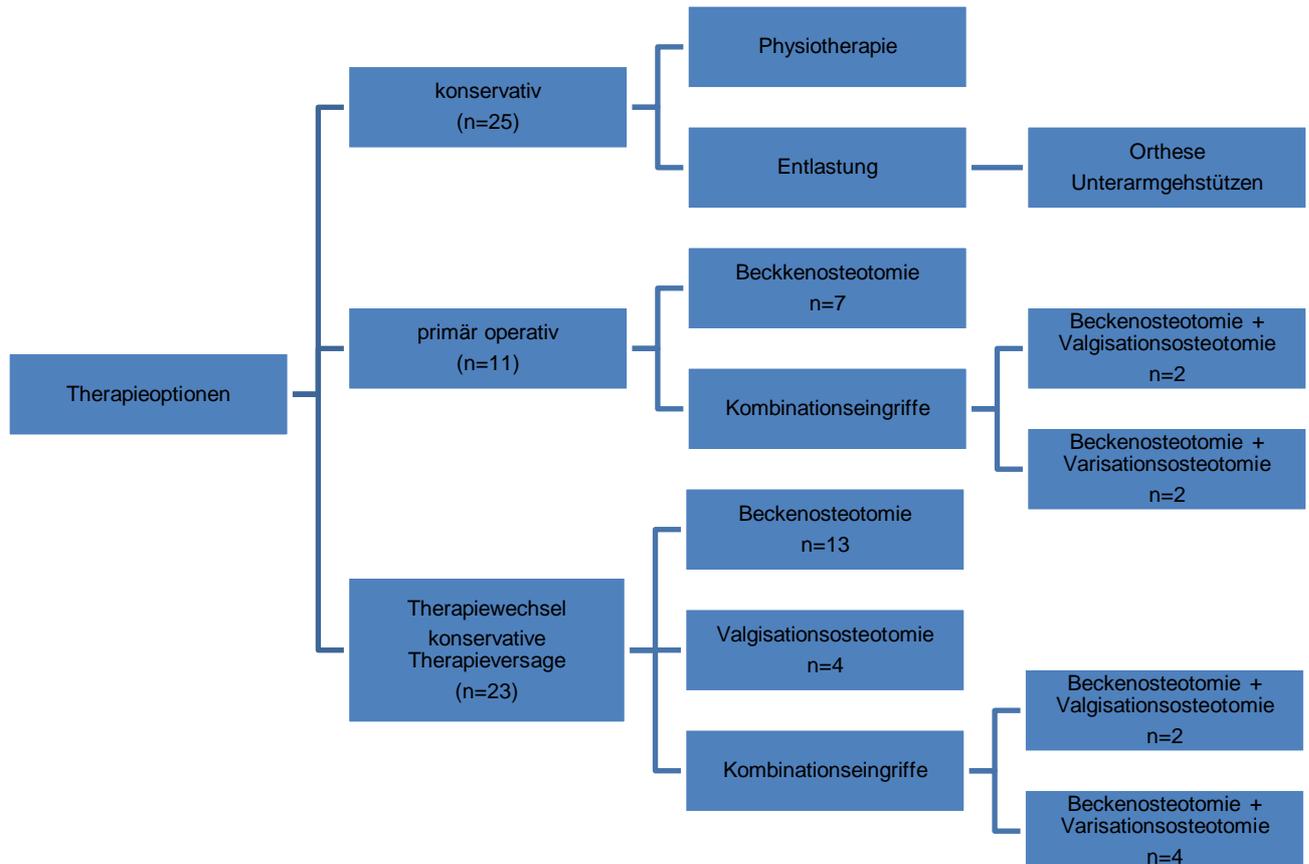


Abbildung 32 Schematische Darstellung der Therapieoptionen

1.1.27 Konservatives und operatives Therapiekonzept

Insgesamt wurden 49 Hüften konservativ behandelt. Allen Patienten wurde eine physiotherapeutische Beübung zum Erhalt der Beweglichkeit des betroffenen Hüftgelenkes empfohlen. Die Patienten wurden angehalten Stop and Go Sportarten zu vermeiden und die tägliche Gehstrecke zu minimieren.

27 Patienten (42,9%) wurden im Rahmen der konservativen Therapie mit einer Entlastungsorthese versorgt. 9 Patienten (14,3%) entlasteten mittels Unterarmgehstützen. Ein Patient (1,9%) benutzte zusätzlich einen Rollstuhl für längere Gehstrecken.

Bei 23 erstmals konservativ behandelten Patienten musste im Verlauf eine operative Therapie durchgeführt werden. Gründe dafür waren sowohl klinische als auch radiologische Befundverschlechterungen.

Insgesamt wurde bei 34 erkrankten Hüftgelenken eine operative Therapie durchgeführt. Die Verteilung des Patientenkollektivs auf die Operationsmethoden ist in Abbildung 32 dargestellt.

Bei 11 von diesen Patienten wurde gleich bei Erstvorstellung die Indikation zur operativen Therapie gestellt.

23 Patienten wurden erst im Verlauf der Erkrankung und nach einer anfangs konservativen Therapie operiert.

Das Operationsalter betrug im Mittel 8,3 Jahre (SD=2,4 Jahre).

Am Tag der Operation war der jüngste Patient 3,1 Jahre und der älteste 15,5 Jahre alt.

Im Durchschnitt dauerte die Perthes Erkrankung bei unserem Patientenkollektiv 2,97 Jahre ([1,17-6,67 Jahre (min-max)]).

Bei 30% des Patientenkollektivs war ein kombiniertes Operationsverfahren durchgeführt worden. Es erfolgte sowohl eine becken- als auch femurseitige Umstellung, um ein ausreichendes Containment zu erzielen.

1.1.28 Compliance

Beim Großteil des Patientenguts war die Compliance sehr zufriedenstellend. Die Patienten erschienen regelmäßig zu den empfohlen Kontrollterminen zur klinischen und radiologischen Reevaluierung.

Jeglich bei den konservativ therapierten Patienten, die mittels Orthese konsequent entlasten sollten, wurde desöfteren eine mangelnde Compliance beim Einhalten der Entlastung des betroffenen Hüftgelenks dokumentiert.

Endergebnisse anhand der Stulberg-Klassifikation

1.1.29 Gesamtes Patientenkollektiv

Abbildung 33 zeigt die Verteilung der Patienten auf die 5 Stulberg Stadien. Von 59 an Perthes erkrankten Hüften erreichten zwölf Patienten Stadium I, 14 Patienten Stadium II, 26 Patienten Stadium III, 3 Patienten Stadium IV und 4 Patienten Stadium V.

Prozentuale Aufteilung des Patientenkollektiv auf die Stulberg Stadien

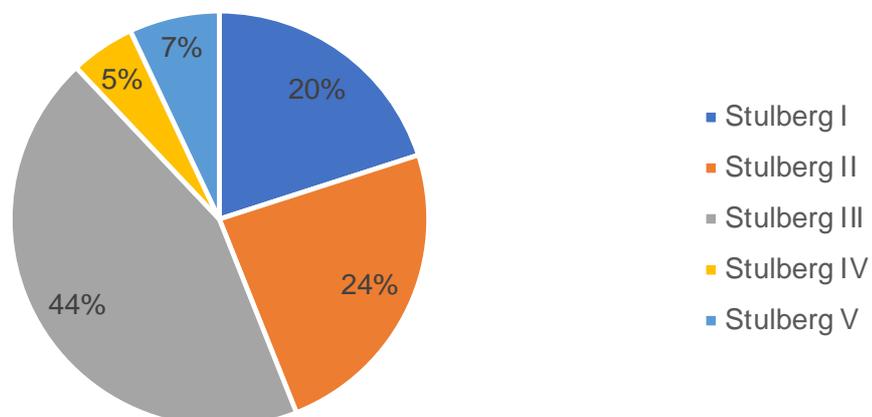


Abbildung 33 Prozentuale Aufteilung der Stulberg-Stadien

In unserem Kollektiv konnten wie in Tabelle 4-7 ersichtlich, 26 Patienten ein exzellentes Endergebnis im Sinne einer anatomischen Kongruenz erreichen. 26 Hüftgelenke heilten pathologisch kongruent aus. Pathologisch inkongruent heilten sieben Hüften aus.

Tabelle 0-7 Endergebnisse des Patientenkollektiv

Kongruenzverhältnisse bei Ausheilung	gesamtes Patientengut
Anatomische Kongruenz	26 Patienten
Pathologische Kongruenz	26 Patienten
Pathologische Inkongruenz	7 Patienten

4.4.1. radiologische Endergebnisse der bilateral befallenen Perthes Patienten

Drei Hüften heilten anatomisch kongruent aus, zwei Hüften wurden der Stulberg-Gruppe I zugeordnet und eine Hüfte der Stulberg-Gruppe II.

Fünf Hüften wiesen bei Therapieende pathologisch kongruente Verhältnisse auf und wurden der Stulberg-Gruppe III zugeordnet. Keine der beidseits befallenen Hüften heilte pathologisch inkongruent aus.

1.1.30 Geschlechterspezifische Endergebnisse anhand der Stulberg-Einteilung

Anatomische Kongruenz erreichten 18% der weiblichen Patientinnen und somit deutlich weniger als im männlichen Patientenkollektiv (50%).

Zwei Mädchen hatten exzellente Endergebnisse und heilten mit anatomisch kongruenten Gelenkverhältnissen aus. Sechs weibliche Patientinnen hatten zum Zeitpunkt der Ausheilung ein Stulberg Stadium III erreicht und somit asphärische Gelenkverhältnisse. Drei Mädchen, davon eine in Stulberg Klasse IV und zwei in Stulberg Klasse V, hatten inkongruente Gelenkflächen bei Ausheilung vorzuweisen.

Wie in Abbildung 34 und 35 ersichtlich, hatte ein an Morbus Perthes erkranktes Mädchen prozentual gesehen eine dreimal höhere Wahrscheinlichkeit ein schlechtes Outcome zu erzielen und pathologisch inkongruenten Gelenkflächen zu entwickeln. Mehr als ein Viertel der Mädchen musste der Stulberg-Klasse IV oder V zugeordnet werden.

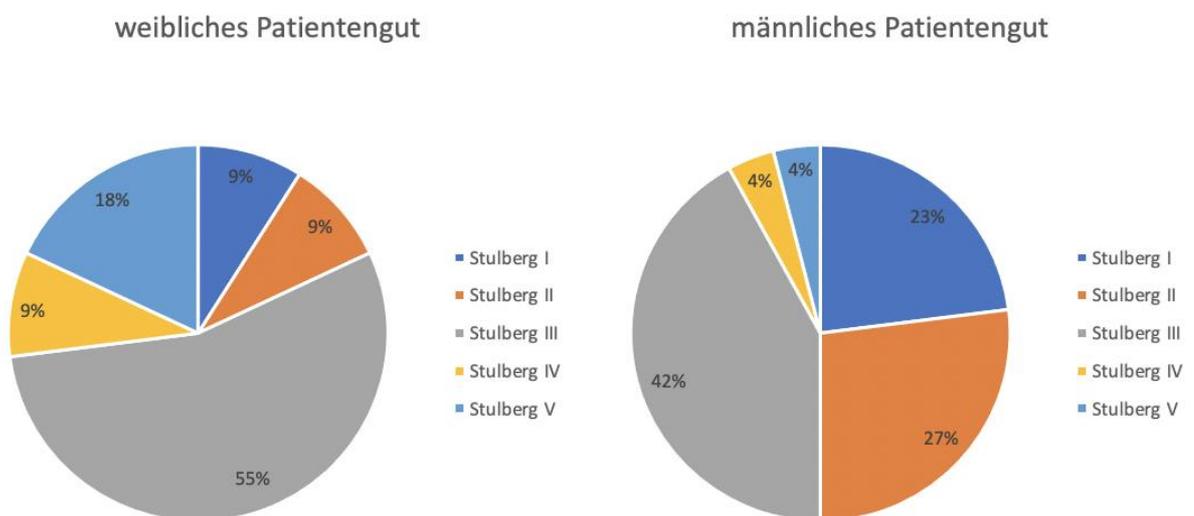


Abbildung 34 Geschlechterspezifische Gegenüberstellung der Endergebnisse anhand der Stulberg-Stadien

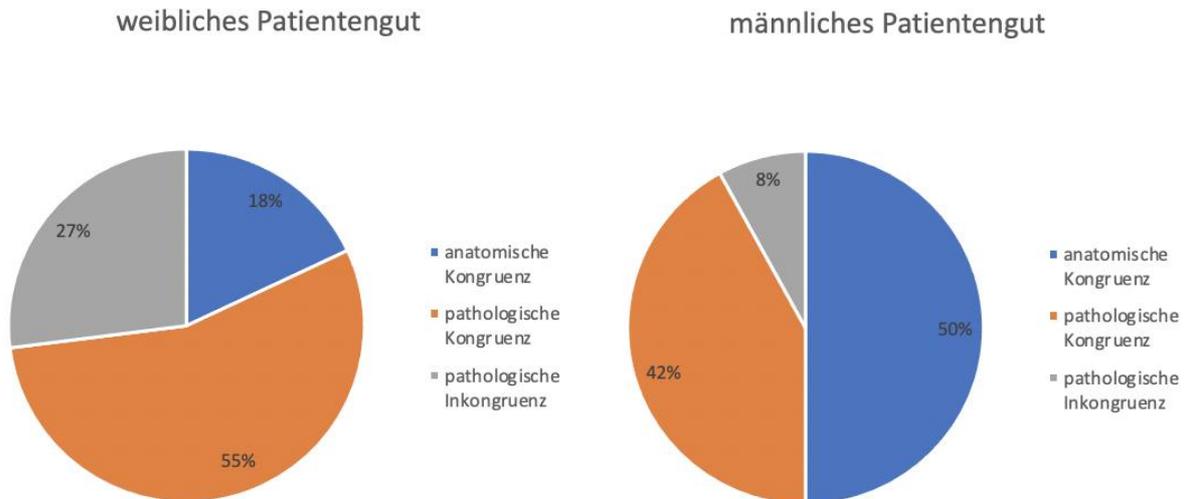


Abbildung 35 Prozentuale Aufteilung der geschlechterspezifischen Gelenkkongruenz bei Ausheilung

Von elf Mädchen kam es bei dreien zu einer pathologischen Inkongruenz der Gelenkflächen. Prozentual ist das mehr als ein Viertel des gesamten weiblichen Patientenguts. Verglichen mit den männlichen Patienten konnte hier ein deutlicher Nachteil gezeigt werden.

1.1.31 Alterspezifische radiologische Endergebnisse anhand der Stulberg-Klassifikation

In der Altersgruppe 1, bei Patienten jünger als sechs Jahre, heilten 96% anatomisch oder pathologisch kongruent aus. Nur 4% der Altersgruppe 1 heilten mit pathologisch inkongruenten Gelenkverhältnissen aus (siehe Abbildung 36).

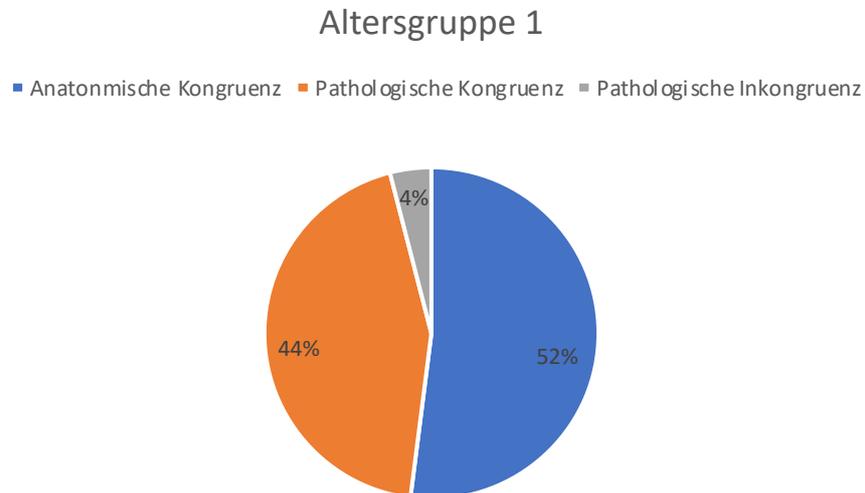


Abbildung 36 Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 1

95% der Patienten zwischen 6 und 8 Jahren konnten mit anatomisch oder pathologisch asphärischen Gelenkflächen ausheilen. Nur eine Hüfte und somit 5% der Altersgruppe 2 heilten mit pathologisch inkongruenten Gelenkpartnern aus. (siehe Abbildung 37)

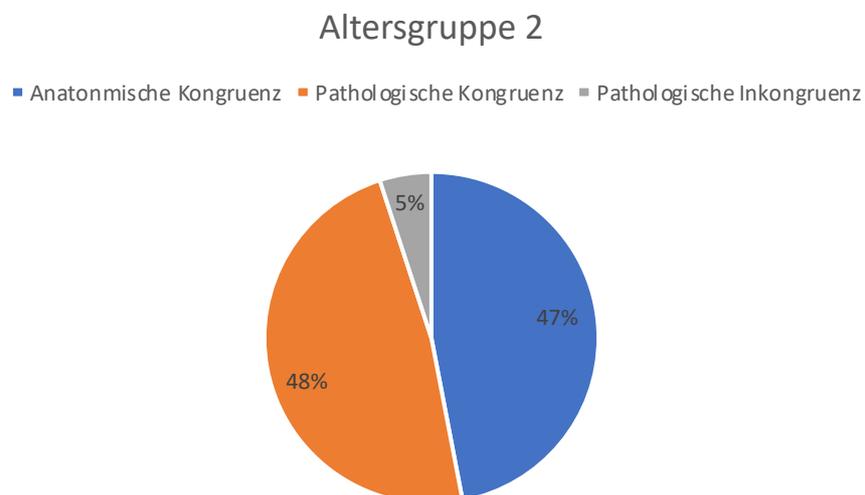


Abbildung 37 Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 2

In der Altersgruppe 3 konnten 27% exzellente Endergebnisse erzielen und wiesen zum Erkrankungsende anatomisch kongruente Gelenkflächen auf. 40% der Altersgruppe 3 konnten mit einer pathologischen Kongruenz ausheilen (siehe Abbildung 38).

Jedoch ein Drittel der Patienten älter als 8 Jahre (33%) hatte zum Zeitpunkt der Ausheilung pathologisch inkongruente Gelenkverhältnisse (drei Hüften Stulberg-Klasse IV, zwei Hüften Stulberg-Klasse V) (siehe Abbildung 38).

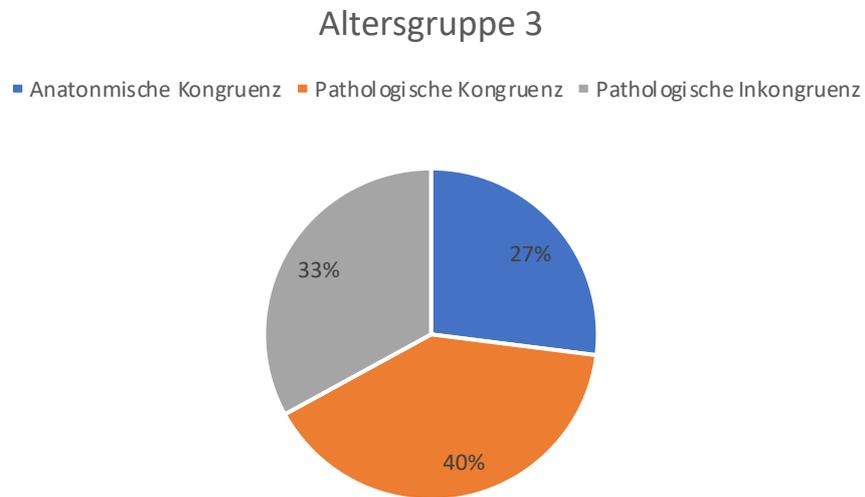


Abbildung 38 Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 3

Es lässt sich feststellen, dass Patienten, die bei Diagnosestellung älter als acht Jahre waren, im Vergleich zu den Jüngeren gehäuft in höheren Stulberg-Stadien ausheilten. Sie wiesen vermehrt abgeflachte und vergrößerte Hüftköpfe auf. Demnach hatten sie ein deutlich erhöhtes Risiko frühzeitig arthrotische Veränderungen am Hüftgelenk zu entwickeln. Wie in Abbildung 39 grafisch dargestellt, konnte kein deutlicher Unterschied zwischen Altersgruppe 1 (<6 Jahre) und Altersgruppe 2 (6-8 Jahre) nachgewiesen werden. Hier zeigte sich eine beinahe identische Verteilung auf die Stulberg-Stadien unabhängig vom Alter bei Erstdiagnose.

Stulberg-Klassifikation

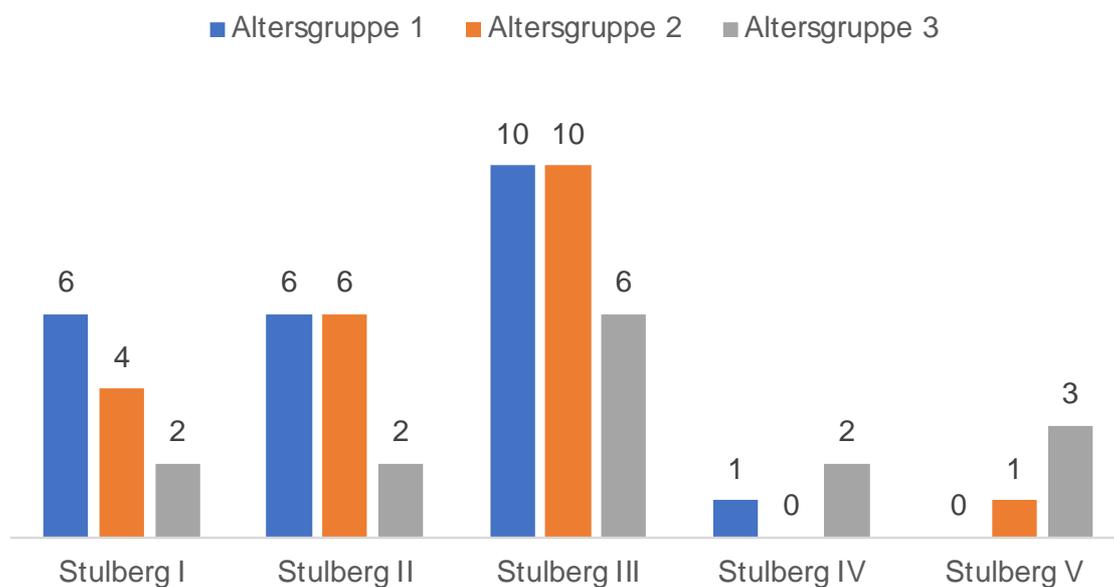


Abbildung 39 Verteilung des Patientenkollektiv (n=59) auf die Stulberg Stadien

1.1.32 Endergebnisse spezifisch anhand der Catterall-Klassifikation

Die meisten anatomisch kongruenten Hüftgelenke gingen aus dem Catterall II Stadium hervor. Keine Hüfte des Catterall Stadium II heilte pathologisch inkongruent aus.

Die vier pathologisch inkongruenten Hüften entwickelten sich aus dem Catterall III und aus dem Catterall IV Stadium (siehe Abbildung 40).

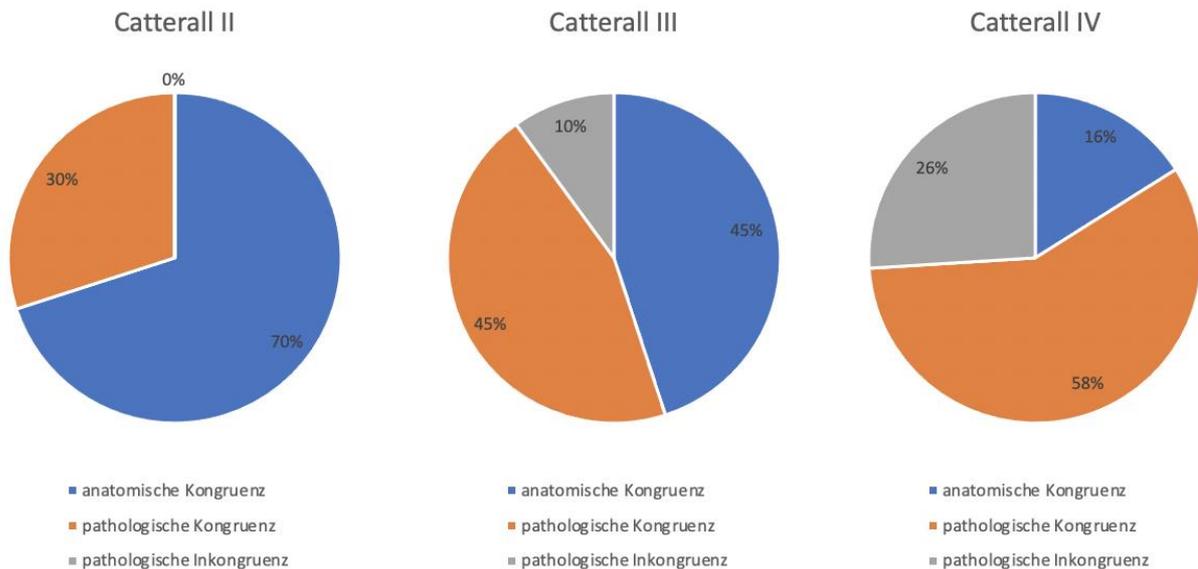


Abbildung 40 Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der unterschiedlichen Catterall-Stadien

Es heilten alle Hüften mit einem Catterall-Stadium II anatomisch oder pathologisch kongruent aus und hatten somit ein sehr gutes bis befriedigendes Endergebnis.

10% (2 Hüften) der anfänglich in Stadium III nach Catterall zugeteilten Hüften heilten mit einer pathologischen Inkongruenz aus und hatten somit ein erhöhtes Risiko frühzeitig an einer Hüftgelenksarthrose zu erkranken.

Insgesamt hatten fünf von 19 Hüften (26%) aus der Gruppe mit einem Catterall-Stadium IV pathologisch inkongruente Gelenkverhältnisse zum Zeitpunkt der Ausheilung. Drei Hüften mussten in die Stulberg-Klasse IV eingestuft werden und zwei Hüften in die Stulberg-Klasse V.

Im Vergleich mit den anfänglich in Stadium III nach Catterall klassifizierten Hüften hatten Hüften der Gruppe IV nach Catterall ein deutlich erhöhtes Risiko inkongruente Gelenkflächen auszubilden und somit frühzeitig arthrotische Veränderungen am betroffenen Hüftgelenk zu entwickeln.

1.1.33 Endergebnisse spezifisch anhand der Herring-Klassifikation

Es heilten alle Hüften mit einem Schweregrad A nach Herring anatomisch oder pathologisch kongruent aus und hatten somit ein sehr gutes bis gutes Endergebnis. Hier decken sich die Ergebnisse mit den anfänglich mit Catterall II klassifizierten Patienten.

Auch alle Hüften mit dem Schweregrad B nach Herring heilten zufriedenstellend aus. Aus 57,9% von den bei Krankheitsbeginn in Klasse B zugeteilten Hüften entwickelten sich

anatomisch kongruente Gelenkflächen. Aus den restlichen 42,1% der Klasse B nach Herring entwickelten sich pathologisch kongruente Gelenkverhältnisse.

Aus den Hüften mit dem Schweregrad C nach Herring konnten 20% ein exzellentes Ergebnis erzielen und heilten mit anatomischen Kongruenzverhältnissen aus. 52% der Hüften mit einem Herring-Stadium C entwickelten pathologisch kongruente Hüftgelenke.

28% entwickelten pathologisch inkongruente Gelenkflächen mit einer erhöhten Gefahr frühzeitig eine Arthrose zu entwickeln (siehe Abbildung 41).

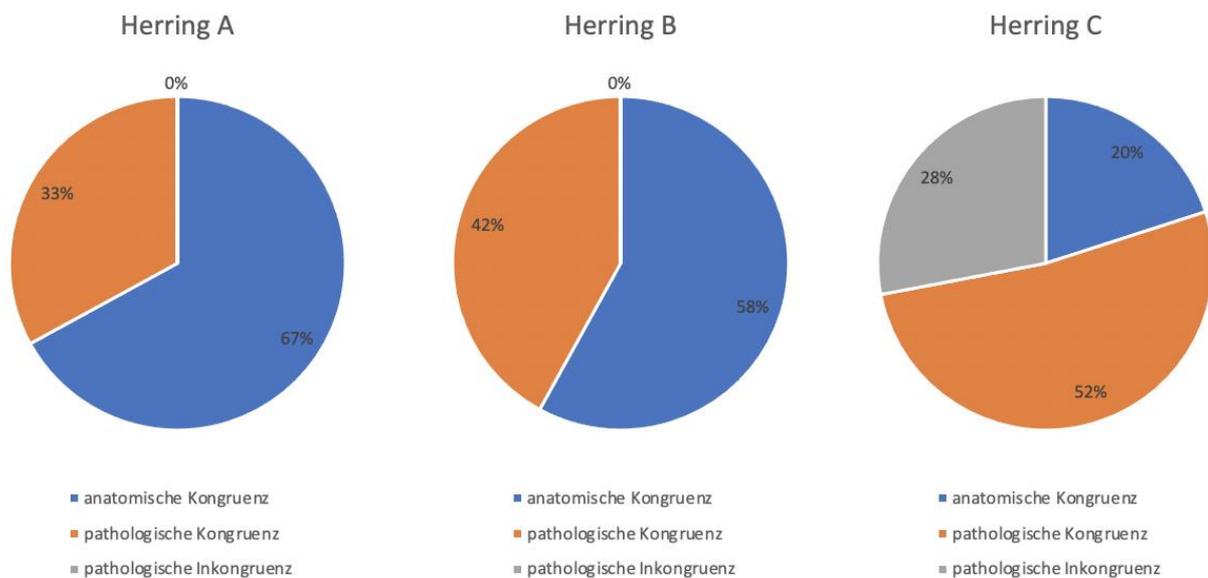


Abbildung 41 Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der unterschiedlichen Herring-Stadien

1.1.34 Endergebnisse nach Stulberg abhängig von der Therapie

1.1.34.1 Konservative Therapie

16 Hüften (59,3%) wiesen eine anatomische Kongruenz (entspricht der Stulberg-Klasse I und II) nach konservativer Therapie auf. Sieben Hüften (25,9%) heilten pathologisch kongruent aus (entspricht der Stulberg-Klasse III) und zwei Hüften (7,7%) bildeten eine pathologische Inkongruenz beider Gelenkflächen aus (entspricht den Stulberg-Klassen IV und V).

1.1.34.2 Operative Therapie

Zusammenfassend wurde bei 10 Hüften (29,4%) eine anatomische Kongruenz (entspricht der Stulberg-Klasse I und II) nach operativer Therapie erreicht. 19 Hüften (55,9%) heilten pathologisch kongruent aus (entspricht der Stulberg-Klasse III) und bei fünf der operierten Hüften (14,7%) bildete sich eine pathologische Inkongruenz beider Gelenkflächen aus (entspricht der Stulberg-Klasse IV und V) (siehe Abbildung 43).

Endergebnisse konservative versus operative Therapie

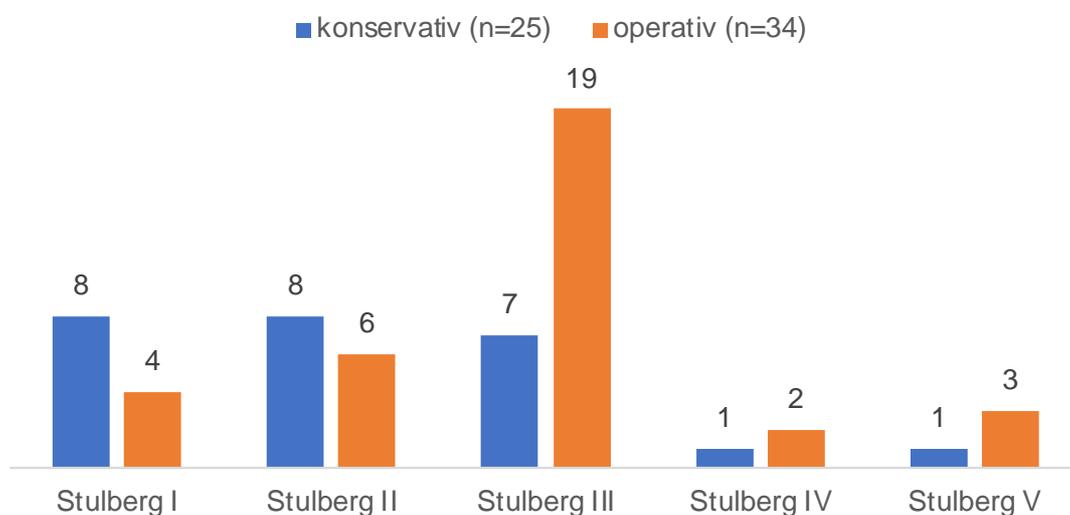


Abbildung 42 Darstellung der Endergebnisse nach Stulberg abhängig von der Therapieart

1.1.35 Einzelfallanalysen der Stulberg IV und V Patienten

Es kam bei zwei der konservativ behandelten Patienten unserer Studie zu einer inkongruenten Ausheilung. Diese zwei Patienten waren bei Diagnosestellung 8,3 und 10,3 Jahre alt, also vom Risikofaktor hohes Alter betroffen. Beide hatten zusätzlich einen Schweregrad C nach Herring und wurden in die Stadien III und IV nach Catterall eingestuft. Es konnten somit retrospektiv mehrere negative Prognosefaktoren aufgezeigt werden. Einer dieser Patienten war mit einem BMI von 41 stark übergewichtig und trug die Orthese laut seiner Eltern sehr inkonsequent. Im Verlauf wurde die Therapie auf Unterarmgehstützen umgestellt, um die Compliance des Patienten zur dringenden Entlastung zu erhöhen. Leider wurde auch damit das schwer betroffene Hüftgelenk nicht ausreichend entlastet. Das nicht zufriedenstellende Endergebnis resultierte unserer Meinung nach höchstwahrscheinlich aus der inkonsequenten Entlastung. Auch die Adipositas permagna wirkte sich vermutlich negativ auf das Endergebnis aus.

Der zweite Patient war klinisch völlig beschwerdefrei und entlastete konsequent mit Unterarmgehstützen. Im Krankheitsverlauf entwickelte sich ein Hinge-abduction-Phänomen. Rückblickend lagen auch hier mehrere Risikofaktoren für ein schlechtes Outcome vor. Der Patient erkrankte in einem für Morbus Perthes höheren Alter, die Nekrose war auf die ganze Femurepiphyse ausgedehnt und die Bewegungseinschränkung des betroffenen Hüftgelenks wurde zunehmend ausgeprägter. Es wurde eine Orthese rezeptiert. Unter dieser Entlastungstherapie kam es zunehmend zu einer Abduktionseinschränkung.

Nach weiteren vier Jahren Erkrankungsdauer heilte die Hüfte des mittlerweile adipösen Patienten mit einem vergrößerten und deutlich abgeflachten Hüftkopf aus, vereinbar mit einem Stulberg IV Stadium.

Der unerfreuliche radiologische Endbefund stimmte mit dem klinischen Erscheinungsbild nicht überein. Der Patient war vollständig beschwerdefrei und hatte bis auf eine leichte Außenrotationskontraktur keinerlei Einschränkungen. Inwieweit dieses Hüftgelenk funktionell im Alltag eines jungen Erwachsenen Bestand hat und schmerzfrei bleibt, wird sich in den nächsten Jahren zeigen und konnte bei Abschluss der Studie nicht endgültig beurteilt werden.

Drei inkongruent ausgeheilte Hüften weisen den in der Literatur beschriebenen Risikofaktor des weiblichen Geschlechts auf. Sie waren alle, bis auf eine Patientin, älter als sieben Jahre und wurden dem Herring C-Schweregrad und in das Stadium III oder IV nach Catterall eingestuft. Dieser Befund beschreibt eine ausgedehnte Nekrose des Hüftkopfes und einen bereits sehr weit fortgeschrittenen Kollaps der Epiphyse. Auch die Subluxationsindices wiesen durchwegs pathologische Werte auf. Der Ausgangsbefund dieser Patientin war im Vorhinein nicht sehr erfolgsversprechend zu bewerten.



Abbildung 43 radiologische Beispiele der inkongruent ausgeheilten Hüftgelenke (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München)

Ein Patient mit inkongruentem Ausheilungsbefund wurde 5 Jahre nach seiner Perthes-Erkrankung mit einer Hüftprothese versorgt. Der adipöse Patient hatte sich mit 13 Jahren sehr spät in unserer Klinik vorgetellt. Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung entlastete der Patient nur sehr inkonsequent mit Unterarmgehstützen. Aufgrund der klinisch vollständigen Beschwerdefreiheit des Patienten wurde die konservative Therapie fortgeführt. Nach zunehmender Adduktionskontraktur, einer stetig progredienten Beinlängendifferenz und dem Auftreten eines Hinge-abduction-Phänomens wurde eine intertrochantäre Valgisationsosteotomie durchgeführt. Der radiologische Endbefund zeigte ein pathologisch inkongruentes Hüftgelenk.

Aufgrund einer funktionellen Beinlängendifferenz von 7cm, die den Patienten sehr belastete, einer Abduktions- als auch Flexionskontraktur und einer zunehmenden Gehstreckenverkürzung stellte man im Alter von 17 Jahren die Indikation zur Hüftprothesenversorgung.

Die folgende Tabelle zeigt das Vorhandensein der klinischen und radiologischen Parameter der Patienten mit inkongruenten Ausheilungsbefund. Bei allen Stulberg IV und V ausgeheilten Patienten zeigt sich das Vorhandensein mehrerer Risikofaktoren.

Tabelle 0-8 Zusammenfassung der klinischen und radiologischen Risikofaktoren der in Stulberg IV und V ausgeheilten Patienten

Pat.	Stulberg	Herring C	Catterall III/IV	weibliches Geschlecht	>7 Jahre
1	IV	+	+	+	
2	IV	+	+		+
3	IV	+	+		+
4	V	+	+	+	+
5	V	+	+	+	+
6	V	+	+		+
7	V	+	+		+

Korrelation

1.1.36 – mit dem Alter bei Erstdiagnose

In unsrem Patientenkollektiv konnte kein Zusammenhang zwischen dem Alter und den Catterall-Stadien und der Herring-Klassifikation gezeigt werden.

Jedoch hoch signifikant war der Zusammenhang zwischen dem Alter bei Erstdiagnose und der späteren Kongruenz der betroffenen Hüfte. Je jünger die Patienten, desto besser fielen die Kongruenzverhältnisse bei der Ausheilung aus ($p < 0,001$) und je älter die Patienten, desto höher fiel das Stulberg-Stadium bei der Ausheilung aus ($p = 0,001$). Somit stieg das Risiko für eine frühzeitige sekundäre Coxarthrose mit dem Alter bei der Erstdiagnose.

Außerdem fanden wir eine Korrelation zwischen dem Alter und der Entwicklung eines Trochanterhochstandes. Je jünger die Patienten, desto geringer war der Trochanterhochstand bei Therapieende ($p = 0,001$).

Sowohl der Gesamtquotient nach Heymann und Herndon bei Erstdiagnose als auch der bei Ausheilung korrelierten mit dem Alter. Je älter die Patienten, umso schlechter der Gesamtquotient ($p = 0,036$, $p = 0,042$).

Je älter die Patienten, desto größer der Migrationsindex nach Reimers ($p = 0,046$), desto schlechter der Epiphysen-Extrusions-Index ($p = 0,009$) und desto größer der Anteil der unüberdachten Epiphyse bei Ausheilung ($p = 0,003$).

1.1.37 – mit der Klassifikation nach Catterall

Der Gesamtquotient nach Heymann und Herndon bei Ausheilung korrelierte signifikant mit der Catterall-Einteilung ($p = 0,036$).

Deutlich signifikant war der Zusammenhang zwischen der Klassifikation von Catterall und der von Stulberg ($p < 0,001$). Je höher die Patienten im Anfangsstadium den Gruppen nach Catterall zugeordnet wurden, desto höhere Stulberg-Stadien wurden bei Ausheilung erreicht.

1.1.38 – mit der Klassifikation nach Herring

Je höher die Einteilung nach Herring, desto höher war auch das Catterall-Stadium ($p < 0,0001$).

Der Gesamtquotient bei Ausheilung korrelierte signifikant mit der Klassifikation nach Herring ($p = 0,014$).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Migrationsindex nach Reimers und der Herring-Klassifikation konnte ebenfalls gezeigt werden ($p=0,007$). Je höher das Stadium nach Herring, desto höher der Migrationsindex. Es waren demnach Patienten mit einem deutlichen Kollaps der lateralen Säule häufiger von einer Subluxation des Hüftkopfes betroffen.

Die Herring-Klassifikation korrelierte auch mit der Therapiewahl. Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen der Einteilung nach Herring und der Anzahl der operierten Patienten ermittelt werden ($p=0,001$).

Hoch signifikant war die Korrelation zwischen der Stulberg- und der Herring-Klassifikation ($p<0,001$). Patienten aus höheren Herring-Gruppen heilten später auch in schlechteren Stulberg-Stadien aus. Demnach konnte auch ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Herring-Klassifikation und den Kongruenzverhältnissen des erkrankten Hüftgelenks bei Ausheilung bewiesen werden ($p=0,007$).

In Tabelle 4-9 wurden die 3 Risikofaktoren mit den stärksten Korrelationskoeffizienten aufgelistet.

Tabelle 0-9 Wertigkeit der Risikofaktoren anhand des Spearman Korrelationkoeffizienten

Risikofaktor	Relevanz	Korrelationskoeffizient
Alter bei Diagnosestellung	+	$\rho =0,226$
hohe Catterall Klassifikation	++	$\rho =0,493$
Lateral-Pillar-Klassifikation	+++	$\rho =0,516$

Diskussion

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, die Resultate der konservativen und operativen Therapie zu vergleichen und die Bewertung möglicher prognostischer Parameter vorzunehmen.

Um für unsere Analyse ein repräsentatives Patientengut zur Verfügung zu haben, nahmen wir 51 Patienten aus den Jahren 2004 bis 2012 mit 59 von Morbus Perthes befallenen Hüften in unsere Studie auf. Voraussetzung für die Aufnahme in die Studie war ein vollständiger, uns vorliegender, radiologischer und klinischer Krankheitsverlauf.

In der aktuellen Literatur ist das männliche Geschlecht häufiger von der Perthes-Erkrankung betroffen und es wird ein durchschnittliches Geschlechterverhältnis zwischen 3:1 und 5:1 angegeben (46,49,65,98,123,124).

In unserem Fall ergab sich ein Verhältnis von 4,7:1 (männlich: weiblich). Damit entsprechen unsere Ergebnisse den Angaben in der Literatur.

Die Angaben zum Erkrankungsbeginn liegen in der Literatur zwischen dem 3. und 12. Lebensjahr. Catterall beschreibt ein durchschnittliches Erkrankungsalter von 4,5 Jahren (49), Stulberg et al. ein mittleres Alter von 7,5 Jahren (48) und Wiig et al. geben in ihrer Studie von 2006 ein Durchschnittsalter von 5,8 Jahren an (123). Verglichen mit der Publikation von 2006 zeigte sich unser Patientenkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 6,9 Jahren etwas älter. Dies könnte damit begründet werden, dass Patienten erst im Verlauf ihrer Krankheit im Klinikum Großhadern vorstellig wurden und bei niedergelassenen Kollegen vorbehandelt wurden. Auch die Zuweisung von besonders komplizierten Krankheitsverläufen, oftmals einhergehend mit einem hohen Erkrankungsalter, könnte eine Erklärung für das etwas ältere Patientengut sein.

Der Altersgipfel von Morbus Perthes liegt zwischen fünf und acht Jahren (43,46-49,123,125). In diesem Bereich lag auch das Alter unserer Patienten.

Die Literaturangaben bezüglich eines beidseitigen Perthes-Befalls weisen große Schwankungsbreiten von 8% bis 24% auf (45). In einer Studie von Herring et al. waren 8,1% von 86 Patienten bilateral erkrankt (55). Catterall et al. publizierten 1971 eine Bilateralität bei 9,9% ihrer Patienten (49) und bei Stulberg et al. erkrankten 12,5% beidseitig an einem Morbus Perthes (48). Salter und Thompson et al. konnten in ihrer Studie mit einer sehr großen Gesamtfallzahl von 1057 Patienten einen bilateralen Anteil von 19,6% feststellen (45). Die Anteile beidseitig Betroffener in unserer Studie fallen im Vergleich zu denen in der Fachliteratur geringer aus. Dies könnte durch die geringe Fallzahl zu erklären sein.

In unserer retrospektiven Datenerhebung unterschied sich das klinische Erscheinungsbild bei Erstvorstellung nicht von dem in der allgemein anerkannten Literatur beschriebenen

(43,60,65,124-127).

In den letzten 100 Jahren wurden zahlreiche Therapiemaßnahmen zur Behandlung eines Morbus Perthes entwickelt, untersucht und miteinander verglichen, jedoch gibt es bis heute keinen kausalen Therapieansatz für Morbus Perthes und der richtige Zeitpunkt der jeweils adäquaten Therapiemethode wird fortwährend diskutiert (43,60,65,124-127).

Etliche Therapiemaßnahmen zielen darauf ab, das betroffene Hüftgelenk so lange wie möglich schmerzfrei und in seiner vollständigen Funktion zu erhalten und nach heutigem Wissensstand wählt man das passende Therapieverfahren anhand von klinischen und radiologischen Risikofaktoren aus (43,60,65,124-127).

Erfreulicherweise wiesen 88,9% des untersuchten Patientenkollektivs zum Zeitpunkt der Ausheilung sphärisch oder asphärisch kongruente Hüftverhältnisse auf. Rich et al. konnten in ihrer Publikation von 2013 ähnlich gute Ergebnissen zeigen (128). Von 213 Patienten konnten insgesamt 93% aller Hüften kongruent ausheilen. Von den Patienten mit Herring B und Herring C waren es immerhin noch 87%. Wichtig für den Erfolg einer Therapiemaßnahme war seiner Meinung nach der fortwährende Erhalt der Beweglichkeit des betroffenen Hüftgelenks (128).

Das Behandlungskonzept der LMU in den Jahren 2004 bis 2012 sah eine konservative Therapie mit regelmäßiger intensiver Physiotherapie und, falls notwendig, eine Entlastung mittels Orthese oder Unterarmgehstützen bei Perthes-Patienten vor. Es müssen alle Sprung- und Stoßsportarten vermieden werden, die Kinder werden vom Schulsport befreit und sollen so gut es geht „Schritte sparen“ (129). Es erfolgten engmaschige Kontrollen, um das Auftreten radiologischer oder klinischer Risikofaktoren frühzeitig zu erkennen.

Klinisch war vorallem ein Fortschreiten der Bewegungseinschränkung, Abduktionskontrakturen und auch das Neuauftreten eines „hinge abduction“ Phänomen ausschlaggebend für die Indikationsstellung zur Operation.

Im radiologischen Verlauf zeigte sich bei allen operativ versorgten Patienten präoperativ eine deutliche Dezentrierung des Hüftkopfes. Das Auftreten einer der „head at risk“ signs nach Catterall (1981) im radiologischen Verlauf wurde ebenfalls als prognostisch negativer Parameter gewertet und somit als Indikationsparameter zur operativen Therapie gewertet. Beim Auftreten sowohl klinisch als auch radiologisch negativer Prognoseparameter, wie eine Dezentrierung des Hüftkopfes, ein Hinge abduction sign, oder eine Verschlechterung des

Bewegungsausmaßes des betroffenen Hüftgelenks ist die Reevaluation der OP-Indikation vorzunehmen.

Zwischenzeitlich wird in der aktuellen Literatur die Entlastungstherapie und vor allem die Orthesen-Versorgung bei Morbus Perthes kontrovers diskutiert (80). Die Wirksamkeit einer konsequenten Entlastungstherapie konnte bis heute nicht mit ausreichend Evidenz bewiesen werden (80). Bisher konnte nur in Tierversuchen eine geringere Deformierung des Hüftkopfes unter konsequenter Entlastung gezeigt werden, jedoch mit dem negativen Effekt einer gesteigerten Knochenresorption (42). Die Indikation zur Orthesen-Versorgung ist nach aktueller Literaturrecherche obsolet und ihre Wirksamkeit widerlegt (76-79). Darüber hinaus ist die körperliche Einschränkung der Kinder im Alltag enorm und darf nicht unterschätzt werden (80). Eine Orthese zu tragen oder mit Unterarmgehstützen zu entlasten, gibt den jungen Patienten oft das Gefühl, anders zu sein. Price, Day und Flynn konnten in ihrer Publikation von 1988 einen negativen Einfluss einer Entlastungstherapie auf das Sozialverhalten und die schulischen Leistungen der Patienten im Vergleich zu operierten Patienten nachweisen (130).

Inwieweit das Patientengut der vorliegenden Studie durch eine Orthesen-Therapie sozial und psychisch beeinflusst wurde und eventuell Defizite erlitten hat, kann retrospektiv durch die hier erhobenen Daten nicht eruiert werden. Durch dokumentierte mangelnde Compliance bei genau diesem Anteil des Patientenguts kann jedoch vermutet werden, dass hier eventuell psychosoziale Aspekte der Grund für die Ablehnung der Orthese gewesen sein könnten. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Orthesen, wie der Thomas Splint, zu einer intraartikulären Druckerhöhung führen und somit eine Entlastung des Hüftkopfes mittels Entlastungsschienen nicht realisierbar ist (131-133). Wiig et al. raten in ihrer prospektiv durchgeführten Studie von 2008 ebenfalls, die Orthesen-Behandlung aufgrund eines nicht eindeutig nachweisbaren Vorteils gegenüber anderen Therapiemethoden zu unterlassen (83). In unserer Studie konnte mehr als die Hälfte des Patientenguts nach alleiniger, konservativer Therapie exzellente Endergebnisse mit anatomisch kongruenten Gelenkpartnern erzielen. Somit können wir die in der Literatur negativ angeführten Aspekte einer Orthesen-Therapie anhand unserer vorliegenden Daten nicht aufzeigen und sehen bei richtiger Indikationsstellung und Akzeptanz des Patienten durchwegs gute Endergebnisse. Eine Aussage darüber, inwieweit eine Orthesen-Behandlung dem betroffenen Hüftgelenk durch mögliche Druckerhöhung schadet, oder inwieweit der junge Patient in seinem Alltag durch eine Orthese eingeschränkt wird und eventuell auf Ablehnung stößt, konnte anhand dieser Ergebnisse nicht getroffen werden und bedarf gesonderter Datenerhebungen. Die Indikation zur operativen Therapie muss zum optimalen Zeitpunkt gestellt werden, um den Wiederaufbauprozess des Femurkopfes und das Remodeling bestmöglich zu

unterstützen (134). In der aktuellen Studie wurden sowohl beckenständig als auch femurseitig 34 operative Eingriffe durchgeführt.

Entsprechend der aktuellen Literatur, dass besonders ältere Kinder operativ behandelt werden sollten (83), war auch die Mehrheit der operativ behandelten Patienten in unserem Patientenkollektiv älter als sechs Jahre. Insgesamt konnten erfreulicherweise 86,7% der operativ behandelten Patienten sphärische oder asphärische Kongruenz erreichen. Das ist im Vergleich zu dem konservativ behandelten Patientengut geringfügig seltener. Dies könnte damit begründet sein, dass die Indikation zur operativen Therapie einen ausgedehnten Befund und das Vorhandensein von Risikofaktoren voraussetzt und im fortgeschrittenen Krankheitsalter das Remodellingpotential geringer einzuschätzen ist (127).

Die Wahl der Therapiemethode ist immer eine Einzelfallentscheidung und hängt von dem Schweregrad des radiologischen Befunds, dem Ausmaß der Bewegungseinschränkung und dem Alter des Patienten bei Krankheitsbeginn ab. Das Ziel der Operation ist immer das Containment zu erhalten oder zu verbessern (43).

Soeur und De Racker waren die ersten, die das Konzept des Containments mittels Varisationsosteotomie im Jahre 1952 veröffentlichten (135). Zur operativen Verbesserung des Containments wird heute typischerweise die varisierende Operation angewandt (43,65,96). Hier ist zu beachten, dass eine Überkorrektur des CCD-Winkels einen Trochanterhochstand und eine Coxa vara mit sich ziehen kann. Deshalb sollte der CCD-Winkel nie unter 105° korrigiert werden (65).

Falls durch eine alleinige Femurosteotomie keine ausreichende Rezentrierung des Hüftkopfes in der Hüftpfanne erreicht werden kann, kann eine Doppelosteotomie mit einer zusätzlichen beckenständigen Umstellung erforderlich sein (81,136). Eine alleinige Beckenosteotomie nach Salter oder eine Triple-Osteotomie nach Tönnis kann ebenfalls eine erfolgsversprechende, operative Alternative darstellen (65). Zahlreiche Studien können die Containment-Verbesserung der Salter-Osteotomie nachweisen (86,137-139).

Eine oftmals mit einer intertrochantären Varisationsosteotomie einhergehende Beinlängenverkürzung und ein Trochanterhochstand können mit einem beckenständigen Eingriff vermieden werden (65).

Wie bereits erwähnt, muss vor jedem operativen Eingriff, ein ausreichendes Bewegungsausmaß vorhanden sein und ein Hinge-abduction-Phänom ausgeschlossen werden. Liegt eine dementsprechende Bewegungseinschränkung vor, ist eine intertrochantäre Valgisationsosteotomie indiziert (87,89,90,140).

Herring et al. (2004) konnten in ihrer prospektiven Studie keinen Unterschied beim Outcome zwischen einer Varisationsosteotomie und einer Beckenosteotomie nach Salter feststellen

(76). Herring konnte generell keinen Vorteil einer operativen Intervention bei Patienten, die jünger als acht Jahre waren, feststellen (76). Patienten im Herring-B-Stadium, die bei Erkrankungsbeginn älter als acht Jahre waren, profitierten jedoch von einer operativen Therapie (76).

In einer weiteren, prospektiv durchgeführten Studie von Wiig et al. (2008) erkannte man, dass 6-jährige Patienten und ältere mit einem Epiphysenbefall >50% nach einer intertrochantären Varisationsosteotomie bessere Endresultate aufwiesen als nach einer konservativen Behandlungsmethode, wie beispielsweise einer Orthese (83). Kein Unterschied der Endergebnisse konnte zwischen operativer oder konservativer Therapie bei Patienten unter sechs Jahren gezeigt werden. In diesem Fall war weder die konservative noch die operative Therapie der anderen überlegen. Wiig et al. (2008) empfehlen eine intertrochantäre Varisationsosteotomie bei Patienten, die bei Krankheitsbeginn älter als sechs Jahre waren (83).

Entsprechend dieser Empfehlungen in der Literatur wurde in der vorliegenden Studie die Indikation zu verschiedenen operativen Methoden gestellt. Eine alleinige intertrochantäre Varisationsosteotomie, wie in der Literatur am häufigsten genannt (43), wurde bei dem untersuchten Patientengut nicht durchgeführt. Eine alleinige Beckenosteotomie nach Salter war in unserem Patientenkollektiv die am häufigsten durchgeführte Operation. Hier waren die geringe Gefahr einer Adduktionskontraktur, keine funktionelle Verkürzung des Beines, keine Veränderung am Hebelarm der abduzierenden Muskeln und ein günstiger biomechanischer Effekt den Nachteilen der Beckenosteotomie überlegen (43). Eine möglicherweise intraartikuläre Druckerhöhung einer beckenseitigen Osteotomie nahm man in Kauf (94).

13,9% der operierten Patienten zeigten nach vollständigem Wiederaufbau des Hüftkopfes eine Inkongruenz beider Gelenkpartner und müssen im Erwachsenenalter mit einem erhöhten Risiko rechnen an einer sekundären Coxarthrose zu erkranken (60,94,108,141,142). Bei all diesen Patienten konnte zum Zeitpunkt der Indikationsstellung zur operativen Therapie ein Hinge-abduction-Phänomen und eine zunehmende Dezentrierung des Hüftkopfes am Röntgenbild dokumentiert werden. Sie zeigten alle bereits bei Diagnosestellung eine Mehrzahl von Risikofaktoren, die ein schlechtes Outcome prophezeien hätten können.

Fünf Patienten waren älter als acht Jahre, davon war einer bereits 11,5 Jahre, weswegen in diesen Fällen das Potential zum anatomischen Wiederaufbau des Femurkopfes im Vorhinein als sehr gering eingeschätzt wurde (76,98,143). Die meisten Patienten hatten aufgrund ihres

Alters bei Erstdiagnose nur noch eine geringe Chance auf Containment-Verbesserung (83,96,98,144). Nur ein im Krankheitsverlauf frühzeitiges Wiederherstellen des Containment kann im Verlauf der Perthes-Erkrankung den Hüftkopf ausreichend formen (145).

Mittlerweile wurde aufgrund von mehrfach aufgetretenen Schmerzepisoden und einer bereits beginnenden Coxarthrose bei einer damals 13-jährigen Patientin in unserem Patientengut eine Hüftarthroskopie notwendig. Es wurden mehrere freie Gelenkkörper entfernt und eine vorsichtige Trimmung des Hüftkopfes vorgenommen. In einer Studie aus dem Jahr 2005 wurden neun ehemals an Morbus Perthes erkrankte Patienten mittels Hüftarthroskopie untersucht (146). Bei drei Patienten wurden ebenfalls freie Gelenkkörper als Grund für etwaige Schmerzepisoden diagnostiziert und entfernt (146).

In einer Langzeitstudie von Shohat et al. (2016) nach einem mittleren Follow-up von 42 Jahren hatten 17,1% bereits eine Hüftprothese implantiert bekommen (147). Die Arbeitsgruppe um Froberg et al. (2011) zeigte bei konservativ therapierten Patienten nach einem mittleren Follow-up von 47 Jahren (37–58 Jahre) eine Endoprothesenrate von 13% (148). Eine weitere Langzeitstudie zeigte nach durchschnittlich 20 Jahren eine Prothesenversorgung bei 5% aller konservativ behandelten Patienten (127). Diese Langzeitergebnisse sind mit unserer Studie aufgrund eines kürzeren Beobachtungszeitraums nur bedingt vergleichbar. Eine Studie von Ippolito (1985) zeigte bei 13 Patienten ein ähnlich spätes Erkrankungsalter zwischen 13 und 15 Jahren (141). Zehn von 13 Patienten mit einem sogenannten Adoleszentenperthes hatten Anzeichen einer Hüftarthrose und bei zwei von ihnen war eine chirurgische Intervention notwendig (141). In einer Publikation von Joseph et al. (2001) mit der bis heute größten Fallzahl von Patienten mit Adoleszentenperthes konnte bei 62 Patienten, die älter als 12 Jahre waren, gezeigt werden, dass die sonst üblichen Therapiemaßnahmen nicht erfolgsversprechend waren und die meisten Hüften mit inkongruenten Verhältnissen ausheilten (144). Angaben zur Notwendigkeit einer Prothesenimplantation zehn bis 15 Jahre nach Krankheitsbeginn aufgrund von sehr schweren Krankheitsverläufen und einem sehr späten Erkrankungsalter sind bislang nicht ausreichend in der aktuellen Literatur dokumentiert.

Es zeigte sich auch bei einem unserer Patienten die Notwendigkeit zur frühzeitigen Hüftprothesenimplantation bei inkongruent ausgeheiltem Hüftgelenk.

Bei Erstvorstellung entlastete der 13-jährige, übergewichtige Patient nur sehr inkonsequent mit Unterarmgehstützen. Aufgrund der klinisch vollständigen Beschwerdefreiheit des Patienten entschied man sich die konservative Therapie zuerst fortzuführen. Nach zunehmender Adduktionskontraktur, einer progredienten Beinlängendifferenz und dem Auftreten eines Hinge-abduction-Phänomens wurde die Indikation zur intertrochantäre

Valgisationsosteotomie gestellt. Der radiologische Endbefund zeigte jedoch ein pathologisch inkongruentes ausgeheiltes Hüftgelenk.

Aufgrund einer funktionellen Beinlängendifferenz von 7cm, die den Patienten sehr belastete, einer Abduktions- als auch Flexionskontraktur und einer zunehmenden Gehstreckenverkürzung stellte man im Alter von 17 Jahren die Indikation zur Hüftprothesenversorgung.

Dieser Patient muss aufgrund der Implantation einer Endoprothese im sehr frühen Erwachsenenalter als Therapieversager gewertet werden. In diesem Fall kam es zu einem ungünstigen Zusammenspiel von mehreren negativen Prognosefaktoren, die ein gutes Outcome im Voraus bereits sehr unwahrscheinlich machten. Diese Faktoren waren nicht durch den behandelten Arzt zu beeinflussen, negieren jedoch nicht die Wirksamkeit der gewählten Behandlungsmethode bei jüngeren Patienten und lassen dadurch keine Rückschlüsse auf etwaige Behandlungsfehler zu. Eine Reduktion des Körpergewichts seitens des Patienten hätte eventuell eine geringe Verbesserung der Prognose ermöglicht.

Morbus Perthes tritt ca. fünfmal häufiger bei Jungen als bei Mädchen auf (46,49,65,98,123-125). Dennoch wird in der Literatur häufig der Verlauf der Erkrankung beim weiblichen Geschlecht als schwerer und die Prognose als deutlich schlechter eingeschätzt (49). Demzufolge ist das weibliche Geschlecht als prognostischer Faktor für ein schlechteres Outcome zu werten. Catterall (1971) führte das auf die gehäufte Einstufung in höhere Catterall-Stadien als Folge einer schwerwiegenderen Ausprägung der Krankheit zurück (49). Schulitz und Dustmann (1998) begründeten es damit, dass bei Mädchen eine geringere Skelettretardierung und somit ein verkürztes Remodelierungspotential vorliegen würde (5).

Es zeigte sich in unserer Studie kein wesentlicher geschlechterspezifischer Unterschied bezogen auf das Erkrankungsalter.

Nur bei genauerer Betrachtung der Verteilung auf die Herring-Klassifikation konnte verglichen mit den männlichen Patienten, eine Häufung des Schweregrad C nach Herring im weiblichen Patientenkollektiv gezeigt werden (55% weibliche versus 42% männliche Patienten).

Die Endergebnisse nach Stulberg bei den Mädchen unseres Patientenguts zeigten eine dreimal höhere Wahrscheinlichkeit für sie, schlechte Endergebnisse zu erzielen als für die Jungen.

In der Publikation von Wiig et al. (2008) konnten keine Korrelation zwischen dem Geschlecht und dem Endergebnis aufgezeigt werden (83). Auch die 2012 publizierte Metanalyse von Nhu-An et al. (2012) brachte nach Eliminierung aller Risikofaktoren keinen Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Patienten hervor (104).

Problematisch in unserer Studie, wie auch schon in vielen anderen Studien, ist der geringe prozentuale Anteil des weiblichen Geschlechts am Gesamtpatientengut. Die sehr geringe Fallzahl von n=11 schmälert die Aussagekraft unserer Studie enorm. Ob das weibliche Geschlecht wirklich einen prognostischen Einfluss auf das Endergebnis hat, kann anhand unserer Datenanalyse nicht sicher gezeigt werden und bedarf einer größeren Fallzahl.

Unser Patientenkollektiv lässt sich gleichmäßig auf drei Altersgruppen aufteilen.

Fast alle der Patienten unter 6 Jahren (96%) konnten sphärische oder asphärische Kongruenz zum Ausheilungszeitpunkt erreichen. Das vorliegende Ergebnis entspricht folglich den Angaben der aktuellen Literatur, dass jüngere Patienten eine bessere Chance auf ein gutes Outcome als ältere haben (48,49,76,83,103,149).

Die Altersgrenze von sechs Jahren beschrieben auch Jani und Dick (1980) Rosenfeld et al. (2007) und Canavese und Dimeglio (2008) in ihren Publikationen als prognostisch günstig (150-152).

Jedoch zeigten die Arbeitsgruppen um Fabry (2003) und Snyder (1975) dass nicht alle jungen Patienten gute Ergebnisse erzielen (153,154). Das Alter sollte immer in Verbindung mit anderen prognostisch wichtigen Faktoren gesehen werden (153,154). Ihre Studie ergab, dass nur 45% aller Patienten unter fünf Jahren ein gutes Outcome zeigten und das Endergebnis stark mit dem Ausgangsbefund, also dem Catterall-Stadium, korreliert. Auch in unserem Patientenkollektiv zeigte ein Patient mit fünf Jahren, einem Catterall-Stadium IV und einer Herring-Klasse C zum Zeitpunkt der Ausheilung inkongruente Verhältnisse.

Kein Patient der Altersgruppe 1, mit einem Catterall-Stadium IV und einem Herring-Schweregrad C konnte anatomische Kongruenz zum Ausheilungszeitpunkt vorweisen. Somit konnten auch wir die Erkenntnis von Fabry und Snyder teilen und schlussfolgern daraus, dass ein geringeres Alter bei Erstdiagnose den Krankheitsverlauf positiv beeinflussen kann, jedoch nicht gänzlich vor einem schlechten Endergebnis und inkongruenten Hüftgelenksverhältnissen schützt. Das Alter als Prognosefaktor sollte immer im Zusammenhang mit weiteren Faktoren gesehen werden.

Herring et al. zeigten 2004 in ihrer prospektiven Studie, dass die Kombination aus Alter bei Erstdiagnose und dem Schweregrad der Herring-Klassifikation das Outcome stark beeinflussen (76). Diese zwei Einflussfaktoren sollen bei der individuellen Entscheidung zur richtigen Therapiewahl helfen (76).

Die Altersgrenze, ab wann ein negativer, prognostischer Einfluss des Alters zu erwarten ist, ist in der Literatur unterschiedlich angegeben (30,76,155). Laut Grzegorzewski et al. (2007) ist ein Alter von über neun Jahren ein schlechtes prognostisches Zeichen (155). Grasemann (1996) sieht hingegen ein Alter von acht Jahren bereits als ungünstig und empfiehlt ab diesem Alter eine operative Therapie (30). Auch Herring et al. (2004) zeigten in ihrer

prospektiven Studie, dass Patienten, die jünger als acht Jahre alt sind, bessere Chancen hatten, gute Endergebnisse zu erzielen. Bei Patienten, die älter als acht Jahre waren, war das Ausmaß der Nekrose entscheidend für die Therapiewahl und im weiteren Krankheitsverlauf auf das Endergebnis (76). Laut Herring haben 8-jährige Patienten mit einem Herring-Stadium C unabhängig von der Therapiewahl schlechtere Endergebnisse als Patienten mit einem Herring-Stadium B (76). Im Stadium Herring B klassifizierte Patienten, die älter als acht Jahre waren, profitierten von einer operativen Therapie und konnten im Vergleich zu konservativ behandelten Patienten bessere Endergebnisse vorweisen (76). 33% aller Patienten unserer Studie, die älter als acht Jahre waren, erreichten ein schlechtes Endergebnis.

Jedoch muss ein hohes Alter nicht zwingend ein schlechtes Outcome bedeuten. Bei optimaler Therapie, frühzeitigem Erkennen eines Therapieversagens und schnellstmöglicher Therapieanpassung konnten mehr als die Hälfte der Patienten, die älter als acht Jahre waren (67%), zum Zeitpunkt der Ausheilung kongruente Gelenkverhältnisse vorweisen. Dies spricht für einen eher benignen Krankheitscharakter und zeigt, dass für eine Prognoseabschätzung das isolierte Betrachten eines einzelnen Risikofaktors nicht ausreichend ist und möglicherweise zu falschen Schlussfolgerungen führen kann.

Durch die Aufteilung des Gesamtkollektivs auf drei unterschiedliche Gruppen und der damit verkleinerten Fallzahl ist auch hier eine Aussage nur bedingt möglich.

In der Studie von Wiig et al. (2008) war das Alter bei Diagnosestellung der zweitwichtigste Prognosefaktor (83).

Wir sahen auch in unserem Patientenkollektiv ein hohes Alter zu Beginn der Erkrankung als einen wichtigen Indikator für ein schlechtes Outcome und konnten eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Alter bei Erstvorstellung und den Kongruenzverhältnissen bei Ausheilung feststellen ($p=0,042$). Mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von $\rho = 0,226$ konnten wir das Alter bei Diagnosestellung als drittwichtigsten Prognosefaktor werten. Im Verbund mit weiteren Prognosefaktoren kann das Alter seine prognostische Aussagekraft stärken.

In der Originalarbeit von Catterall von 1971 zeigte sich eine Aufteilung von 63,9% in den Stadien I und II und 36,1% in den Stadien III und IV (49). Unsere statistische Datenanalyse bezüglich der Catterall-Klassifikation verhielt sich dazu gegensätzlich. Von unserem Patientengut mussten beinahe doppelt so viele Patienten hohen Stadien nach Catterall zugeteilt werden. Begründet werden könnte dies damit, dass Patienten mit Catterall-Stadium I und II vermehrt bei niedergelassenen Ärzten vorstellig werden. Sobald Patienten hohe Stadien im Röntgenbild aufweisen, werden diese eher in eine spezialisierte Klinik für kindliche Hüftgelenkserkrankungen überwiesen.

Wiig et al. (2008) beschrieben in ihrer prospektiven Studie von 2008 mit einem Gesamtkollektiv von 368 Patienten das Ausmaß der Nekrose von mehr als 50% als wichtigen Faktor. Er vereinfachte die Catterall-Klassifikation von vier auf zwei Gruppen. Mit einer Odds Ratio von 7,76 konnte er das Nekroseausmaß >50%, gefolgt von dem Alter bei Diagnosestellung und der Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring, als stärksten Parameter mit der größten Aussagekraft detektieren (83).

Die vereinfachte 2-Klassen Einteilung nach Catterall ist auch in anderen Publikationen üblich (83,156). Canavese et al. wiesen in ihrer Publikation von 2008 darauf hin, dass Patienten unter sechs Jahren mit Stadium III eine bessere Prognose als Patienten mit Stadium IV nach Catterall haben (152). Demnach kann es einen entscheidenden Unterschied zwischen einzelnen Catterall-Stadien im Hinblick auf die Prognose geben, die durch eine Vereinfachung der Einteilung und einen gleichzeitigen Informationsverlust nicht zu eruieren gewesen wären. Dies scheint vor allem das Stadium III und IV zu betreffen.

Jedoch wird in mehreren Publikationen die inter-, als auch intraobservative Reliabilität der Catterall-Klassifikation kritisiert. Wiig et al. konnten jedoch 2002 in einer eigens durchgeführten Studie zeigen, dass bei der vereinfachten Catterall-Klassifikation mit zwei anstatt vier Gruppen eine höhere Reliabilität vorhanden ist (156). Die Reliabilität stieg mit der Erfahrung des Untersuchers an (156). Auch andere Autoren sehen eine starke Abhängigkeit der Reliabilität von der Erfahrung des Untersuchers und weisen auf eine große Schwankungsbreite hin (56-58,157,158). Wiig et al. schlussfolgern daraus, dass bei weniger erfahrenen Untersuchern die 2-Gruppen-Klassifikation nach Catterall ausreichend Aussagekraft besitzt und demnach im klinischen Alltag einen hohen Stellenwert hat (83,156). Mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von $\rho = 0,493$ und $p < 0,001$ definieren wir die Catterall-Klassifikation als zweitwichtigsten Prognosefaktor unserer Studie.

Die Endergebnisse zeigen einen deutlich signifikanten Zusammenhang zwischen der Klassifikation von Catterall und der Stulberg-Einteilung mit $p < 0,001$. Je größer das Nekroseareal bei Erstdiagnose, desto höhere Stulberg-Stadien wurden bei Ausheilung erreicht und desto höher das Risiko mit inkongruenten Gelenkverhältnissen auszuheilen. In mehreren Studien wurde die Ausdehnung der Nekrose ebenfalls als prognostisch wichtiger Faktor postuliert (76,83,159-161).

Unsere Endresultate lassen sich erwartungsgemäß dahingehend interpretieren, dass niedrige Catterall-Stadien tendenziell bessere Endergebnisse liefern und höhere Catterall-Stadien eher zu einem schlechteren Outcome führen. Das zeigen auch Publikationen der Arbeitskreise um Herring, Wiig und Terjesen (76).

In der Originalarbeit von Herring et al. aus dem Jahr 1992 wurden von 93 Patienten 8,6% in Gruppe A eingestuft, 47,3% in Gruppe B und 44,1% in Gruppe C (55). Vergleicht man diese

Angaben mit unseren Ergebnissen, zeigt sich bei unserem Patientengut eine ähnliche Aufteilung. Mehr als Dreiviertel des untersuchten Münchner Patientenguts wurde mit einem Grad B oder C nach Herring klassifiziert. Überraschende 23% aller Patienten konnten dem Schweregrad A zugeteilt werden, verglichen mit der Originalstudie ungefähr dreimal so viele. Die Anwendung der Herring-Klassifikation kann sich bei Krankheitsbeginn, ähnlich wie bei der Catterall-Einteilung, als problematisch gestalten, da im weiteren Verlauf der Kollaps der lateralen Epiphyse fortschreitet und eine Anpassung der Herring-Klassifikation im Krankheitsverlauf notwendig sein kann (106). Die Arbeitsgruppe von Kamegaya et al. (162) kritisiert an der Laterall Pillar-Klassifikation, dass erst im Fragmentationsstadium eine endgültige Einstufung möglich ist und dies bezüglich der Therapieentscheidung für manche Patienten zu spät ist (162).

Lappin et al. (2002) mussten in ihrer Studie den Schweregrad nach Herring bei 92 von 275 Hüften im Krankheitsverlauf eine Stufe nach oben korrigieren. Sie stellten die Hypothese auf, dass erst nach sieben Monaten nach Erkrankungsbeginn das vollständige Ausmaß des Epiphysenbefalls erreicht ist und kein weiterer Einbruch zu erwarten sei (106).

Diese Problematik trat aufgrund der retrospektiven Datenerhebung in unserer Studie nicht auf.

Der prognostische Wert der Herring-Klassifikation wurde schon in vielen Studien erforscht. Im Laufe der Jahre hat sie zunehmend an Bedeutung gewonnen und wird in einigen Studien als Klassifikation mit der höchsten Reliabilität beschrieben (57,158).

Die Mehrzahl der Studien kommt zu dem Erkenntnis, dass eine hohe Einstufung in hohe Herring-Klassen zum Beginn der Erkrankung oft mit einem schlechten Endergebnis korreliert (83,151,152,155). Wiig et al. (2008) beschreiben die Herring-Klassifikation nach der Nekroseausdehnung und dem Alter bei Erstdiagnose als drittstärksten prognosebestimmenden Faktor (83). Rosenfeld et al. (2007) fanden heraus, dass die Kombination aus Schweregrad C nach Herring und hohem Alter bei Diagnosestellung den größten negativen, prognostischen Wert zeigte (151).

Unsere erhobenen Daten unterstützen diese Auffassung. Demzufolge konnte auch hier ein hoher Schweregrad nach Herring als negativer, prognostischer Wegweiser identifiziert werden. Die Patienten unseres Patientenkollektivs mit einer lateral kollabierten Säule der Epiphyse von mehr als 50% haben das schlechteste Outcome zum Therapieende gezeigt. Somit gilt für diese Patienten das höchste Risiko, bereits im jungen Erwachsenenalter an einer sekundären Hüftgelenksarthrose zu erkranken.

Aufgrund des Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Stulberg-Klassifikation und der Herring-Klassifikation mit $p=0,516$ und $p<0,001$ konnte die Lateral-Pillar-Klassifikation als stärkster prognostischer Faktor definiert werden.

Die laterale Subluxation ist definiert als eine Vergrößerung des Abstandes zwischen dem Hüftkopf und dem Pfannenboden (118). In unserer Studie wurde das Vorhandensein einer Subluxation anhand des Überdachungsindex und des Epiphysen-Extrusions-Index überprüft. Auch der Migrationsindex nach Reimers wurde bei all unseren Röntgenbildern erfasst, um eine eventuelle Subluxationsstellung der Hüfte zu diagnostizieren.

Durch eine Subluxation wirken die sonst gemäßigt verteilten Kräfte unterschiedlich stark auf den Hüftkopf ein und es kommt zu einer unphysiologischen Druckverteilung. Demnach kann je nach Dauer der falsch einwirkenden Belastung eine Deformierung des Hüftkopfes begünstigt werden. Tritt eine Subluxation schon im frühen Erkrankungsstadium auf, ist die Wahrscheinlichkeit eines anatomischen Wiederaufbaus des betroffenen Hüftkopfes geringer (99,155,163,164). Somit ist es wichtig, bei Dezentrierung der Hüfte schnellstmöglich eine Wiederherstellung des Containments zu erwirken (43). Der Containment Verlust kann nur durch regelmäßig eingehaltene Kontrolltermine und häufige Reevaluierung des Krankheitsbefundes frühzeitig erkannt werden.

Einen Zusammenhang zwischen einer Subluxationsstellung und einem ungünstigen Krankheitsverlauf konnte auch in den Veröffentlichungen von Dickens und Menelaus et al. und Schmitz et al. gezeigt werden (5,99,164). Die Arbeitsgruppe um Gigante et al. (2002) publizierte einen Wert >4mm als prognostisch negatives Zeichen in ihrer Publikation (105). Die Studie von Grzegorzewski et al. (2006) weist auf eine Korrelation zwischen einem pathologischen Epiphysen-Extrusions-Quotienten und einem schlechten Outcome hin (155). Auch Moghadam et al. (2013) weisen auf die Möglichkeit hin, dass eine Subluxationsstellung vor einer operativen Therapie das Outcome beeinflusse, ohne die Messmethode der Subluxation genauer benannt zu haben (163).

Hier stellt sich die Frage, inwiefern Daten verschiedener Studien vorbehaltlos geeignet sind, um Ergebnisse vergleichen zu können, wenn das Vorhandensein einer Subluxation durch unterschiedliche morphologische Berechnungen definiert wurde. Eine einheitliche Messmethode würde die Vergleichbarkeit verbessern. Eine vollständige Nennung der angewandten Messvariante ist für eine retrospektive Interpretation der Ergebnisse unabdingbar.

In unserer Studie konnte eine Signifikanz zwischen dem Epiphysen-Extrusions-Quotienten ($p=0,009$) und dem unüberdachten Anteil der Epiphyse ($p=0,003$) gezeigt werden. Je älter der Patient bei Diagnosestellung war, desto pathologischer der Epiphysen-Extrusions-Quotient und desto größer das Ausmaß der unüberdachten Epiphyse bei Ausheilung. Demnach kann hier auf die Tatsache hingewiesen werden, dass bei Vorhandensein des Risikofaktors Subluxation ein schlechtes Outcome wahrscheinlich wird.

Die Messung der Subluxation mittels Migrationsindex schätzen wir in unserer Studie als nicht besonders aussagekräftig ein. Verglichen mit den vorherigen Messmethoden waren nach der Definition nach Reimers (5) nur zwei Hüften als subluxiert zu werten.

Auch Edsberg et al. (1979) konnten, wenn, dann nur eine sehr geringe Korrelation zwischen dem Grad der Subluxation und der Sphärizität des Femurkopfes feststellen (165).

Zusammenfassend können wir uns der Meinung der vorher angeführten Autoren anschließen und eine Subluxation bei Erstdiagnose als prognostisch negativen Einflussfaktor auf das Outcome einer Perthes-Erkrankung werten (99,105,155,163,164). Durch signifikante Korrelation einzelner Subluxationsmessmethoden mit schlechten Endresultaten sehen wir einen Zusammenhang als bewiesen.

Limitierende Faktoren der vorliegenden Studie sind vor allem die zum Teil sehr geringen Fallzahlen.

Weitere Einschränkungen zeigte der retrospektive Studiencharakter. Die lückenhafte Dokumentation, zum Beispiel des Bewegungsausmaßes, als auch der oftmals nicht vollständige radiologische Verlauf schmälerten zusätzlich das Patientenkollektiv. Hier müsste erneut eine Studie mit prospektivem Studiendesign durchgeführt werden, um alle prognostisch relevanten Daten vollständig erheben zu können und somit die Fallzahlen möglichst groß zu halten.

Es konnten statistisch Risikofaktoren ermittelt werden, jedoch musste aufgrund der zu geringen Fallzahlen auf eine multivariante Analyse der prognostischen Faktoren verzichtet werden. Es konnten nur anhand der Korrelationskoeffiziente nach Spearman eine Wertung der einzelnen Faktoren vorgenommen werden.

Rückblickend kann in unserer Studie gesagt werden, dass alle Patienten mit einem schlechten Outcome bei Diagnosestellung dem Herring C Stadium zugeordnet wurden, entweder in das Catterall Stadium III oder IV eingestuft wurden und dass beinahe alle Patienten älter als sieben Jahre alt waren. Für eine verlässliche Prognosevorhersage müssen immer mehrere Parameter im Zusammenhang berücksichtigt werden.

Eine gegenseitige Beeinflussung beim Vorliegen mehrerer Risikofaktoren kann abschließend nicht endgültig ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

Die Notwendigkeit einen Morbus Perthes rechtzeitig zu erkennen und frühzeitig die individuell richtig abgestimmte Therapie einzuleiten, liegt dem Verlangen zu Grunde, Jugendlichen bzw. Erwachsenen spätere Schmerzen und möglicherweise sogar Invalidität zu ersparen.

Endgültige Aussagen über Erfolg oder Misserfolg einer Therapie können erst Jahrzehnte nach der Perthes-Erkrankung getätigt werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, retrospektiv gesammelte Daten der am Klinikum Großhadern behandelten Patienten mit Morbus Perthes zu analysieren, das Behandlungskonzept zu überprüfen und mittels Prognosefaktoren das Endergebnis vorauszusagen. Im Vordergrund stand die Datenerhebung der klinischen und radiologischen Befunde des gesamten Krankheitsverlaufs.

Es konnten 59 Hüften von 51 Patienten in unsere Studie aufgenommen werden. Zur Beurteilung des Krankheitsverlaufs und der Endergebnisse wurden klinische und radiologische Befunde bei Erstvorstellung und bei Therapieende ausgewertet. Die radiologische Beurteilung des Outcomes nahmen wir anhand der Stulberg-Klassifikation vor, bei der zwischen sphärischer und asphärischer Kongruenz und zwischen Kongruenz und Inkongruenz der Gelenkpartner unterschieden wird.

Erfreulicherweise wiesen 88,9% des untersuchten Patientenkollektivs zum Zeitpunkt der Ausheilung sphärisch oder asphärisch kongruente Hüftverhältnisse auf.

Das Behandlungskonzept in der vorliegenden Studie beinhaltet, basierend auf der allgemeinen Lehrmeinung, ein individuell auf das einzelne Kind abgestimmtes Therapiekonzept. Bei benignen Verläufen der Erkrankung ist die Wahl der konservativen Therapie zu bevorzugen. Diese beinhaltet regelmäßige, physiotherapeutische Behandlung sowie das Vermeiden von Stop-and-Go-Sportarten und unnötigen Gehstrecken.

Beim Vorliegen oder plötzlichen Erkennen prognostisch ungünstiger Faktoren ist oftmals eine operative Therapie indiziert. Hier kommen eine Beckenosteotomie nach Salter und/oder intertrochantäre Umstellungsosteotomien in Frage. Bei regelmäßigen Kontrollterminen wird die aktuelle Krankheitssituation jedes Patienten erneut evaluiert.

Ziel unserer Studie war es festzustellen, welche Prognosefaktoren den größten Einfluss auf das Endergebnis zeigen. Der Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Stulberg-Klassifikation und der Herring-Klassifikation war in unserer Studie der stärkste prognostische Faktor. Dicht gefolgt mit einem Korrelationskoeffizienten zwischen der Stulberg- und der Catterall-Klassifikation von $p=0,493$ und $p<0,001$ sehen wir die Catterall Klassifikation und deren Einstufung in hohe Stadien als zweitwichtigsten Prognosefaktor. Als dritten Einflussfaktor bestimmten wir das Alter bei Erstdiagnose.

Zusammenfassend konnte eine Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit denen der aktuellen Literatur gezeigt werden.

Jedoch stellten wir grundsätzlich fest, dass eine eindeutige Prognosevorhersage anhand einzelner Risikofaktoren nicht möglich ist. Eine endgültige Risikobeurteilung im Hinblick auf eine Arthroseentwicklung konnte nur anhand von Langzeitergebnissen und größeren Fallzahlen vorgenommen werden und benötigt eventuell ein prospektives Studiendesign.

Literaturverzeichnis

1. Maydl K. Coxa vara und Arthritis deformans coxae. Wiener klinische Rundschau 1897; 11:153.
2. Legg, Arthur T. "An obscure affection of the hip-joint." *The Boston Medical and Surgical Journal* 162.7 (1910): 202-204.
3. Calvé, J. "Sure une forme particuliere greffée sur des deformations caractéristiques de l'extremité superieure du femur." *Rev Chir* 42 (1910): 54-84.
4. Perthes, G. "Ueber Arthritis deformans juvenilis, Deutsche Ztschr. f." *Chir* 107 (1910): 111-159.
5. Schulitz, Klaus-Peter, and Hans-Otto Dustmann. *Morbus Perthes: Ätiopathogenese, Differentialdiagnose, Therapie und Prognose*. Springer-Verlag, 2013.
6. Waldenström, Henning. "The Definite Form of the Coxa Plana." *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)* vol. 57,7 (2016): e79-94. doi:10.1177/0284185116642923.
7. Ibrahim, Talal, and David G Little. "The Pathogenesis and Treatment of Legg-Calvé-Perthes Disease." *JBJS reviews* vol. 4,7 (2016): 01874474-201607000-00003. doi:10.2106/JBJS.RVW.15.00063.
8. Waldenström, H. "Der obere tuberkulose collumherd." *Z Orthop Chir* 24 (1909): 487-512.
9. Chaudhry, Sonia et al. "Legg-Calvé-Perthes disease: an overview with recent literature." *Bulletin of the Hospital for Joint Disease (2013)* vol. 72,1 (2014): 18-27.
10. Perry, Daniel C et al. "Racial and geographic factors in the incidence of Legg-Calvé-Perthes' disease: a systematic review." *American journal of epidemiology* vol. 175,3 (2012): 159-66. doi:10.1093/aje/kwr293.
11. Loder, Randall T, and Elaine N Skopelja. "The epidemiology and demographics of legg-calvé-perthes' disease." *ISRN orthopedics* vol. 2011 504393. 5 Sep. 2011, doi:10.5402/2011/504393.
12. Guille, J T et al. "Legg-Calvé-Perthes disease in girls. A comparison of the results with those seen in boys." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 80,9 (1998): 1256-63. doi:10.2106/00004623-199809000-00002.
13. Niethard, Fritz U. *Kinderorthopädie*. Georg Thieme Verlag, 2010.
14. Guille, James T et al. "Bilateral Legg-Calvé-Perthes disease: presentation and outcome." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 22,4 (2002): 458-63.
15. Atsumi, T et al. "The blood supply of the lateral epiphyseal arteries in Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 82,3 (2000): 392-8. doi:10.1302/0301-620x.82b3.10193
16. Bassett, G S et al. "Measurement of femoral head microcirculation by laser Doppler flowmetry." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 11,3 (1991): 307-13.
17. de Camargo, F P et al. "Angiography in Perthes' disease." *Clinical orthopaedics and*

- related research* ,191 (1984): 216-20.
18. Ferguson, A B Jr. "Segmental vascular changes in the femoral head in children and adults." *Clinical orthopaedics and related research* ,200 (1985): 291-8.
 19. Vegter, J, and C C Lubsen. "Fractional necrosis of the femoral head epiphysis after transient increase in joint pressure. An experimental study in juvenile rabbits." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 69,4 (1987): 530-5. doi:10.1302/0301-620X.69B4.3611153.
 20. Barta, O et al. "Experimentelle Erzeugung einer aseptischen Hüftkopfnekrose an Kaninchen durch Steigerung des intraartikulären Druckes" [Experimental aseptic femur head necrosis in the rabbit due to intra-articular pressure increase]. *Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie* vol. 25,4 (1978): 181-7.
 21. Liu, S L, and T C Ho. "The role of venous hypertension in the pathogenesis of Legg-Perthes disease. A clinical and experimental study." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 73,2 (1991): 194-200.
 22. Green, N E, and P P Griffin. "Intra-osseous venous pressure in Legg-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 64,5 (1982): 666-71.
 23. Wingstrand, H. "Significance of synovitis in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 8,3 (1999): 156-60. doi:10.1097/01202412-199907000-00002.
 24. Vosmaer, A et al. "Coagulation abnormalities in Legg-Calvé-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 92,1 (2010): 121-8. doi:10.2106/JBJS.I.00157.
 25. Sirvent, N et al. "Absence of congenital prethrombotic disorders in children with Legg-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 9,1 (2000): 24-7. doi:10.1097/01202412-200001000-00005.
 26. Hresko, M Timothy et al. "Prospective reevaluation of the association between thrombotic diathesis and legg-perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 84,9 (2002): 1613-8. doi:10.2106/00004623-200209000-00014.
 27. López-Franco, Mariano et al. "Legg-perthes disease and heritable thrombophilia." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 25,4 (2005): 456-9. doi:10.1097/01.bpo.0000158781.29979.cf.
 28. Bohr, H. H. "Skeletal maturation in Legg-Calve-Perthes' disease." *International Orthopaedics* 2.4 (1978): 277-281.
 29. Kristmundsdottir, F et al. "Delayed skeletal maturation in Perthes' disease." *Acta orthopaedica Scandinavica* vol. 58,3 (1987): 277-9. doi:10.3109/17453678709146484.
 30. Grasemann H, Nicolai RD, Hauffa BP, Reinhardt W, Nicolai H, Hövel M. Ischemic necrosis of cartilage in spontaneous and experimental lesions of osteochondrosis. *Journal of Orthopaedic Research*. Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company; 1996 May 1;9(3):317–29.
 31. Nava Zarco, Nancy Alicia et al. "Retraso en la madurez esquelética en pacientes

- mexicanos con Legg-Calvé-Perthes" [Delay in skeletal maturity in Mexican patients with Legg-Calvé-Perthes]. *Acta ortopedica mexicana* vol. 22,3 (2008): 157-61.
32. Hailer, Yasmin D et al. "Legg-Calvé-Perthes disease and the risk of injuries requiring hospitalization: a register study involving 2579 patients." *Acta orthopaedica* vol. 83,6 (2012): 572-6. doi:10.3109/17453674.2012.736167.
 33. Hailer, Yasmin D, and Olle Nilsson. "Legg-Calvé-Perthes disease and the risk of ADHD, depression, and mortality." *Acta orthopaedica* vol. 85,5 (2014): 501-5. doi:10.3109/17453674.2014.939015.
 34. Miyamoto, Yoshinari et al. "A recurrent mutation in type II collagen gene causes Legg-Calvé-Perthes disease in a Japanese family." *Human genetics* vol. 121,5 (2007): 625-9. doi:10.1007/s00439-007-0354-y.
 35. Livesey, J P et al. "Perthes disease affecting three female first-degree relatives." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 7,3 (1998): 230-1. doi:10.1097/01202412-199807000-00010.
 36. Neidel, J et al. "Low plasma levels of insulin-like growth factor I in Perthes' disease. A controlled study of 59 consecutive children." *Acta orthopaedica Scandinavica* vol. 63,4 (1992): 393-8. doi:10.3109/17453679209154752.
 37. Neidel, J et al. "No physiologic age-related increase of circulating somatomedin-C during early stage of Perthes' disease: a longitudinal study in 21 boys." *Archives of orthopaedic and trauma surgery* vol. 111,3 (1992): 171-3. doi:10.1007/BF00388093.
 38. Perry, Daniel C et al. "Perthes' disease of the hip: socioeconomic inequalities and the urban environment." *Archives of disease in childhood* vol. 97,12 (2012): 1053-7. doi:10.1136/archdischild-2012-302143.
 39. Wynne-Davies, R. "Some etiologic factors in Perthes' disease." *Clinical orthopaedics and related research* ,150 (1980): 12-5.
 40. Daniel, Anjali Benjamin et al. "Environmental tobacco and wood smoke increase the risk of Legg-Calvé-Perthes disease." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 470,9 (2012): 2369-75. doi:10.1007/s11999-011-2180-8.
 41. Gordon, J Eric et al. "Smoking and socio-economic status in the etiology and severity of Legg-Calvé-Perthes' disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 13,6 (2004): 367-70. doi:10.1097/01202412-200411000-00003.
 42. Kim, Harry K W. "Pathophysiology and new strategies for the treatment of Legg-Calvé-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 94,7 (2012): 659-69. doi:10.2106/JBJS.J.01834.
 43. Westhoff, B et al. "Aktuelle Behandlungsstrategie des Morbus Perthes" [Current treatment strategies in Legg-Calvé-Perthes disease]. *Der Orthopade* vol. 42,12 (2013): 1008-17. doi:10.1007/s00132-012-2048-y.
 44. Kim, H K et al. "Histopathologic changes in growth-plate cartilage following ischemic necrosis of the capital femoral epiphysis. An experimental investigation in immature pigs." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 83,5 (2001): 688-97. doi:10.2106/00004623-200105000-00007.
 45. Salter, R B, and G H Thompson. "Legg-Calvé-Perthes disease. The prognostic significance of the subchondral fracture and a two-group classification of the femoral

- head involvement." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 66,4 (1984): 479-89.
46. Krauspe, R, and P Raab. "Morbus Perthes" [Perthes disease]. *Der Orthopade* vol. 26,3 (1997): 289-302.
 47. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (BVO). Leitlinie. 2010 Oct 16;;1–7.
 48. Stulberg, S D et al. "The natural history of Legg-Calvé-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 63,7 (1981): 1095-108.
 49. Catterall, A. "The natural history of Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 53,1 (1971): 37-53.
 50. Catterall, A. "Natural history, classification, and x-ray signs in Legg-Calvé-Perthes' disease." *Acta orthopaedica Belgica* vol. 46,4 (1980): 346-51.
 51. Catterall, A et al. "A review of the morphology of Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 64,3 (1982): 269-75. doi:10.1302/0301-620X.64B3.6807991.
 52. Hefti, Fritz. *Kinderorthopädie in der Praxis*. Springer-Verlag, 2006.
 53. Catterall, A et al. "Perthes' disease: is the epiphysial infarction complete?." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 64,3 (1982): 276-81. doi:10.1302/0301-620X.64B3.7096391.
 54. Green, N E et al. "Epiphyseal extrusion as a prognostic index in Legg-Calvé-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 63,6 (1981): 900-5.
 55. Herring, J A et al. "The lateral pillar classification of Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 12,2 (1992): 143-50. doi:10.1097/01241398-199203000-00001.
 56. Agus, Haluk et al. "Intraobserver and interobserver reliability of Catterall, Herring, Salter-Thompson and Stulberg classification systems in Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 13,3 (2004): 166-9. doi:10.1097/00009957-200405000-00005.
 57. Nathan Sambandam, Senthil et al. "Reliability of radiological classifications used in Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 15,4 (2006): 267-70. doi:10.1097/01202412-200607000-00006.
 58. de, Billy Benoit et al. "Interobserver reliability in the interpretation of radiologic signs in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 11,1 (2002): 10-4.
 59. O'Garra, J A. "The radiographic changes in Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 41-B (1959): 465-76. doi:10.1302/0301-620X.41B3.465
 60. Manig, M. "M. Perthes. Diagnostische und therapeutische Prinzipien" [Legg-Calvé-Perthes disease (LCPD). Principles of diagnosis and treatment]. *Der Orthopade* vol. 42,10 (2013): 891-902; quiz 903-4. doi:10.1007/s00132-013-2177-y.

61. Masoud, M., T. Pietruska, and M. Dienst. "Klinische Untersuchung des Hüftgelenks." *Dtsch Z Sportmed* 66.02 (2015): 50-55.
62. Benz-Bohm, Gabriele, ed. *Kinderradiologie*. Georg Thieme Verlag, 2005.
63. Zilkens, Christoph et al. "Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage in the long-term follow-up after Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 30,2 (2010): 147-53. doi:10.1097/BPO.0b013e3181cf13e6.
64. Milani, Carlo, and Eiffel Tsuyoshi Dobashi. "Arthrogram in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S156-62. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b441.
65. Nelitz, Manfred et al. "Perthes disease: current principles of diagnosis and treatment." *Deutsches Arzteblatt international* vol. 106,31-32 (2009): 517-23. doi:10.3238/arztebl.2009.0517.
66. Konermann, W, and G Gruber. "Hüftgelenkerkrankungen im Kindes- und Jugendalter--sonographische Differentialdiagnosen" [Diseases of the hip joint in childhood and adolescence--ultrasonic differential diagnoses]. *Der Orthopade* vol. 31,3 (2002): 288-92. doi:10.1007/s00132-001-0255-z.
67. Oczipka, F. "Differenzialdiagnose des kindlichen Hüftschmerzes." *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 8.03 (2013): 227-246.
68. Van Rijn, Rick R., and Johan G. Blickman. *Differenzialdiagnosen in der pädiatrischen Radiologie*. Georg Thieme Verlag, 2012.
69. Konermann, W, and M de Pellegrin. "Die Differentialdiagnose des kindlichen Hüftschmerzes im Sonogramm. Coxitis fugax, Morbus Legg-Calvé-Perthes, Epiphyseolysis capitis femoris" [The differential diagnosis of juvenile hip pain in the ultrasonographic picture. Transient coxitis. Legg-Calvé-Perthes disease, epiphysiolysis of the femur head]. *Der Orthopade* vol. 22,5 (1993): 280-7.
70. Link, B et al. "Mukopolysaccharidosen" [Mucopolysaccharidoses]. *Der Orthopade* vol. 37,1 (2008): 24-30. doi:10.1007/s00132-007-1178-0.
71. Adolf S, Manig M, Meurer A: Status quo of the therapy of M. Perthes. OUP 2014; 1: 010–016, DOI 10.3238/oup.2014.0010–0016.
72. Little, David G, and Harry K W Kim. "Potential for bisphosphonate treatment in Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S182-8. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b541.
73. Agarwala, Sanjay, and Satyajit B Shah. "Ten-year follow-up of avascular necrosis of femoral head treated with alendronate for 3 years." *The Journal of arthroplasty* vol. 26,7 (2011): 1128-34. doi:10.1016/j.arth.2010.11.010.
74. Lai, Kuo-An et al. "The use of alendronate to prevent early collapse of the femoral head in patients with nontraumatic osteonecrosis. A randomized clinical study." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 87,10 (2005): 2155-9. doi:10.2106/JBJS.D.02959.
75. Brech, Guilherme Carlos, and Roberto Guarnieiro. "Evaluation of physiotherapy in the treatment of Legg-Calvé-Perthes disease." *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* vol. 61,6 (2006): 521-8. doi:10.1590/s1807-59322006000600006.

76. Herring, John A et al. "Legg-Calve-Perthes disease. Part I: Classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classifications." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 86,10 (2004): 2103-20.
77. Hardesty, Christina K et al. "The role of bracing in Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S178-81. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b5b1.
78. Meehan, P L et al. "The Scottish Rite abduction orthosis for the treatment of Legg-Perthes disease. A radiographic analysis." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 74,1 (1992): 2-12.
79. W Wild, A et al. "Die nichtoperative Therapie des Morbus Perthes" [Nonoperative treatment in Legg-Calvé-Perthes disease]. *Der Orthopade* vol. 32,2 (2003): 139-45. doi:10.1007/s00132-002-0429-3.
80. Kohn, D et al. "The function of the Thomas splint. An experimental study." *Archives of orthopaedic and trauma surgery* vol. 111,1 (1991): 26-8. doi:10.1007/BF00390188.
81. Wenger, Dennis R, and Nirav K Pandya. "Advanced containment methods for the treatment of Perthes disease: Salter plus varus osteotomy and triple pelvic osteotomy." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S198-205. doi:10.1097/BPO.0b013e31822602b0.
82. Pfeil, Joachim. *Hüftchirurgie*. Springer-Verlag, 2008.
83. Wiig, O et al. "Prognostic factors and outcome of treatment in Perthes' disease: a prospective study of 368 patients with five-year follow-up." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 90,10 (2008): 1364-71. doi:10.1302/0301-620X.90B10.20649.
84. Chiarapattanakom, Pariyut et al. "The remodeling of the neck-shaft angle after proximal femoral varus osteotomy for the treatment of Legg-Calve-Perthes syndrome." *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet thangphaet* vol. 95 Suppl 10 (2012): S135-41.
85. Renner, L et al. "Komplikationen nach Beckenosteotomien" [Complications after hip osteotomy]. *Der Orthopade* vol. 43,1 (2014): 16-23. doi:10.1007/s00132-013-2120-2.
86. Kim, Hui Taek et al. "Does valgus femoral osteotomy improve femoral head roundness in severe Legg-Calvé-Perthes disease?." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 471,3 (2013): 1021-7. doi:10.1007/s11999-012-2606-y.
87. Farsetti, Pasquale et al. "Valgus extension femoral osteotomy to treat "hinge abduction" in Perthes' disease." *Journal of children's orthopaedics* vol. 6,6 (2012): 463-9. doi:10.1007/s11832-012-0453-8.
88. de Gheldere, Antoine, and Deborah M Eastwood. "Valgus osteotomy for hinge abduction." *The Orthopedic clinics of North America* vol. 42,3 (2011): 349-54, vi-vii. doi:10.1016/j.ocl.2011.04.005.
89. Bankes, M J et al. "Valgus extension osteotomy for 'hinge abduction' in Perthes' disease. Results at maturity and factors influencing the radiological outcome." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 82,4 (2000): 548-54. doi:10.1302/0301-620x.82b4.10339.

90. Myers, Graham J C et al. "Valgus osteotomy: a solution for late presentation of hinge abduction in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 28,2 (2008): 169-72. doi:10.1097/BPO.0b013e3181653b13.
91. Bowen, J Richard et al. "Labral support shelf arthroplasty for containment in early stages of Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S206-11. doi:10.1097/BPO.0b013e31822910ba.
92. Kadhim, Muayad et al. "The role of shelf acetabuloplasty in early and late stages of Perthes disease: a meta-analysis of observational studies." *Journal of children's orthopaedics* vol. 6,5 (2012): 379-90. doi:10.1007/s11832-012-0436-9.
93. Wiberg, G. "Shelf operation in congenital dysplasia of the acetabulum and in subluxation and dislocation of the hip." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 35-A,1 (1953): 65-80..
94. Westhoff, B et al. "Morbus Perthes" [Perthes disease]. *Zeitschrift fur Orthopadie und Unfallchirurgie* vol. 152,6 (2014): 617-33; quiz 634-5. doi:10.1055/s-0034-1382865.
95. Shah, Hitesh et al. "Effect of prophylactic trochanteric epiphyseodesis in older children with Perthes' disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 29,8 (2009): 889-95. doi:10.1097/BPO.0b013e3181c1e943.
96. Westhoff, B et al. "Morbus Perthes – Neuigkeiten in der Diagnostik und Behandlung" [Perthes disease-news in diagnostics and treatment]. *Der Orthopade* vol. 48,6 (2019): 515-522. doi:10.1007/s00132-019-03737-2.
97. Cheng, Jack Chun-yiu et al. "Prognosis and prognostic factors of Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S147-51. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b470.
98. Herring, John Anthony. "Legg-Calvé-Perthes disease at 100: a review of evidence-based treatment." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S137-40. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b52d.
99. Dickens, D R, and M B Menelaus. "The assessment of prognosis in Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 60-B,2 (1978): 189-94. doi:10.1302/0301-620X.60B2.659461.
100. Mukherjee, A, and G Fabry. "Evaluation of the prognostic indices in Legg-Calvé-Perthes disease: statistical analysis of 116 hips." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 10,2 (1990): 153-8.
101. Georgiadis, Andrew G et al. "The presentation of Legg-Calvé-Perthes disease in females." *Journal of children's orthopaedics* vol. 9,4 (2015): 243-7. doi:10.1007/s11832-015-0671-y.
102. Yang J, Yü ZT, Zhang JL, Dai SJ, Song M, Wang W. [Prognostic factors and outcomes of Legg-Calvé-Perthes disease]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2013 Jun 4;93(21):1640-3. Chinese. PMID: 24125673.
103. McAndrew, M P, and S L Weinstein. "A long-term follow-up of Legg-Calvé-Perthes disease." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 66,6 (1984): 860-9. doi:10.2106/00004623-198466060-00006.
104. Nguyen, Nhu-An T et al. "Operative versus nonoperative treatments for Legg-Calvé-Perthes disease: a meta-analysis." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 32,7 (2012):

697-705. doi:10.1097/BPO.0b013e318269c55d.

105. Gigante, Cosimo et al. "Prognostic value of Catterall and Herring classification in Legg-Calvé-Perthes disease: follow-up to skeletal maturity of 32 patients." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 22,3 (2002): 345-9.
106. Lappin, Kieran et al. "Herring classification: how useful is the initial radiograph?." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 22,4 (2002): 479-82.
107. Farsetti, P et al. "The Herring lateral pillar classification for prognosis in Perthes disease. Late results in 49 patients treated conservatively." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 77,5 (1995): 739-42.
108. Froberg, Lonnie et al. "Long-term follow-up of a patient cohort with Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 20,5 (2011): 273-7. doi:10.1097/BPB.0b013e3283474268.
109. Cooperman, D R, and S D Stulberg. "Ambulatory containment treatment in Perthes' disease." *Clinical orthopaedics and related research* ,203 (1986): 289-300.
110. Pschyrembel, Willibald. *Klinisches wörterbuch*. de Gruyter, 1959..
111. Von Sjövall, Helge. "Zur Frage Der Behandlung Der Coxa Plana: Mit besonderer Berücksichtigung der Primärerfolge bei konsequenter Ruhigstellung." *Acta Orthopaedica Scandinavica* 13.4 (1942): 324-353.
112. Eyre Brook AL. Osteochondritis deformans coxæ juvenilis or Perthes's disease: The results of treatment by traction in recumbency. *British Journal of Surgery*. John Wiley & Sons, Ltd; 1936 Jul 1;24(93):166–82.
113. Heyman, C H, and C H Herndon. "Legg-Perthes disease; a method for the measurement of the roentgenographic result." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 32 A,4 (1950): 767-78.
114. Waldt, Simone, Matthias Eiber, and Klaus Wörtler. *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. Georg Thieme Verlag, 2011.
115. Ullmann, K. "Zur Frage der röntgenologischen Beurteilung des knöchernen Pfannendaches mit weiteren Ergebnissen der Röntgenstammbaumforschung. Verh Dtsch Orthop Ges, 33. Kongr 1938." *Z Orthop* 69 (1939): 268-271.
116. Sharp IK. Acetabular dysplasia. *Bone Joint J. Bone and Joint Journal*; 1961;43(2):268–72.
117. Edgren, W. "Coxa plana. A clinical and radiological investigation with particular reference to the importance of the metaphyseal changes for the final shape of the proximal part of the femur." *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum* (1965): Suppl 84:1-129.
118. Catterall, A. "Legg-Calvé-Perthes syndrome." *Clinical orthopaedics and related research* ,158 (1981): 41-52.
119. Wiberg G. Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint : with special reference to the complication of osteoarthritis. *Acta Chir Scand. Acta Chir Scand*; 1939;83(58):53–68.
120. Stulberg, S. D. "Acetabular dysplasia and development of osteoarthritis of the hip."

The Hip: Proceedings of the Second Open Scientific Meeting of the Hip Society, 1974. CV Mosby, 1974.

121. Tönnis, Dietrich. "Allgemeine Röntgendiagnostik des Hüftgelenks." *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter.* Springer, Berlin, Heidelberg, 1984. 104-147.
122. Oestreich, Alan E. "Radiologische Skizzen und Tabellen: Peripheres Skelett [Radiologic diagrams and tables: peripheral skeleton]." *Radiology* 193.3 (1994): 828-828.
123. Wiig, O et al. "The epidemiology and aetiology of Perthes' disease in Norway. A nationwide study of 425 patients." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 88,9 (2006): 1217-23. doi:10.1302/0301-620X.88B9.17400.
124. Mazlouni, Seyed Mahdi et al. "Evolution in diagnosis and treatment of Legg-Calve-Perthes disease." *The archives of bone and joint surgery* vol. 2,2 (2014): 86-92.
125. Strobl, Walter Michael. "Diagnostics and treatment of Legg-Calve-Perthes disease." *Monatsschrift Kinderheilkunde* 168.4 (2020): 363-373.
126. Thompson, George H et al. "Legg-Calvé-Perthes disease: current concepts." *Instructional course lectures* vol. 51 (2002): 367-84.
127. Larson, A Noelle et al. "A prospective multicenter study of Legg-Calvé-Perthes disease: functional and radiographic outcomes of nonoperative treatment at a mean follow-up of twenty years." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 94,7 (2012): 584-92.
128. Rich, Margaret M, and Perry L Schoenecker. "Management of Legg-Calvé-Perthes disease using an A-frame orthosis and hip range of motion: a 25-year experience." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 33,2 (2013): 112-9. doi:10.1097/BPO.0b013e318281ab44.
129. Westhoff, Bettina et al. "Correlation of functional outcome and X-ray findings after Perthes disease." *International orthopaedics* vol. 35,12 (2011): 1833-7. doi:10.1007/s00264-011-1254-2.
130. Price, C T et al. "Behavioral sequelae of bracing versus surgery for Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 8,3 (1988): 285-7. doi:10.1097/01241398-198805000-00006.
131. Kallio, P, and S Ryöppy. "Hyperpressure in juvenile hip disease." *Acta orthopaedica Scandinavica* vol. 56,3 (1985): 211-4. doi:10.3109/17453678508992996.
132. Landin, L A et al. "Transient synovitis of the hip. Its incidence, epidemiology and relation to Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 69,2 (1987): 238-42. doi:10.1302/0301-620X.69B2.3818754.
133. Savvidis, E, and F Löer. "Ein Behandlungsprinzip mit fragwürdiger Wirksamkeit bei Morbus Perthes" [A treatment principle with questionable effectiveness in Perthes disease]. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* vol. 130,2 (1992): 120-4. doi:10.1055/s-2008-1040124.
134. Joseph, Benjamin et al. "Optimal timing for containment surgery for Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 23,5 (2003): 601-6. doi:10.1097/00004694-200309000-00006.

135. Soeur, R, and C De Racker. "L'aspect anatomopathologique de l'ostéochondrite et les théories pathogéniques qui s'y rapportent" [The anatomopathologic aspect of osteochondritis and the pathogenic theories which are relevant. I]. *Acta orthopaedica Belgica* vol. 18,2 (1952): 57-102.
136. Lim, Kyung Sup, and Jong Sup Shim. "Outcomes of Combined Shelf Acetabuloplasty with Femoral Varus Osteotomy in Severe Legg-Calve-Perthes (LCP) Disease: Advanced Containment Method for Severe LCP Disease." *Clinics in orthopedic surgery* vol. 7,4 (2015): 497-504. doi:10.4055/cios.2015.7.4.497.
137. Jasiewicz, Barbara et al. "Salter osteotomy in Perthes' disease. Late radiological results." *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* vol. 6,6 (2004): 733-9..
138. Saran, Neil et al. "Do femoral or salter innominate osteotomies improve femoral head sphericity in Legg-Calvé-Perthes disease? A meta-analysis." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 470,9 (2012): 2383-93. doi:10.1007/s11999-012-2326-3.
139. Thompson, George H. "Salter osteotomy in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 31,2 Suppl (2011): S192-7. doi:10.1097/BPO.0b013e318223b59d.
140. Raney, Ellen M et al. "The role of proximal femoral valgus osteotomy in Legg-Calvé-Perthes disease." *Orthopedics* vol. 25,5 (2002): 513-7.
141. Ippolito, E et al. "Long-term prognosis of Legg-Calvé-Perthes disease developing during adolescence." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 5,6 (1985): 652-6. doi:10.1097/01241398-198511000-00004.
142. Beer, Yiftah et al. "Long-term results of proximal femoral osteotomy in Legg-Calvé-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics* vol. 28,8 (2008): 819-24. doi:10.1097/BPO.0b013e31818e122b.
143. Arkader, Alexandre et al. "Conservative versus surgical treatment of late-onset Legg-Calve-Perthes disease: a radiographic comparison at skeletal maturity." *Journal of children's orthopaedics* vol. 3,1 (2009): 21-5. doi:10.1007/s11832-008-0151-8
144. Joseph, B et al. "Perthes' disease in the adolescent." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 83,5 (2001): 715-20. doi:10.1302/0301-620x.83b5.10663.
145. Schittich, I., W. Plötz, and E. Hipp. "Die Kernspintomographie zur Therapieentscheidung und Prognose bei M. Perthes. Orthop." *Praxis* 6 (1993): 395-398.
146. Roy, Dennis R. "Arthroscopic findings of the hip in new onset hip pain in adolescents with previous Legg-Calve-Perthes disease." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 14,3 (2005): 151-5. doi:10.1097/01202412-200505000-00002.
147. Shohat, Noam et al. "The Long-Term Outcome After Varus Derotational Osteotomy for Legg-Calvé-Perthes Disease: A Mean Follow-up of 42 Years." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 98,15 (2016): 1277-85. doi:10.2106/JBJS.15.01349.
148. Froberg, Lonnie et al. "The need for total hip arthroplasty in Perthes disease: a long-term study." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 469,4 (2011): 1134-40. doi:10.1007/s11999-010-1566-3

149. Ismail, A M, and M F Macnicol. "Prognosis in Perthes' disease: a comparison of radiological predictors." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 80,2 (1998): 310-4. doi:10.1302/0301-620x.80b2.8054
150. Jani, L F, and W Dick. "Results of three different therapeutic groups in Perthes' disease." *Clinical orthopaedics and related research* ,150 (1980): 88-94.
151. Rosenfeld, Scott B et al. "Legg-calve-perthes disease: a review of cases with onset before six years of age." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 89,12 (2007): 2712-22. doi:10.2106/JBJS.G.00191
152. Canavese, F, and A Dimeglio. "Perthes' disease: prognosis in children under six years of age." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 90,7 (2008): 940-5. doi:10.1302/0301-620X.90B7.20691
153. Fabry, Kristof et al. "Legg-Calvé-Perthes disease in patients under 5 years of age does not always result in a good outcome. Personal experience and meta-analysis of the literature." *Journal of pediatric orthopedics. Part B* vol. 12,3 (2003): 222-7. doi:10.1097/01.bpb.0000049583.53117.f7.
154. Snyder, C R. "Legg-Perthes disease in the young hip--does it necessarily do well?." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 57,6 (1975): 751-9.
155. Grzegorzewski, Andrzej et al. "Czynniki prognostyczne w chorobie Perthesa" [The prognostic factors in perthes disease]. *Chirurgia narzadow ruchu i ortopedia polska* vol. 71,3 (2006): 177-82.
156. Wiig, Ola et al. "Inter-observer reliability of radiographic classifications and measurements in the assessment of Perthes' disease." *Acta orthopaedica Scandinavica* vol. 73,5 (2002): 523-30. doi:10.1080/000164702321022794.
157. Liggieri, André Cicone et al. "Intra and interobserver concordance between the different classifications used in Legg-Calvé-Perthes disease." *Revista brasileira de ortopedia* vol. 50,6 680-5. 23 Oct. 2015, doi:10.1016/j.rboe.2015.09.010.
158. Park, Moon Seok et al. "Reliability and stability of three common classifications for Legg-Calvé-Perthes disease." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 470,9 (2012): 2376-82. doi:10.1007/s11999-012-2314-7.
159. Ippolito, E et al. "The long-term prognosis of unilateral Perthes' disease." *The Journal of bone and joint surgery. British volume* vol. 69,2 (1987): 243-50. doi:10.1302/0301-620X.69B2.3818755.
160. Wiig, O et al. "The outcome and prognostic factors in children with bilateral Perthes' disease: a prospective study of 40 children with follow-up over five years." *The bone & joint journal* vol. 98-B,4 (2016): 569-75. doi:10.1302/0301-620X.98B4.36045.
161. Terjesen, Terje et al. "The natural history of Perthes' disease." *Acta orthopaedica* vol. 81,6 (2010): 708-14. doi:10.3109/17453674.2010.533935.
162. Kamegaya, M et al. "A proposed prognostic formula for Perthes' disease." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 440 (2005): 205-8. doi:10.1097/01.blo.0000180601.23357.d9.
163. Moghadam, Mohammad Hallaj et al. "Clinical outcome of femoral osteotomy in patients with legg-calve ´perthes disease." *The archives of bone and joint surgery* vol. 1,2 (2013): 90-3.

164. Schmitz, B. "Die Lateralisation des Hüftkopfes--ihre Bedeutung für die Pathogenese, Diagnose, Therapie und Verlauf der Perthes'schen Erkrankung" [Lateralization of the femur head--its significance for the pathogenesis, diagnosis, therapy and course of Perthes' disease]. *Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete* vol. 123,2 (1985): 156-62. doi:10.1055/s-2008-104512.
165. Edsberg, B et al. "Containment of the femoral head in Legg-Calvé-Perthes' disease and its prognostic significance." *Acta orthopaedica Scandinavica* vol. 50,2 (1979): 191-5. doi:10.3109/17453677908989756.

Abbilungsverzeichnis

Abbildung 1	Initialstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	5
Abbildung 2	Kondensationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	6
Abbildung 3	Fragmentationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	7
Abbildung 4	Reparationsstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	8
Abbildung 5	Endstadium nach Waldenström (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	9
Abbildung 6	Stadieneinteilung nach Waldenström (13)	10
Abbildung 7	Klassifikation nach Catterall: I nur anterolateraler Anteil betroffen, II vorderes Drittel oder $\frac{1}{2}$ des Femurkopfes involviert, III bis zu $\frac{3}{4}$ des Femurkopfes betroffen, nur dorsalster Teil intakt, IV ganzer Femurkopf betroffen (52)	11
Abbildung 8	Head-at-risk-Zeichen nach Catterall (1981) aus (5).....	11
Abbildung 9	Lateral-Pillar-Klassifikation nach Herring: A: Lateraler Pfeiler nicht betroffen, B: bis zu 50% der Höhe des lateralen Pfeilers erhalten, C: weniger als 50% der Höhe des lateralen Pfeilers erhalten (52)	12
Abbildung 10	Klassifikation nach Salter und Thompson (1984) aus (52)	13
Abbildung 11	Röntgenbilder der 5 Stulberg Stadien (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München	14
Abbildung 12	Vierer-Zeichen aus (13) im Seitenvergleich positives „Vierer-Zeichen“ des linken Hüftgelenks	15
Abbildung 13	Meyer-Dysplasie Krankheitsverlauf über 6 Jahre, beidseitiger Befall, unregelmäßig geformte Epiphyse, kein Kollaps, mehrere Ossifikationszentren, keine Beteiligung der Metaphyse (68)	17
Abbildung 14	Beckenosteotomie nach Salter und Varisationsderotationsosteotomie (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	21
Abbildung 15	Intertrochantäre Valgisationsosteotomie (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	22
Abbildung 16	Trochanterapophyseodese aus (96).....	23
Abbildung 17	Epiphysenindex: A=Epiphysenhöhe, B=Epiphysenbreite (5)	27
Abbildung 18	Kopf-Hals-Index: A=Länge des Schenkelhalses, B=Breite des Schenkelhalses (5).....	28
Abbildung 19	Pfannenindex: A=Pfannentiefe, B=Pfannenbreite (5).....	28
Abbildung 20	Pfannen-Kopf-Index: A=Überdachter Kopfanteil, B=Ganze Epiphysenbreite (5)..	29
Abbildung 21	Epiphysen-Extrusions-Index (5)	30

Abbildung 22	Migrationsindex: A=unüberdachte Epiphysenstrecke, B=ganze Epiphysenlänge (5)	31
Abbildung 23	CE-Winkel nach Wiberg (5).....	32
Abbildung 24	Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp (114).....	32
Abbildung 25	Darstellung der artikulo-trochantäre Distanz als Maß für die Schenkelhalsverkürzung (122)	33
Abbildung 26	Altersverteilung unseres Patientenkollektivs auf 3 Altersgruppen	36
Abbildung 27	Prozentuale Aufteilung der Catterall-Stadien.....	38
Abbildung 28	Prozentuale Aufteilung der Herring-Stadien	38
Abbildung 29	Darstellung der CCD-Winkelmessung des Patientenguts bei Erstdiagnose und Ausheilung41	
Abbildung 30	Prozentuale Gegenüberstellung der CE-Winkelmessungen bei Erstdiagnose und zum Zeitpunkt der Ausheilung	42
Abbildung 31	Prozentuale Gegenüberstellung der Gradeinteilung des Pfannenneigungswinkel bei Erstdiagnose und zum Zeitpunkt der Ausheilung	43
Abbildung 32	Schematische Darstellung der Therapieoptionen	44
Abbildung 33	Prozentuale Aufteilung der Stulberg-Stadien	46
Abbildung 34	Geschlechterspezifische Gegenüberstellung der Endergebnisse anhand der Stulberg-Stadien.....	47
Abbildung 35	Prozentuale Aufteilung der geschlechterspezifischen Gelenkkongruenz bei Ausheilung	48
Abbildung 36	Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 1.....	49
Abbildung 37	Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 2.....	49
Abbildung 38	Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der Altersgruppe 3.....	50
Abbildung 39	Verteilung des Patientenkollektiv auf die Stulberg Stadien	51
Abbildung 40	Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der unterschiedlichen Catterall-Stadien.....	52
Abbildung 41	Prozentuale Darstellung der Gelenkkongruenz der unterschiedlichen Herring-Stadien	53
Abbildung 42	Darstellung der Endergebnisse nach Stulberg abhängig von der Therapieart.	54
Abbildung 43	radiologische Beispiele der inkongruent ausgeheilten Hüftgelenke (Kinderorthopädische Klinik und Poliklinik des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München).....	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1	Herring-Klassifikation nach Herring et al. (55).....	12
Tabelle 1-2	Stulberg-Klassifikation	14
Tabelle 3-1	Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp sowie Stulberg u. Harris (121)	32
Tabelle 4-1	Lokalisation der Muskelinsuffizienz.....	37

Tabelle 4-2	Waldenström-Klassifikation	37
Tabelle 4-3	Radiologische Morphometrie der erhobenen Indices bei Erstdiagnose und Ausheilung	39
Tabelle 4-4	Übersicht aller Quotienten bei Erstdiagnose	39
Tabelle 4-5	Übersicht aller Quotienten bei Ausheilung	39
Tabelle 4-6	tabellarische Darstellung der subluxierten/luxierten Hüftgelenke	40
Tabelle 4-7	Endergebnisse des Patientenkollektiv.....	46
Tabelle 4-8	Zusammenfassung der klinischen und radiologischen Risikofaktoren der in Stulberg IV und V ausgeheilten Patienten	56
Tabelle 4-9	Wertigkeit der Risikofaktoren anhand des Spearman Korrelationskoeffizienten ...	58

Anhang

Erhebungsbogen:

Geschlecht: männlich
weiblich

Größe: _____cm

Gewicht: _____kg

Welches Bein ist betroffen?

rechts
links
beidseitig

Welche Beschwerden wurden als Erstes bemerkt? _____

Wann wurde die Diagnose gestellt? Bitte möglichst genaue Angabe! _____

Erstvorstellung in Grosshadern? _____

Kamen zu den zuerst genannten Beschwerden/Symptomen noch andere hinzu?

Schmerzen
Hinken
Einschränkungen in der Bewegung
Muskelschwäche

Bewegungsausmaß vor Therapie Hüftgelenk

	erkrankt	gesund
FLEX/EXT	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)
AR/IR	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)
ABD/ADD	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)

Schmerzanamnese vor der Behandlung:

Bestehen Schmerzen im operierten Bein?

Ja	<input type="checkbox"/>
nein	<input type="checkbox"/>

Wann treten die Schmerzen auf?

in Ruhe	<input type="checkbox"/>
bei Belastung	<input type="checkbox"/>
als Anlaufschmerz	<input type="checkbox"/>
nur bei bestimmten Bewegungen	<input type="checkbox"/>

Wo ist der Schmerz lokalisiert?

im Hüftgelenk	<input type="checkbox"/>
im Oberschenkel	<input type="checkbox"/>
im Kniegelenk	<input type="checkbox"/>

Röntgen Beurteilung:

Vor der Therapie

CCD Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

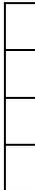
CE: Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

Pfannenneigungswinkel Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

Waldenström Einteilung:

- Initialstadium
 - Kondensationsstadium
 - Fragmentstadium
 - Reparationsstadium
 - Endstadium
- 

CATTERALL Stadium

- Gruppe I
 - Gruppe II
 - Gruppe III
 - Gruppe IV
- 

Herring Klassifikation

- Stadium A
 - Stadium B
 - Stadium C
- 

Heyman-Herndon-Quotienten

Epiphysenindex EQ : (Epiphysenhöhe/ Epiphysenbreite x 100)

EQ erkrankte Seite: _____

EQ gesunde Seite _____

Quotient: _____

Kopfhalsquotient KHQ: (Länge Schenkelhals/ Schenkelbreite x 100)

KHQ erkrankte Seite: _____

KHQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Pfannenquotient PQ: (Pfannentiefe / Pfannenbreite x 100)

PQ erkrankte Seite: _____

PQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Pfannen-Kopf-Quotient PKQ: (Kopfanteil / Epiphysenbreite x 100)

PKQ erkrankte Seite: _____

PKQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Gesamtquotient: (EQ + KHQ + PQ + PKQ) / 4: _____

Head at risk sign:

Subluxation

Epiphysen-Extrusions-Index: _____

Migrationsindex nach Reimers

MI erkrankte Seite: _____

M glesunde Seite: _____

Röntgen Beurteilung:
Ausheilung (letzte Vorstellung)

Stulberg Klassifikation:

- Stulberg I
- Stulberg II
- Stulberg III
- Stulberg IV
- Stulberg V

CCD Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

CE: Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

Pfannenneigungswinkel Winkel erkrankt: _____
Winkel gesund: _____

Heyman-Herndon-Quotienten

Epiphysenindex EQ: (Epiphysenhöhe/ Epiphysenbreite x 100)

EQ erkrankte Seite: _____

EQ gesunde Seite _____

Quotient: _____

Kopfhalsquotient KHQ: (Länge Schenkelhals/ Schenkelbreite x 100)

KHQ erkrankte Seite: _____

KHQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Pfannenquotient PQ: (Pfannentiefe / Pfannenbreite x 100)

PQ erkrankte Seite: _____

PQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Pfannen-Kopf-Quotient PKQ: (Kopfanteil / Epiphysenbreite x 100)

PKQ erkrankte Seite: _____

PKQ gesunde Seite: _____

Quotient: _____

Gesamtquotient: (EQ + KHQ + PQ + PKQ) / 4: _____

Epiphysen-Extrusions-Index: _____

Migrationsindex nach Reimers

MI erkrankte Seite: _____

M glesunde Seite: _____

Konservative Therapie:

Krankengymnastik

Ja
nein

Wenn ja? Wie lange? _____

Unterarmgehstützen?

Ja
nein

Wie lange? _____

Rollstuhl?

Ja
nein

Wie lange? _____

Orthese?

Ja
nein

wenn ja, welche? _____

Wie lange dauerte die Orthesenversorgung an? _____

Bewegungsausmaß vor Therapieende

	erkrankt	gesund
FLEX/EX	(__ / __ / __)	(__ / __ / __)
AR/IR	(__ / __ / __)	(__ / __ / __)
ABD/ADD	(__ / __ / __)	(__ / __ / __)

Dauer bis zur Ausheilung: _____

Klinische Untersuchung postoperativ Untersuchungsbogen

Datum der Operation: _____

operierte Seite:

rechts

links

Alter zum Zeitpunkt der Operation: _____

Operation

intertrochantäre Varisationsosteotomie

Varisationsosteotomie + Beckenosteotomie

Alleinige Beckenosteotomie

Valgisationsosteotomie

ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Postoperative Komplikationen: _____

Wie ist das Kind vor der Operation behandelt worden?

Krankengymnastik

Orthese

Entlastung

Unterarmgehstützen

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Sonstiges: _____

Konstitution:

altersgemäße Entwicklung

adipöser Körperbau

dem Alter hinterher hängend

ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Beinlängendifferenz: _____ cm

Bewegungsausmaß postoperativ Hüftgelenk

	erkrankt	gesund
FLEX/EX		
(130/0/10)	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)

AR/IR		
(45/0/50)	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)
ABD/ADD		
(45/0/30)	(___ / ___ / ___)	(___ / ___ / ___)

Narbenverhältnisse: _____

Dauer bis zur Ausheilung: _____

Abkürzungsverzeichnis

A.	Ateria
ATD	Artikulo-Trochanter-Distanz
bds.	beidseits
BMI	Body-Mass-Index
a.p.	anterior-posterior
M.	Musculus
max.	Maximum
min.	Minimum
MI	Migrationsindex
mm	Milimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
Prä-OP	präoperativ
Post-OP	postoperativ
SD	Standardabweichung

Eidesstattliche Erklärung

Kerstin Lasshofer

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Morbus Perthes

Prognostische Faktoren und ihre Auswirkungen auf das klinische und radiologische Endergebnis

selbständig verfasst, mich auf außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 24.11.2024

Ort, Datum

Kerstin Lasshofer

Unterschrift Doktorandin

Danksagung

Mein herzlicher Dank für die Unterstützung bei der Erstellung meiner Dissertation gilt vor allem Frau Prof. Dr. med. Sandra Utzschneider. Mit ihrer klinischen Erfahrung und wissenschaftlichen Expertise auf dem Gebiet der Kinderorthopädie stand sie mir immer mit Rat und Tat zur Seite und gab die richtigen Impulse. Meinen aufrichtigen Dank für diese außergewöhnliche und vor allem geduldige Betreuung.

Vielen Dank auch Dr. med. Alexander Crispin für die mehrmalige, sehr ausführliche statistische Beratung und Ratschläge bei komplizierten statistischen Sachverhalten.

Danke auch an die Mitarbeiter der Kinderambulanz der Klinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation für die freundliche Hilfe bei organisatorischen Anliegen.

Des Weiteren gilt mein ganz besonderer Dank allen Patienten, die meine Arbeit überhaupt erst ermöglichten.

Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, Evelyn und Robert Lasshofer und meinem Partner Felix. Ich möchte mich für ihre Unterstützung, das entgegengebrachte Vertrauen und die Ermutigung, sowohl während meines Studiums als auch darüber hinaus, bedanken. Ohne ihren Rückhalt zu jeder Zeit wäre all dies nicht möglich gewesen. Meinen allerherzlichsten Dank.