

Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf

Klinik und Poliklinik für Orthopädie

Direktor:

Prof. Dr. med. W. Rüter

**Die Wertigkeit des sonografisch ermittelten
Extrusionshöftkopfwinkels in der
Containmentdiagnostik beim Morbus Perthes**

Dissertation

Zur Erlangung des Grades des Doktors der Medizin
der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg vorgelegt von

Martin Schulz
aus Pinneberg

Hamburg 2010

Angenommen von der medizinischen Fakultät am: 19.01.2011

Veröffentlicht mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss der/die Vorsitzende: Prof. Dr. W. Rüther

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: Prof. Dr. F. Riedel

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: Prof. Dr. N. Meenen

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Morbus Perthes	7
1.1.1 Historisches	7
1.1.2 Epidemiologie	8
1.1.3 Ätiologie	8
1.1.4 Klinik	9
1.1.5 Verlauf und Klassifikation	9
1.1.6 Therapie und Prognose	11
1.2 Containmentdiagnostik	14
1.2.1 Parameter zur Containmentbestimmung	15
1.2.1.1 Acetabulum-Kopf-Index (AKI)	15
1.2.1.2 Lateral-Cartilage-Distance (LCD)	15
1.2.1.3 Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index (kAKI)	15
1.3 Ziel der Studie	16
2 Material und Methoden	17
2.1 Datenerhebung	17
2.2 Untersuchungs- und Messverfahren	17
2.2.1 Sonografie	18
2.2.2 Magnetresonanztomografie (MRT)	18
2.3 Messparameter	19
2.3.1 Extrusionshüftkopfwinkel (EHW)	19
2.3.2 Lateral-Cartilage-Distance (LCD)	20
2.3.3 Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index (kAKI)	21

2.4	Datenblatt	22
2.5	Statistische Auswertung	23
3	Ergebnisse	24
3.1	Extrusionshüftkopfwinkel (EHW)	24
3.1.1	Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)	24
3.1.2	Interobservervalidität	25
3.1.3	EHW an Perthes Gelenken im Vergleich zur LCD und zum kAKI	25
3.1.4	Verteilung der kAKI und LCD Werte in den Subgruppen des EHW	26
4	Diskussion	29
4.1	Aussagekraft etablierter Containmentparameter beim M. Perthes	29
4.2	Aussagefähigkeit des EHW im Vergleich zur MRT	31
5	Schlussfolgerung	35
6	Zusammenfassung	36
7	Literaturverzeichnis	38
8	Danksagung	49
9	Lebenslauf	50
10	Eidesstattliche Erklärung	51

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AKI	Acetabulum-Kopf-Index
EHW	Extrusionshüftkopfwinkel
kAKI	Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index
LCD	Lateral-Cartilage-Distance
LCPD	Legg-Calvé-Perthes disease
M.	Morbus
MRT	Magnetresonanztomografie
MW	Mittelwert
n	Anzahl
p	Signifikanz
r	Pearson Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung (Standard Deviation)
Tab.	Tabelle
U1	Untersucher 1
U2	Untersucher 2
US	Ultraschall

1 Einleitung

Hüftgelenkserkrankungen im Kindesalter sind häufig. So hat die Hüftgelenkdysplasie im Säuglingsalter, der Morbus Perthes im Kindesalter und die Epiphysiolysis capitis femoris im Alter von über 9 bis 16 Jahren ihren Gipfel. Jedes dieser Krankheitsbilder kann zu ernsthaften und dauerhaften Schädigungen des betroffenen Hüftgelenkes führen, weswegen eine frühe und exakte Diagnose sowie eine frühzeitige adäquate Therapie von großer Bedeutung sind (*Stricker und Barone 2001*).

Das konventionelle Röntgen, die Arthrografie und schließlich die MRT haben sich im Laufe der Zeit als Standarduntersuchungen durchgesetzt und bewährt. Seit Aufkommen des Ultraschalls wird über die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Ultraschalls in der Diagnostik kindlicher Hüftgelenkserkrankungen als nicht invasives, nicht belastendes, breit verfügbares, jederzeit durchführbares und kostengünstiges Verfahren diskutiert (*Graf 1980*).

1.1 Morbus Perthes

Der M. Perthes zählt zu den aseptischen Knochennekrosen. Charakteristisch ist eine ischämische Nekrose der Hüftkopfeiphyse unterschiedlichen Ausmaßes (*Hefti 1998*). Der M. Perthes ist die bedeutendste Osteochondrose im Kindesalter und die zweithäufigste kindliche Hüftgelenkserkrankung (*Senst 2007*).

1.1.1 Historisches

Im deutschsprachigen Raum ist die Bezeichnung M. Perthes nach dem deutschen Chirurgen Georg C. Perthes (1869-1927), der 1910 eine Arbeit mit dem Titel „*Über Arthritis juvenilis deformans*“ veröffentlichte, gebräuchlich. Im angloamerikanischen Sprachgebrauch wird vorwiegend die Bezeichnung Legg-Calvé-Perthes disease (LCPD) verwendet. Diese Bezeichnung beinhaltet den ebenfalls zu den Erstbeschreibern zählenden Amerikaner Arthur T. Legg (1874-1939) und den Franzosen Jacques Calvé (1875-1954), die beide ebenfalls im Jahr 1910 Arbeiten zu diesem Krankheitsbild veröffentlichten. Der Schwede Henning Waldenström (1877-1972), der im Jahre 1909 eine erste Veröffentlichung bezüglich dieser Erkrankung herausbrachte, findet keine

Berücksichtigung in der Namensgebung. Im skandinavischen Sprachraum kommt die von Waldenström selbst favorisierte Bezeichnung *coxa plana* zur Anwendung (*Schulitz und Dustmann 1998*).

1.1.2 Epidemiologie

Der M. Perthes tritt meist zwischen dem 4. und 8. Lebensjahr auf (*Adam und Talwalkar 2007*). Die Häufigkeit beträgt 1:3000 bei Jungen und bei Mädchen 1:11000. Jungen und Mädchen erkranken somit in einem Verhältnis von circa 4:1. In ca. 5-18% der Fälle sind beide Hüftgelenke betroffen, das rechte und das linke Hüftgelenk erkranken etwa gleich häufig. Erkrankungen in einem Alter unterhalb des 2. und über dem 12. Lebensjahr sind selten (*Krauspe und Raab 1997*).

1.1.3 Ätiologie

Die Ätiologie des M. Perthes ist wie zu Zeiten der Erstbeschreibung weiterhin nicht geklärt (*Wada et al 2008*). Es werden jedoch mehrere Ursachen diskutiert. Besonders favorisiert wird die Theorie der Minusvariante der Gefäßversorgung als primär hypoplastische Gefäßanlage. Als weitere Ursache werden die Theorie der Skelettretardierung und die Theorie des Mikrotraumas diskutiert (*Niethard 1997*).

In mehreren Arbeiten wird darauf hingewiesen, dass bei Kindern mit M. Perthes gehäuft Veränderungen im Thrombolyse-System auftreten (*Wall 1999*). Ebenso lassen sich aber auch Arbeiten in der Literatur finden, die dies widerlegen (*Kealey et al 2000, Schmitz et al 2001*). Neuere Anhaltspunkte für eine gehäufte Störung im Thrombolyse-System konnten *Balasa et al* in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2004 finden. Sie beschreiben eine signifikant erhöhte Faktor-V-Leiden-Mutation wie auch einen signifikant erhöhten Anticardiolipin-Antikörper Spiegel bei Kindern, die an M. Perthes erkrankt sind (*Balasa et al 2004*).

Außerdem wird das Passivrauchen als Risikofaktor für den M. Perthes angesehen (*Mata et al 2000*). Zusätzlich erhöht das Rauchen der Mutter während der Schwangerschaft deutlich das Risiko für ein Kind, an M. Perthes zu erkranken (*Bahmanyar et al 2008*).

1.1.4 Klinik

Die klinische Symptomatik des Morbus Perthes ist uncharakteristisch. Häufig besteht ein Schonhinken, das vermehrt auch nach z. B. sportlicher Belastung auftritt. Sehr häufig werden die Schmerzen nicht in der Hüfte, sondern im Kniegelenk angegeben. Bei der körperlichen Untersuchung fallen insbesondere Bewegungseinschränkungen bei der Abduktion und der Innenrotation im betroffenen Hüftgelenk auf. In einem fortgeschrittenen Erkrankungsstadium lassen sich zudem Atrophien der Gesäß- wie auch der Oberschenkelmuskulatur feststellen und unter Umständen auch eine kontrakturbedingte Beinlängendifferenz (*Dutoit 2006*).

1.1.5 Verlauf und Klassifikation

Die Erkrankung nimmt einen charakteristischen Verlauf in der röntgenologischen Bildgebung, der sich in 5 Stadien unterteilen lässt. Am Beginn der Erkrankung steht das Initialstadium, das durch die Phase der Ischämie gekennzeichnet ist. Darauf schließen sich das Kondensations-, das Fragmentations- sowie das Reparationsstadium, in dem es zu einem Wiederaufbau des Gelenkkopfes (Remodeling) mit oder ohne bleibende Deformitäten kommt, an (*Waldenström 1938*). Am Ende der Erkrankung steht das definitive oder Endstadium, in dem keine morphologischen Epiphysenveränderungen mehr nachweisbar sind (*Tab. 1.1*). Die Kopfmorphologie wird jetzt nach *Stulberg* eingeteilt, um so eine Aussage zum Risiko der Früharthrose durch Hüftkopfdeformierungen und somit der langfristigen Prognose machen zu können (*Stulberg et al 1981*).

Tab. 1.1 Stadieneinteilung des *M. Perthes* anhand bildgebender Verfahren
(Tschauner 1997, Waldenström 1938, Wirth 2001)

I	Initialstadium:	
	Röntgen:	Gelenkspalterweiterung
	MRT:	Signalverminderung im Nekroseareal der Epiphyse
II	Kondensationsstadium:	
	Röntgen:	Schollige Verdichtung von Nekrosearealen, eventuell subchondrale Fraktur
	MRT:	Signalverminderung im Nekroseareal in der Epiphyse, ventral betont
	US:	Gelenkerguss
III	Fragmentationsstadium:	
	Röntgen:	Fleckige Entkalkifizierung, ggf. metaphysäre Beteiligung
	MRT:	Demarkation des Nekroseareales, ggf. metaphysäre Beteiligung
	US:	Gelenkerguss, Konturunterbrechungen in der Epiphyse ventral und lateral
IV	Reparationsstadium:	
	Röntgen, MRT:	Wiederaufbau der Epiphyse mit oder ohne Gelenkdeformitäten
	US:	Wiederaufbau des Hüftkopfes mit Darstellung der glatten Kontur der Epiphyse ventral und lateral
V	Definitives oder Endstadium	

Zur Beurteilung der Schwere der Erkrankung, des Ausmaßes der Hüftkopfnekrose und der Prognose wird am weitesten verbreitet neben anderen die Klassifikation nach *Catterall (Tab. 1.2)* verwandt (*Guarniero et al 2008*).

Tab 1.2 Schweregradeinteilung anhand radiologischer Kriterien (*Catterall 1971*)

I	Bis zu 25% der anterolateralen Epiphyse nekrotisch, meist zentral epiphysär gelegen, keine metaphysäre Reaktion, erhaltene Knochenkontur
II	Bis zu 50% der anterolateralen Epiphyse nekrotisch, später ist eine metaphysäre Beteiligung möglich
III	Mehr als 50% der anterolateralen Epiphyse nekrotisch, zentraler Sequester, metaphysäre Beteiligung ist häufig
IV	Die Nekrose betrifft die gesamte Epiphyse, Sequestration, ausgeprägte metaphysäre Beteiligung

1.1.6 Therapie und Prognose

Entscheidend und allgemein anerkannt für die Wahl der Therapieform, die Kontrolle des Therapieerfolges und zur prognostischen Beurteilung des Morbus Perthes ist die Zentrierung des Hüftkopfes im Acetabulum, bzw. die Überdachung des Hüftkopfes durch das Acetabulum, das sogenannte „Containment“ (*Roposch et al 2003, Wild et al 2003*).

Catterall beschrieb zur radiologischen Beurteilung des Containments die sogenannten „head-at-risk-signs“ (*Tab 1.3*). Es handelt sich hierbei um verschiedene röntgenologische Risikozeichen, mit denen eine Einschätzung des (drohenden) Containmentverlustes und der Prognose möglich ist (*Catterall 1971, Catterall 1981*).

Tab 1.3 Radiologische „head-at-risk-signs“ nach Catterall

Ausmaß des Nekroseareals epiphysär
Gage-Zeichen (kleines Knochendichte gemindert Areal am lateralen, proximalen Schenkelhals)
Kalzifikationen lateral der Epiphyse
Diffuse metaphysäre Reaktion
Laterale Subluxation
Horizontale Wachstumsfuge

Im Verlauf des M. Perthes kommt es wahrscheinlich durch Nekrose- und Reparationszonen im Hüftkopf nebeneinander zu einer Vergrößerung des Hüftkopfes, im ausgeprägten Fall auch zu einer Deformierung der Hüftkopfeiphyse. Das sonst kongruente, kugelgelenkartige Hüftgelenk wird durch die Hüftkopfverformung gegenüber dem Acetabulum inkongruent. Der konvexe Hüftkopf passt nicht mehr in den konkaven Gelenkpartner, dem Acetabulum. Hierdurch werden sowohl die Mechanik des Hüftgelenkes gestört als auch die notwendige Überdachung und Zentrierung des Hüftkopfes aufgehoben, was einem Verlust des Containments entspricht (*Rühmann et al 1997*). Diese Situation begünstigt eine weiter zunehmende Deformierung des Hüftkopfes mit steigendem Risiko für eine Defektheilung (*Kaniklides 1996*).

Die Therapie des M. Perthes ist uneinheitlich und viel diskutiert. Die Indikation der einzelnen Behandlungsformen ist eher von den Erfahrungen des Behandelnden abhängig als auf wissenschaftlichen Daten basierend (*Hefti und Clarke 2007*).

Bei erhaltenem Containment wird eine beobachtende oder konservative Therapie durchgeführt. Ziel der konservativen Therapie ist es, die Beweglichkeit des erkrankten Gelenkes weitgehend zu erhalten und eine Schmerzreduktion zu erzielen (*Moens und Fabry 2003*). Zusätzlich sollte eine Entlastung eingehalten werden. Ob Orthesen, Rollstuhlentlastung, Gehhilfen oder eine reine Sportkarenz verordnet werden, ist uneinheitlich und bei erhaltenem Containment individuell abzustimmen.

Bei Verlust oder drohendem Verlust des Containments besteht die Indikation zur operativen Intervention. Ziel einer operativen Behandlung ist die Wiederherstellung der Gelenkkongruenz, um Spätschäden durch Deformierungen vermeiden zu können. Besonders entscheidend für das Langzeitergebnis ist hierbei der richtige Zeitpunkt für einen operativen Eingriff, da die besten Resultate zu erzielen sind, wenn die Operation in die Phase der „*golden period of remodeling*“ fällt (*Dustmann 1996*).

Zur operativen Verbesserung des Containments kommen Femur- und Beckenosteotomien oder eine Kombination aus beiden als regelmäßig angewandte operative Verfahren in Betracht (*Thompson et al 2002*).

Der M. Perthes ist eine selbst ausheilende und primär positiv verlaufende Erkrankung (*Skaggs und Vernon 1996*). Sie heilt in einem Zeitraum von 2-4 Jahren aus (*Suda et al 2007*). In schwer verlaufenden Fällen kann es jedoch zu einer bleibenden Deformierung verschiedenen Ausmaßes des Hüftkopfes kommen, die als präarthrotische Veränderung gilt. Wie ausgeprägt später diese Veränderungen sein können, hängt von verschiedenen Faktoren ab.

So spielen das Alter bei Krankheitseintritt und das Ausmaß der Nekrose der Epiphyse eine entscheidende Rolle für die Prognose (*Ceroni und Kaelin 2006*). Jüngere Kinder haben insgesamt eine bessere Prognose (*Weinstein 2000*), wobei das Alter in der Altersgruppe bis sechs Jahren eine noch wichtigere Bedeutung für das Langzeitergebnis hat als die Therapieform (*Wiig et al 2008*). Kinder, die in einem Alter unter sechs Jahren erkranken, haben insgesamt eine gute Prognose (*Rosenfeld et al 2007*), wobei aber die Schwere der Erkrankung auch in dieser Altersgruppe eine Bedeutung besitzt. Erkrankte der *Catterall*-Gruppe III haben eine bessere Prognose als die der *Catterall*-Gruppe IV unabhängig von der Behandlungsform (*Canavese und Dimeglio 2008*).

Insgesamt und unabhängig vom Alter haben Kinder der *Catterall*-Gruppen I und II eine gute Prognose, Kinder der Gruppen III und IV eine schlechtere (*Orban und Adam 2007*). Kinder, die an beiden Hüftgelenken erkrankt sind, haben eine deutlich schlechtere Prognose (*van den Bogaert et al 1999*).

Es ist entscheidend, frühzeitig einen (drohenden) Verlust des Containments zu diagnostizieren, um schnellstmöglich eine adäquate Therapie zur Vermeidung einer Defektheilung einleiten zu können (*Gross et al 1999*).

1.2 Containmentdiagnostik

Bei der Diagnostik und den Verlaufskontrollen des M. Perthes kommen standardmäßig das Röntgen, die Sonografie und die MRT zum Einsatz. Initial werden am häufigsten konventionelle Röntgenbilder angefertigt, dann folgen zahlenmäßig die Sonografien der Hüften und anschließend die MRT (*Hoffmann 2004*).

Die MRT eignet sich sowohl zur Frühdiagnose, als auch zur Abschätzung der Prognose, zur Stellung von OP Indikationen und zu Verlaufskontrollen während der Behandlung des M. Perthes. Wegen der Darstellbarkeit der knorpeligen Strukturen in der MRT ist sie dem konventionellen Röntgen in der Containmentdiagnostik überlegen (*Egund und Wingstrand 1991, Hosokawa et al 1999, Jaramillo et al 1995, Schittich 2001*).

Die Hüftgelenkssonografie hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und sich in ihrer Qualität und Standardisierung weiter verbessert, so dass sich die Hüftgelenkssonografie inzwischen z.B. bei Säuglingen als Screeningverfahren der Hüftgelenkdysplasie etabliert hat (*Graf 2002*). Die Sonografie wird standardmäßig im Rahmen der Diagnostik und Verlaufsbeurteilung des M. Perthes eingesetzt. Vorwiegend wird die Sonografie zur Ergussdiagnostik eingesetzt. Die sonografische Containmentdiagnostik ist dem sehr erfahrenen Untersucher vorbehalten (*Kayser et al 2003*). Die Sonografie kann jedoch zu einer definitiven Diagnostik des M. Perthes, dann meist mittels MRT, veranlassen (*Eggl et al 1999*) und erlaubt eine Einteilung der erkrankten Kinder in die entsprechenden „Catterall-Gruppen“ (*Bira und Synder 1995*). *Futami et al* beschreiben signifikante Unterschiede in der Hüftgelenkssonografie zwischen der häufigsten kindlichen Hüfterkrankung der coxitis fugax und dem M. Perthes (*Futami et al 1991*). So lassen sich in der differentialdiagnostischen Abgrenzung zum M. Perthes durch die Hüftgelenkssonografie bis zu 60% an weiterführenden Röntgen- oder MRT-Untersuchungen einsparen (*Bosch et al 1998*).

Als wichtigster Parameter zur Bestimmung des Containmentverlustes gilt die Hüftkopflateralisation („head-at-risk-sign“) (*Catterall 1981, Yrönen 1992*). Die zur Beurteilung der Lateralisation notwendigen anatomischen Strukturen, insbesondere die knöchernen und knorpeligen lateralen Anteile des Hüftkopfes sowie die Gelenkpfanne einschließlich des Labrum acetabulare, sind in der Sonografie ebenso wie in der MRT darstellbar (*Konermann et al 2000, Tegnanter und Terjesen 1995*). *Lauen und Hofem* halten die Hüftgelenkssonografie aufgrund dessen zur Verlaufskontrolle des

Containments bis zur Ausheilung für geeignet, sie empfehlen aber die Verbindung der Sonografie mit gezielten zusätzlichen konventionellen Röntgenaufnahmen (*Lauen und Hofem 2006*).

Im Vergleich zwischen MRT und Sonografie bei der Containmentdiagnostik ermittelten *Stücker et al* eine gute bis sehr gute Übereinstimmung in beiden Bildgebungen (*Stücker et al 2005*).

1.2.1 Parameter zur Containmentbestimmung

1.2.1.1 Acetabulum-Kopf-Index (AKI)

Zur Bestimmung der Lateralisation des Hüftkopfes wird die Zentrierung bzw. die Überdachung des Hüftkopfes bestimmt. Als Messparameter dient dazu der Acetabulum-Kopf-Index (AKI in %) in der konventionellen Röntgenbeckenübersicht, der erstmals von *Heyman und Herndon* beschrieben wurde (*Heyman et Herndon 1950*).

Mehrere Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass ein Containmentverlust bei einem AKI von <81% vorliegt (*Bennett et al 2002, Kaniklides et al 1995, Moberg et al 2002*).

1.2.1.2 Lateral-Cartilage-Distance (LCD)

Terjesen wies die Möglichkeit der sonografischen Beurteilung der Protrusion der Epiphyse als reproduzierbares Verfahren zur Containmentbeurteilung in Korrelation zum konventionellen Röntgen nach. Dazu beschrieb *Terjesen* unter anderem die "Lateral-Cartilage-Distance" (LCD) (*Terjesen 1993*). Eine LCD <6,5 mm wurde beim M. Perthes als Grenzwert für ein erhaltenes Containment ermittelt (*Stücker et al 2005*).

1.2.1.3 Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index (kAKI)

In der MRT wird im Gegensatz zum konventionellen Röntgen wegen der Darstellbarkeit der knorpeligen Strukturen der „knorpelige Acetabulum-Kopf-Index“ (kAKI in %) gemessen. In der Literatur wird hier von einem Containmentverlust bei einem kAKI <75% (*Meiss 2001*) bzw. bei einem kAKI <73% (*Stücker et al 2005*) ausgegangen.

1.3 Ziel der Studie

Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, ob es möglich ist, anhand einer sonografischen Untersuchung - mit den Vorteilen der Sonografie gegenüber anderen Bildgebungen - das Containment im Rahmen einer M. Perthes Erkrankung verlässlich zu bestimmen. Dazu wurde untersucht, welche Wertigkeit und Aussagekraft der neu konzipierte Extrusionshüftkopfwinkel (EHW) für die Containmentdiagnostik besitzt.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

Es wurden bei 46 Kindern (36 Jungen und 10 Mädchen) mit einer M. Perthes Erkrankung der *Catterall*-Gruppen III und IV Hüftgelenkssonografien und MRTs des Beckens ausgewertet. Die Bilder befundeten zwei verschiedene Untersucher (U1 und U2). 28 Kinder waren der Gruppe III und 18 Kinder der Gruppe IV zuzurechnen. Die Kinder waren bei den verschiedenen Untersuchungen im Durchschnitt 6,5 Jahre alt. Das jüngste Kind war bei der ersten Untersuchung 2 Jahre und das älteste Kind 12 Jahre alt. Untersucht wurden bei Diagnosestellung und im Verlauf jeweils das erkrankte sowie das gesunde Hüftgelenk. Insgesamt kamen die Ergebnisse von 127 Untersuchungen an erkrankten und 127 Untersuchungen an gesunden Hüftgelenken zur Auswertung, somit wurden insgesamt 254 Einzeluntersuchungen ausgewertet. Die gemeinsam ausgewerteten Bilder der Hüftgelenkssonografien und die der MRT Untersuchungen wurden im Durchschnitt in einem Abstand von 3,5 Wochen zueinander angefertigt.

Die für die Beurteilung der Hüftkopflateralisation erforderlichen anatomischen Strukturen waren in allen angefertigten Bildern zu identifizieren.

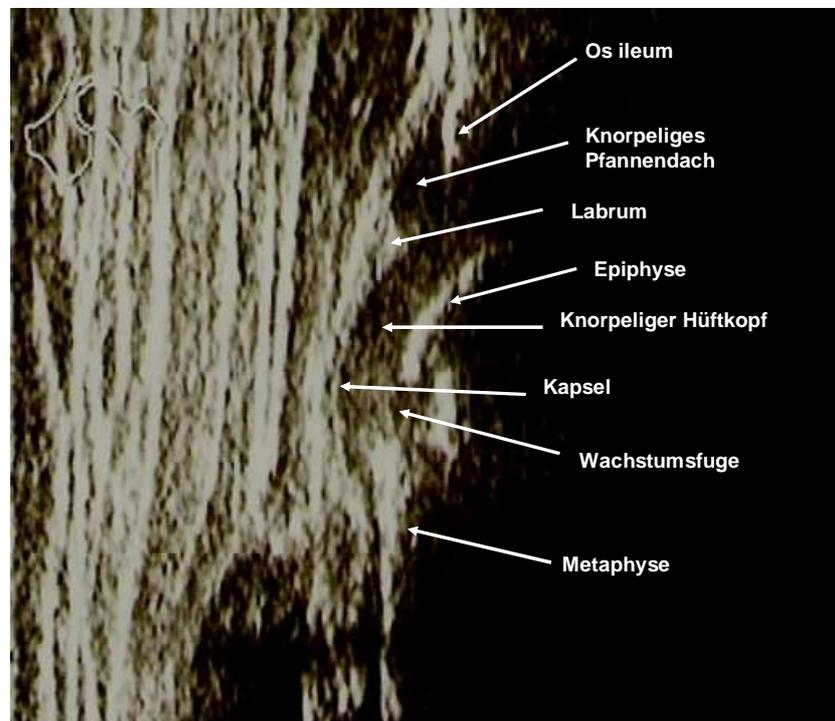
2.2 Untersuchungs- und Messverfahren

Alle vorliegenden Bilder wurden digitalisiert, um dann mittels geeigneter Software quantitativ ausgewertet werden zu können. Hierzu wurde das Programm Scion Image Beta 4.02 verwendet.

2.2.1 Sonografie

Die Sonografiebilder wurden mit einem Gerät der Firma Siemens, Erlangen von Herrn Dr. M. Stücker, dem Betreuer dieser Arbeit, erstellt. Es wurde das Modell Sonoline Prima mit einem 7,5 MHz-linear-transducer verwendet. Zur Darstellung der Hüftgelenke kam der laterale Longitudinalschnitt nach den DEGUM-Richtlinien, bei dem der Schallkopf lateral in cranio-caudaler Richtung aufgesetzt wird, zur Anwendung. Die Patienten befanden sich dabei in Rückenlage (*Abb. 2.1*).

Abb. 2.1: Hüftgelenk im lateralen Longitudinalschnitt



2.2.2 Magnetresonanztomografie (MRT)

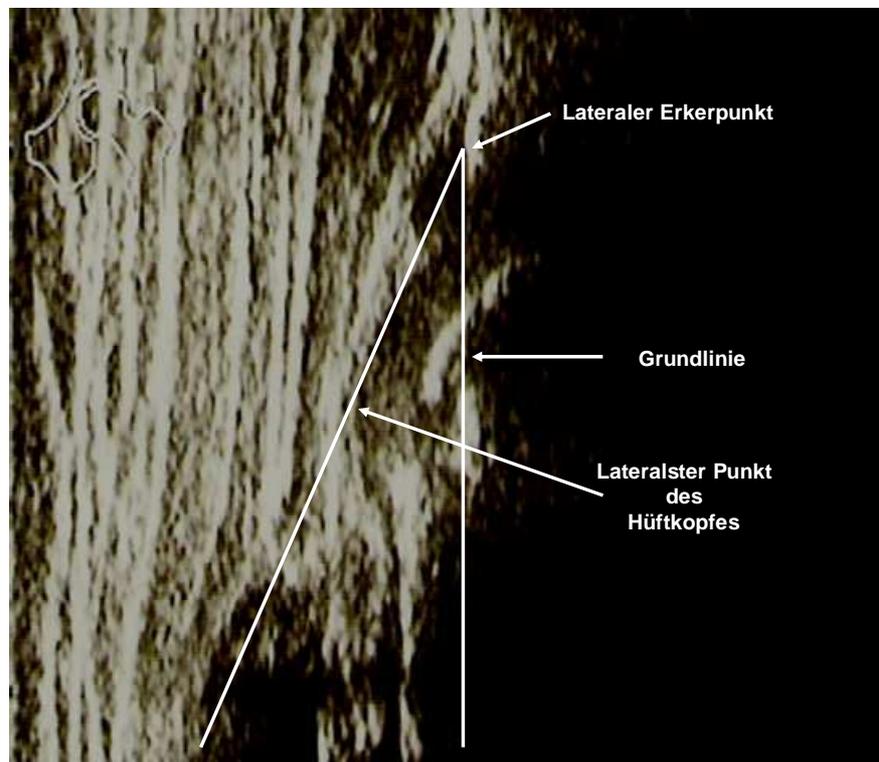
Die ausgewerteten MRT-Bilder wurden in 4mm Schichten und in T1-Wichtung (TR 400-600ms) angefertigt. Zur Auswertung wurden Sequenzen benutzt, die in der koronaren Schichtung beide Hüftköpfe mit dem jeweils größten Durchmesser darstellten.

2.3 Messparameter

2.3.1 Extrusionshüftkopfwinkel (EHW)

Der Extrusionshüftkopfwinkel (EHW) ergibt sich aus einer Grundlinie, die an der vorderen Kortikalis des gestreckten os ilium angelegt und dann parallel an den lateralen knöchernen Erkerpunkt verschoben wird und einer tangentialen Linie ausgehend vom lateralen knöchernen Erkerpunkt an den lateralsten Punkt des knorpeligen Randes des Hüftkopfes. Der Extrusionshüftkopfwinkel wird in Grad angegeben (*Abb. 2.2*).

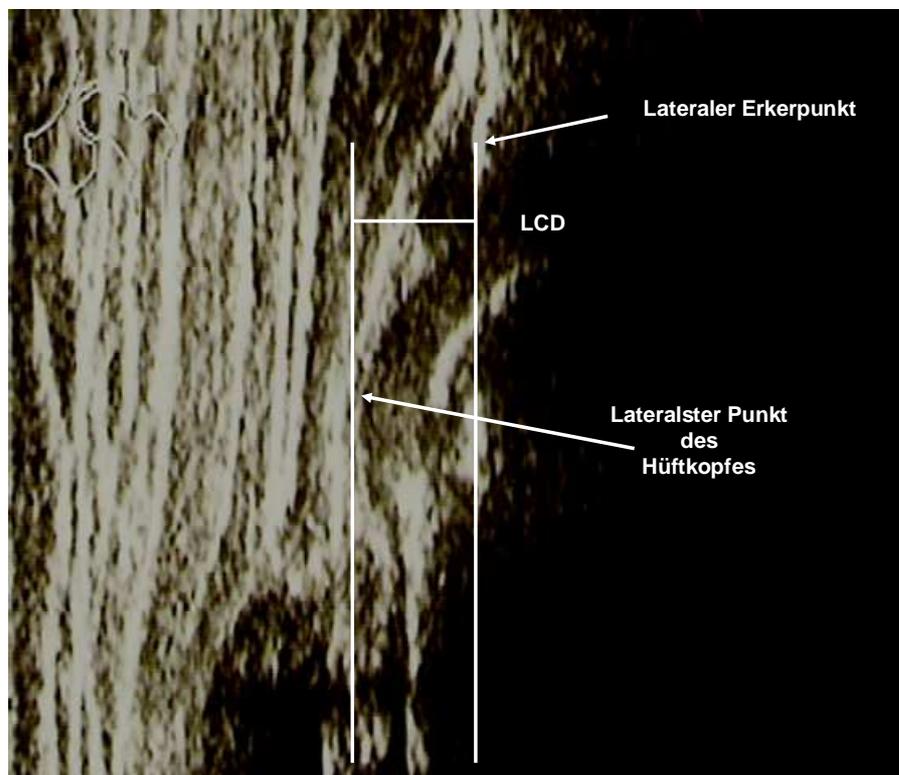
Abb. 2.2: Der Extrusionshüftkopfwinkel (EHW) im US am Beispiel einer Perthes Hüfte



2.3.2 Lateral-Cartilage-Distance (LCD)

Die Lateral-Cartilage-Distance (LCD) beschreibt die Distanz zwischen dem knöchernen Rand des os ilii (knöcherner Erker) und dem lateralen Rand des knorpeligen Hüftkopfes. Die LCD wird in mm angegeben und wurde in der Sonografie gemessen (Abb. 2.3). Eine LCD >6,5mm weist auf ein aufgehobenes Containment hin (Stücker et al 2005).

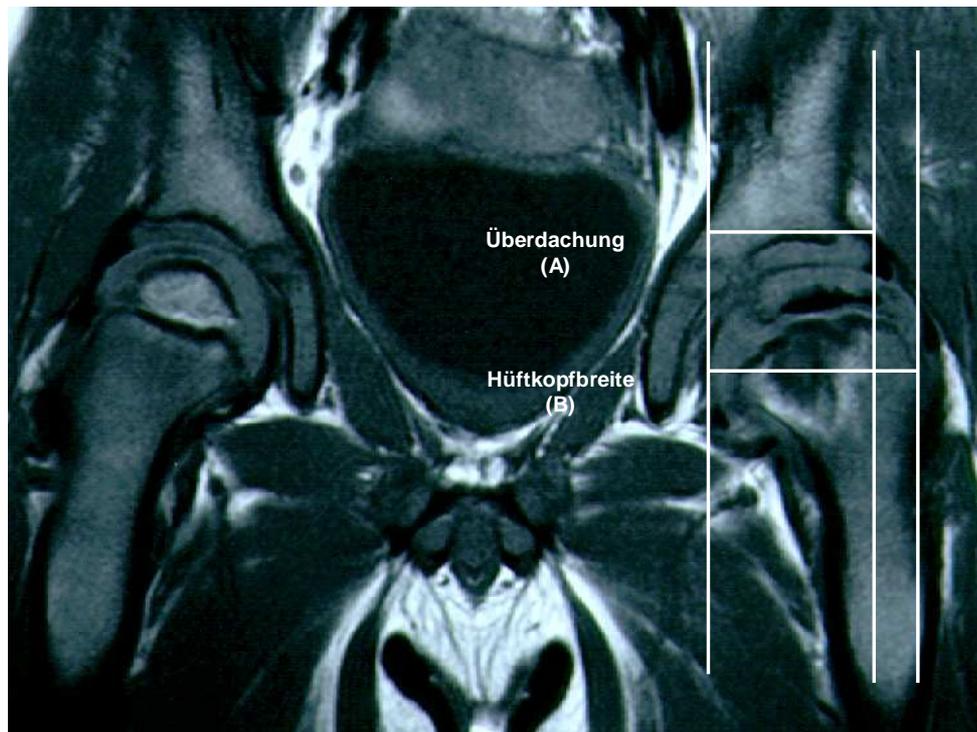
Abb. 2.3: LCD Messung in der Sonografie am Beispiel einer Perthes Hüfte



2.3.3 Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index (kAKI)

Der knorpelige Acetabulum-Kopf-Index (kAKI) wird in der MRT gemessen und beschreibt das Verhältnis des überdachten Anteiles des Hüftkopfes durch das Acetabulum (Distanz zwischen dem medialen Rand des Hüftkopfes und der lateralen Begrenzung des knorpeligen Os ilii in mm) zur Gesamtbreite des Hüftkopfes (maximaler horizontaler Durchmesser des Hüftkopfes in mm). Bei diesen Messungen werden die knorpeligen Strukturen mitberücksichtigt (Abb. 2.4). Ein kAKI <75% weist auf einen Containmentverlust hin (Meiss 2001), bzw. ein kAKI <73% (Stücker et al 2005).

Abb. 2.4: kAKI Messung in der MRT am Beispiel einer Perthes Hüfte



$$\begin{aligned} kAKI \text{ in } \% \\ &= \\ &A / B \times 100 \end{aligned}$$

2.4 Datenblatt

Die zur Auswertung vorliegenden Bilder wurden nach ihrer Digitalisierung systematisch unter Verwendung von folgendem Datenblatt ausgewertet:

Datenerfassung EHW beim M. Perthes:

Name des Kindes		Mess/ Angabe	Mess/ Angabe
Datum der Diagnose			
Alter bei Untersuchung			
Catterall-Gruppe			

Sonografie	Datum	gesund	krank
Messungen	1. LCD in mm Lateral-Cartilage-Distance: Lateraler knöcherner Rand des Ileum (Erkerpunkt) bis zum lateralen Rand des knorpeligen Hüftkopfes (Übergang des echoarmen Hüftkopfechos und dem Beginn des medialen echoreichen Gelenkkapselchors) im Vergleich zur kontralateralen gesunden Seite		
	2. Extrusionshüftkopfwinkel: Winkel zwischen der Perkins line (Lot auf Hilgenreinerlinie am Pfannenerker als Grundlinie) und der Linie Lateraler Erkerpunkt –Tangente am lateralsten Punkt des Hüftkopfes		

MR	Datum:	gesund	krank
Messungen	1. Knorpeliger Acetabulum-Kopf-Index (kAKI) in %: Knorpelige Pfannenüberdachung (A) / Hüftkopfbreite (B) x 100 in %: A : Distanz mediale Begrenzung Hüftkopf bis zur lateralen Begrenzung des knorpeligen Pfannendachs im mm, B : Knorpeliger Hüftkopfdurchmesser in mm		

2.5 Statistische Auswertung

Zur Evaluierung der Interobservervalidität wurden die Messungen des EHW von zwei verschiedenen Untersuchern (U1 und U2) unabhängig voneinander durchgeführt. Als statistischer Test wurde der Pearson Korrelationstest zur Bestimmung der Interobservervalidität verwendet, um die Messergebnisse des EHW der beiden Untersucher miteinander zu vergleichen (Pearson Korrelationskoeffizient r 0-0,3: unbedeutend, r 0,3- 0,5: mäßige Korrelation, r 0,5-0,7: akzeptabel, r 0,7-0,9: hohe Korrelation, r >0,9: sehr hohe Korrelation).

Ebenso kam der ungepaarte t-Test zu Ermittlung relevanter Unterschiede in der Größe des Extrusionshüftkopfwinkels zwischen gesunden und an M. Perthes erkrankten Gelenken zur Anwendung. Ein signifikanter Unterschied besteht bei $p < 0,05$.

Weiter wurde die Mittelwertbestimmung (MW) einschließlich der Standardabweichung (SD) eingesetzt.

3 Ergebnisse

3.1 Extrusionshüftkopfwinkel (EHW)

Bei der Auswertung der gemessenen EHW, LCD und kAKI Werte mittels des ungepaarten t-Tests kann ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) bei beiden Untersuchern zwischen den gesunden und den Perthes Hüften ermittelt werden.

3.1.1 Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

Der gemessene Mittelwert für den EHW bei Perthes Hüften liegt bei $21,40^\circ \pm 5,80$. An den gesunden Hüftgelenken wurde ein Mittelwert von $12,69^\circ \pm 4,43$ gefunden. Die Mittelwerte für die LCD und den kAKI betragen an Perthes Hüften $6,24\text{mm} \pm 1,96$ und $75,81\% \pm 6,34$. An den gesunden Gelenken betragen die Mittelwerte für die LCD $3,52\text{mm} \pm 1,34$ und für den kAKI $84,48\% \pm 5,04$ (Tab. 3.1).

Tab. 3.1: MW EHW, LCD und kAKI mit SD an Perthes und an gesunden Hüftgelenken

	Perthes (n=127)	Gesund (n=127)
MW und SD EHW in °	21,40 $\pm 5,80$	12,69 $\pm 4,43$
MW und SD LCD in mm	6,24 $\pm 1,96$	3,52 $\pm 1,34$
MW und SD kAKI in %	75,81 $\pm 6,34$	84,48 $\pm 5,04$

3.1.2 Interobservervalidität

Die Messungen (n=127 Untersuchungen) des EHW an Perthes Hüften ergaben zwischen den beiden Untersuchern im Pearson Korrelationstest eine hohe Übereinstimmung wie auch die Messungen (n=127 Untersuchungen) an den gesunden Hüftgelenken (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Pearson Korrelationskoeffizient r bei zwei Untersuchern (U1 und U2) zur Beurteilung der Interobservervalidität der Messungen des EHW

	M. Perthes n=127 Untersuchungen	Gesund n=127 Untersuchungen	Gesamt n=254 Untersuchungen
Interobservervalidität r U1 / U2	0,73	0,77	0,85

Korrelation nach Pearson r 0-0,3: unbedeutend, r 0,3-0,5: mäßig, r 0,5-0,7: akzeptabel, r 0,7-0,9: hoch, r >0,9: sehr hoch

3.1.3 EHW an Perthes Gelenken im Vergleich zur LCD und zum kAKI

Tabelle 3.3 zeigt die Werte für die Vergleichsparameter LCD und kAKI zum EHW Mittelwert plus und minus einer Standardabweichung (Tab 3.3).

Den größten Anteil bilden die Werte für den EHW von $15,60^\circ$ bis $27,20^\circ$ mit 84 Untersuchungen. Die Werte für die LCD und den kAKI entsprechen hierbei den Mittelwerten für das Gesamtkollektiv (Tab. 3.1). Unterhalb der unteren Standardabweichung (EHW $<15,60^\circ$) wird ein durchschnittlicher EHW von $13,38^\circ \pm 2,06$ ermittelt. Der durchschnittliche kAKI ist mit $78,95\% \pm 4,83$ über dem in der Literatur angegebenen Grenzwert: 75% (Meiss 2001) bzw. 73% (Stücker et al 2005). Für die LCD ergeben sich ebenfalls Mittelwerte unterhalb des von Stücker et al ermittelten Grenzwertes 6,5mm (Stücker 2005) und unterhalb der angegebenen LCD-Mittelwerte von Terjesen et al: $5,4\text{mm} \pm 0,9$ (Terjesen et al 1993). Oberhalb der oberen Standard-

abweichung ergeben sich EHW Mittelwerte von $30,66^\circ \pm 2,85$. In diesem Falle zeigen sich für die LCD und den kAKI deutlich pathologische Werte, welche die Grenzwerte über- (LCD) bzw. unterschreiten (kAKI), passend zu den oben angegebenen Literaturangaben.

Tab. 3.3: EHW im Vergleich zur LCD und dem kAKI

	MW und SD LCD in mm	MW und SD kAKI in %	MW und SD EHW in °
EHW <15,60° n=22 Untersuchungen	4,26 ± 1,66	78,95 ± 4,83	13,38 ± 2,06
EHW 15,60-27,20° n=84 Untersuchungen	6,22 ± 1,46	75,42 ± 6,76	21,11 ± 3,12
EHW >27,20° n=21 Untersuchungen	8,63 ± 1,53	72,82 ± 6,18	30,66 ± 2,85

3.1.4 Verteilung der kAKI und LCD Werte in den Subgruppen des EHW

Wertet man die Untersuchungsergebnisse der Untergruppen EHW <15,6° und EHW >27,2° aus, kommt man zu dem Ergebnis, dass die deutliche Mehrheit der Untersuchungen in den jeweiligen Subgruppen auch physiologische bzw. pathologische Werte für den kAKI und die LCD aufweisen.

Bei n=22 Untersuchungen ließ sich ein EHW < 15,6° finden. Von diesen n=22 Untersuchungen wiesen n=21 einen physiologischen kAKI auf. Die Spanne der gemessenen kAKI betrug 86,4% im Maximum und 72,80% im Minimum. Für die LCD fanden sich von den n=22 Untersuchungen n=21 Messungen, die eine LCD < 6,5mm ergaben. Die Spanne betrug hier 2,1mm im Minimum und 9,8mm im Maximum.

In der Gruppe mit einem EHW $>27,2^\circ$ (n=21 Untersuchungen) waren bei n=18 Untersuchungen pathologische Werte für den kAKI zu verzeichnen. Die Werte befanden sich in einer Spanne von 82,36% im Maximum und bis 54,53% im Minimum. Die LCD war bei allen Untersuchungen pathologisch verändert. Der kleinste gemessene Wert lag bei 6,95mm und der größte bei 12,1mm.

Im Folgenden sind diese Ergebnisse grafisch dargestellt. Es wird die Verteilung der einzelnen Messwerte für den kAKI (*Diagramm 3.1*) und für die LCD (*Diagramm 3.2*) in den drei Subgruppen des EHW ($< 15,6^\circ$, $15,6^\circ - 27,2^\circ$ und $>27,2^\circ$) aufgezeigt. Ein-gezeichnet dazu sind als durchgehende Linie die entsprechenden Grenzwerte für den kAKI (75%) und die LCD (6,5mm).

Diagramm 3.1: Verteilung der einzelnen kAKI Werte in den Subgruppen des EHW

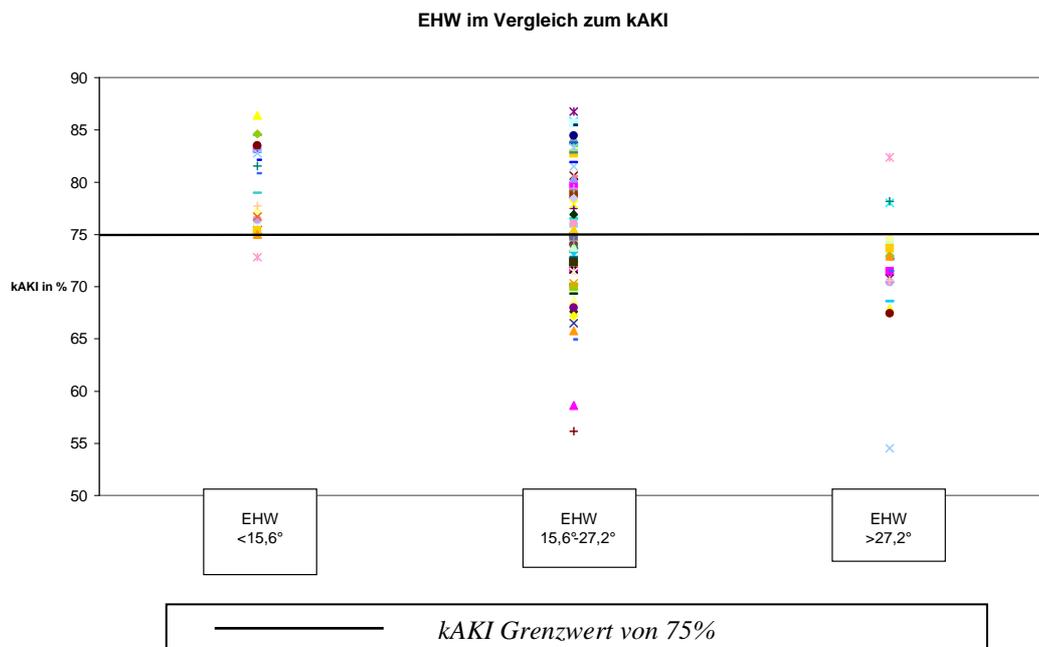
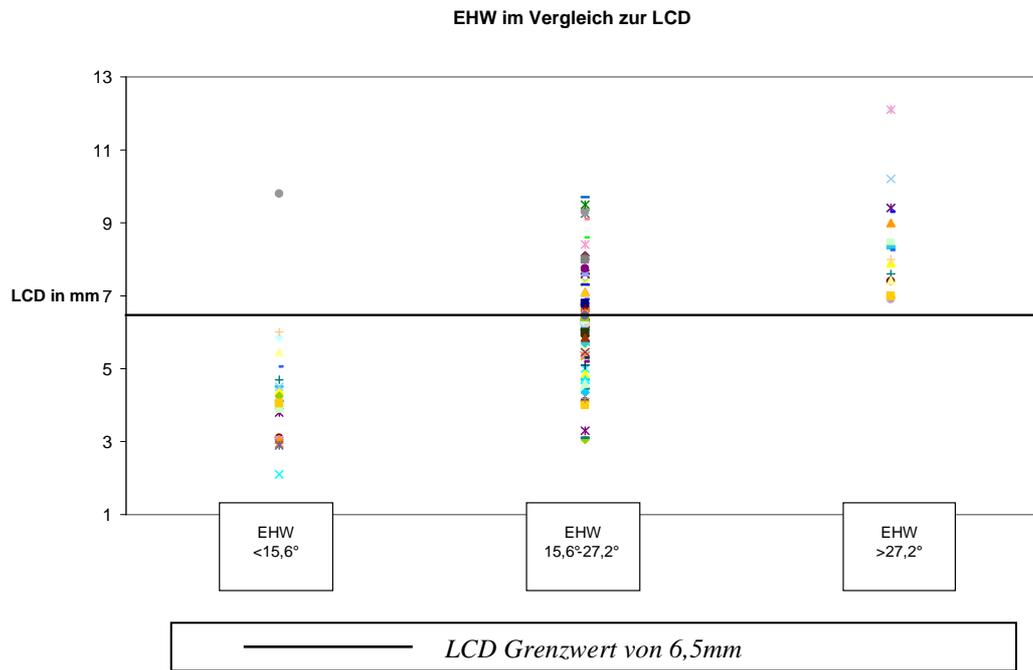


Diagramm 3.2: Verteilung der einzelnen LCD Werte in den Subgruppen des EHW



4 Diskussion

Die Sonografie ist ein wichtiges und allseits anerkanntes bildgebendes Verfahren in der Diagnostik und bei Verlaufskontrollen von verschiedenen Erkrankungen. Die Sonografie ist breit verfügbar, jederzeit einsetzbar und nach derzeitigen Erkenntnissen auch vollkommen unbedenklich in ihrer Anwendung. Das gilt auch für die Sonografie des kindlichen Hüftgelenkes. Außerdem ist die Sonografie ein kostengünstiges Untersuchungsverfahren (*Bira und Synder 1995, Eggl et al 1999, Graf 1980*). Die Arbeitsgruppe *Iagnocco et al* kam zu dem Ergebnis, dass die Hüftgelenkssonografie auch Grenzen aufweist, weil für eine verlässliche Aussage ein erfahrener Untersucher notwendig ist (*Iagnocco et al 2006*), damit erklärt sich auch die zurückhaltende Verwendung in der klinischen Routine (*Schueller-Wiedekamm 2009*). Limitierend bei der kindlichen Hüftsonografie sind das fortgeschrittene Alter und eine ausgeprägte Adipositas. Die sonografische Containmentdiagnostik wird insgesamt noch als kritisch angesehen. Zur Containmentbestimmung kommen nur sehr erfahrene Untersucher in Frage, Operationsindikationen werden weiterhin nicht anhand von Sonografiebefunden gestellt (*Hefli 1998, Kayser et al 2003*). Ein leicht zu bestimmender Messparameter für das Containment fehlt zudem bislang in der sonografischen Diagnostik.

4.1 Aussagekraft etablierter Containmentparameter beim M. Perthes

Etabliert zur Containmentdiagnostik ist die Bestimmung des Maßes der Überdachung des Hüftkopfes im Verhältnis zum Acetabulum (*Tönnis 1976*). Bereits 1950 beschrieben Heyman und Herndon dazu den heute häufig angewandten „Acetabulum-Kopf-Index“ (AKI), der radiologisch eine quantitative Bestimmung des Containments ermöglicht (*Heyman et Herndon 1950*). Zur Bestimmung des Containments sind quantitative Parameter gegenüber „binären“ Parametern aufgrund ihrer Aussagefähigkeit zu bevorzugen (*de Billy et al 2002*). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass der in der MRT gemessene kAKI im Gegensatz zu anderen Parametern eine hohe Inter- und Intraobservervalidität besitzt (*Pouletaut et al 2005*). In einer weiteren Studie zeigte sich im radiologischen Vergleich des AKI zu anderen Parametern, insbesondere zu Winkelmessungen an Dysplasie Hüftgelenken, dass der AKI zur Bestimmung der Lateralisation des Hüftgelenkes der verlässlichere Parameter ist (*Ömeroglu et al 2006*).

Die MRT bietet den Vorteil knorpelige Anteile des Hüftkopfes und des Acetabulums im Gegensatz zum konventionellen Röntgen mit abzubilden. Durch Einbeziehung der knorpeligen Anteile des Hüftgelenkes kann das Containment genauer bestimmt werden. So sprechen mehrere Autoren vom „wahren Containment“ (*Sales de Gauzy et al 1997, Meiss 2001, Hall Rush et al 1988*). Die MRT ermöglicht zudem die bessere Beurteilung des Nekroseausmaßes der Epiphyse und der Vaskularisierung des Hüftkopfes (*Kaniklides et al 1995*). Außerdem gelingt mittels der MRT nicht nur die frühere Diagnose des M. Perthes (*Weishaupt et al 2000*), sondern auch das frühere Erkennen des Containmentverlustes. *De Sanctis et al* konnten nachweisen, dass wenn in der MRT und in der Arthrografie ein aufgehobenes Containment vorlag, dies im konventionellen Röntgen nicht immer nachweisbar war (*de Sanctis et al 2000*). Wobei anzumerken ist, dass *Boyer et al* einen signifikanten Unterschied im Vergleich des kAKI gemessen in der MRT und in der Arthrografie fanden (*Boyer et al 2001*). Der Grenzwert für den kAKI wird in der Literatur mit 75% bzw. 73% (*Meiss 2001, Stücker et al 2005*) und 77% (*Pouletaut et al 2005, Sales de Gauzy et al 1997*) angegeben. Lediglich in der Arbeitsgruppe *Stücker et al*, mit dem größten bisher untersuchten Kollektiv, wurden nur schwere Epiphysennekrosen vom Typ *Catterall* III und IV einbezogen, die nachweislich eine ungünstige Prognose im Verlauf haben (*Green et al 1981*).

Meurer et al zeigten, dass Patienten der *Catterall* Gruppen III und IV durch die Operation nach der Indikation aufgrund eines Containmentverlustes in der MRT (kAKI) im Verlauf postoperativ deutlich verbesserte Containmentwerte (kAKI) aufwiesen (*Meurer et al 2005*). Auch *Kamegaya et al* fanden durch den Vergleich zwischen konservativ und operativ behandelten M. Perthes Patienten anhand des kAKI heraus, dass operierte Kinder durch den Eingriff nach der Ausheilung der Erkrankung auch eine bessere Überdachung des Hüftkopfes aufwiesen als konservativ behandelte Kinder mit dem schlechteren Endergebnis (*Kamegaya et al 2004*).

In einer prospektiven Studie konnten *Wiig et al* nachweisen, dass die Überdachung des Hüftkopfes durch das Acetabulum gemessen am AKI im Verlauf des M. Perthes ein Jahr und 5 Jahre nach Krankheitsbeginn signifikant mit den Langzeitergebnissen - gemessen anhand der Stulberg-Klassifikation - korreliert. Stellt sich im Verlauf der Erkrankung eine zunehmende Überdachung (konservativ und operativ) ein, so finden sich auch bessere Langzeitergebnisse (*Wiig et al 2008*).

4.2 Aussagefähigkeit des EHW im Vergleich zur MRT

Allgemein anerkannt in der Behandlung des Morbus Perthes ist die containment-orientierte Therapie (*Herring 1994, Ismail und Macnicol 1998, Meiss 2001, Rühmann 1997, Wild et al 2003*). Die Lateralisation des Hüftkopfes als „head-at-risk-sign“ gilt als aussagekräftigstes radiologisches Zeichen. Lässt sich dieses Zeichen nachweisen, ist die Prognose des M. Perthes Gelenkes ungünstig (*Gigante et al 2002, Lauen und Hofem 2006, Yrönen 1992*).

In dieser Arbeit wurde erstmals zur Bestimmung des Containments die Lateralisation des Hüftkopfes anhand des neu entwickelten Extrusionshüftkopfwinkels (EHW) an gesunden und an M. Perthes erkrankten Hüftgelenken unter Verwendung von standardisiert erstellten Sonografiebildern bestimmt.

Die Messungen wurden von zwei verschiedenen Untersuchern (U1 und U2) unabhängig voneinander - an nach den Richtlinien der DEGUM erstellten Sonografiebildern - durchgeführt. Hier zeigte sich im ungepaarten t-Test, dass bei beiden Untersuchern ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) für den EHW zwischen den gesunden und den erkrankten Hüftgelenken ermittelt werden konnte.

Die Befundübereinstimmung zwischen den beiden Untersuchern ist im Pearson-Korrelationstest bei der Bestimmung des EHW sowohl bei den erkrankten Hüftgelenken ($r=0,73$), als auch bei den gesunden Gelenken ($r=0,77$) hoch. Für das Gesamtkollektiv ergibt sich zwischen den beiden Untersuchern ebenfalls eine hohe Übereinstimmung ($r=0,85$).

Insgesamt ist, nach den vorliegenden Ergebnissen, der EHW ein Parameter, der sich objektiv nicht nur von einem in Gelenksonografien erfahrenen Untersucher, sondern auch anhand von standardisiert erstellten Sonografiebildern bestimmen lässt.

Als Mittelwert des EHW zeigte sich an M. Perthes erkrankten Hüftgelenken ein Wert von $21,40^\circ \pm 5,80$. An den gesunden Hüftgelenken lag der Mittelwert bei $12,69^\circ \pm 4,43$. Ausgehend von diesen Mittelwerten erfolgten die Vergleiche des EHW mit der MRT-Referenzuntersuchung durch Erhebung des kAKI bei Hüftgelenken mit M. Perthes. Außerdem wurde die ebenfalls anhand der Sonografiebilder ermittelte LCD herangezogen.

Im Vergleich der Mittelwerte des EHW mit seinen Standardabweichungen zum kAKI und zur LCD ergibt sich in der vorliegenden Studie eine deutliche Korrelation bezüglich erhaltenen und aufgehobenen Containments. Bei einem EHW $<15,60^\circ$ (MW EHW minus einer Standardabweichung) ergeben sich für die LCD und den kAKI Mittelwerte, die auf ein erhaltenes Containment hinweisen, wenn man dazu die in der Literatur zu findenden Referenzwerte heranzieht (*Meiss 2001, Stücker et al 2005*). Ein EHW $>27,20^\circ$ (MW EHW plus einer Standardabweichung) zeigt Mittelwerte für die LCD und den kAKI, die auf ein aufgehobenes Containment hinweisen. Es ist hierbei auch darauf hinzuweisen, dass es sich um Perthesgelenke vom Typ *Catterall III* und *IV* handelt, die ein hohes Risiko für einen Containmentverlust aufweisen (*Catterall 1981, Wiig et al 2008*). Im Bereich zwischen diesen EHW Werten finden sich sowohl für die LCD als auch für den kAKI Mittelwerte, die im Grenzbereich zwischen erhaltenem und aufgehobenem Containment liegen. Die Werte für die LCD und den kAKI entsprechen hierbei den Mittelwerten für das Gesamtkollektiv (*Tab. 3.1, 3.3*).

Es lässt sich somit festhalten, dass – unter der Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse und der Literaturangaben - davon auszugehen ist, dass bei einem EHW $<15,60^\circ$ ein erhaltenes Containment vorliegt. Ein EHW $>27,20^\circ$ zeigt demnach ein aufgehobenes Containment an.

Ebenso wurden Vergleiche mit der LCD angestellt. Die Messung der LCD ist von *Stücker et al* als verlässlicher Parameter zur Messung der Lateralisation mittels Sonografie beschrieben worden (*Stücker et al 2005*). Die in der Literatur beschriebenen Mittelwerte für die LCD bei an M. Perthes erkrankten Gelenken wurden erstmals von *Terjesen* mit 6,3mm beschrieben (*Terjesen 1993*.) *Stücker et al* fanden bei zwei Untersuchern Mittelwerte von 6,2mm bzw. 6,7mm (*Stücker et al 2005*).

Die Sonografie hat sich als eines der wichtigsten Instrumente in der Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von angeborenen und erworbenen Hüftgelenkserkrankungen bewährt, da sie eine Beurteilung von Weichteilen erlaubt, eine Aussage über die Beziehung des Hüftkopfes zum Acetabulum ermöglicht und eine frühe Erkennung von Hüftgelenkserkrankungen z.B. die Gelenkergussbildung zulässt (*Imo et Nwadinigwe 2006*). Im Vergleich zur MRT lässt sich das Containment in der Sonografie ebenso gut unter Verwendung rein morphologischer Kriterien bestimmen. *Stücker et al* konnten nachweisen, dass das Containment anhand der Beurteilung der Morphologie der Epiphyse

und des Labrum acetabulare in der MRT und der Sonografie übereinstimmend beurteilt werden kann (*Stücker et al 2008*).

Durch die Hüftgelenkssonografie lassen sich die für die Beurteilung des „wahren Containments“ wichtigen knorpeligen Strukturen wie in der MRT identifizieren und beurteilen (*Konermann et al 2000, Tegnander et Terjesen 1995*).

Insgesamt wird über den Einsatz und den Wert der Sonografie beim M. Perthes in der Literatur häufig berichtet (*Kramer et al 2002, Lauen und Hofem 2006, Wirth et al 1993*). Parameter zur sonografischen Bestimmung des Containments im Vergleich zur MRT und entsprechende Referenz- bzw. Mittelwerte sind aber in der Literatur bis jetzt außer bei *Stücker et al* nicht zu finden (*Stücker et al 2005*). *Naumann et al* beschrieben zwar 1992 den sonografisch zu ermittelnden Epiophysen-Metaphysen-Index, dieser dient aber nicht der Containmentdiagnostik (*Naumann et al 1992*).

Im Vergleich zur LCD und dem kAKI als bekannte Parameter zur Bestimmung des Containments anhand der Lateralisation des Hüftkopfes, ist der sonografisch ermittelte EHW nach den vorliegenden Ergebnissen aufgrund seiner Korrelation mit den etablierten Messparametern LCD und kAKI geeignet, das Containment zu beurteilen. Aufgrund der Aussagefähigkeit der Hüftgelenkssonografie lässt sich zudem festhalten, dass sonografisch ebenso frühzeitig wie in der MRT ein drohender Verlust des Containments festgestellt werden kann. Der Einsatz dieser Untersuchung ist weiterhin zur Verlaufskontrolle geeignet. Insbesondere nach Operationen mit einliegenden Implantaten ist eine sonografische Beurteilung des wahren Containments möglich, während ein MRT nicht durchgeführt werden kann.

Die sonografische Containmentdiagnostik beim M. Perthes sollte bei der Diagnosestellung oder bei der Verdachtsdiagnose beginnen. Es können von den ersten Krankheitssymptomen bis zur Diagnosestellung des M. Perthes mehrere Monate vergehen (*Broscheit 2004*). Die MRT ist als Untersuchung zur Diagnosebestimmung neben der Röntgenbildgebung Standard. Ausgehend von dieser Diagnostik ist eine Verlaufskontrolle klinisch und radiologisch bzw. kernspintomografisch. Wird das sonografisch gemessene Containment in Verlaufsbeurteilungen bestimmt, ist eine Aussage ohne weitere Bildgebung möglich, da die Messungen mit Vorbefunden verglichen werden können. Zeigen die Parameter zur Voruntersuchung keine Verschlechterung, ist keine weitere Diagnostik erforderlich. Einbezogen werden sollten -

zusätzlich zur Containmentdiagnostik - die Ergussdiagnostik und die klinische Bewegungsprüfung des Gelenkes. Nur wenn keine eindeutige Bestimmung des Containments sonografisch möglich ist oder ein Containmentverlust nicht sicher ausgeschlossen werden kann, sollte eine weiterführende Bildgebung erfolgen.

Die vorliegenden Ergebnisse - auch unter Berücksichtigung der Voruntersuchungen der sonografischen und kernspintomografischen Parameter - weisen darauf hin, dass der EHW gegenüber der LCD zu bevorzugen ist. Die Messung ist durch eine einfache Winkelmessung durchführbar, deren anatomische „Landmarks“ einfach aufzufinden sind. Kalibrierungen oder Distanzmessungen sind nicht notwendig. Da es aber bisher keine Vergleichsstudien von anderen Arbeitsgruppen gibt, sollten weitere Studien zur sonografischen Containmentdiagnostik erfolgen, damit der Einsatz im Alltag geprüft werden kann. Außerdem ist eine Ausweitung des Spektrums zu analysieren. Zum Beispiel wäre die Hüftcontainmentdiagnostik bei Kindern mit infantiler Zerebralparese vor und nach Botulinum-Toxin Therapie wichtig.

5 Schlussfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit lassen darauf schließen, dass der erstmals bestimmte und sonografisch zu ermittelnde Extrusionshöftkopfwinkel (EHW) durch die Bestimmung der Lateralisation des Hüftkopfes eine Aussagekraft über das Containment bei kindlichen Hüftgelenken besitzt.

Die Messergebnisse des EHW lassen gesunde und erkrankte Hüftgelenke deutlich voneinander unterscheiden, zudem ist der EHW von verschiedenen Untersuchern vergleichbar zu bestimmen.

Im Vergleich mit anderen etablierten Parametern für die Containmentbestimmung in der Sonografie (LCD) und in der MRT (kAKI) liefert der EHW vergleichbare, aussagekräftige Ergebnisse in der Beurteilung des Containments. Der EHW mit seinen Standardabweichungen korreliert mit den Grenzwerten für den Erhalt oder Verlust des Containments der LCD und des kAKI. Der EHW ermöglicht daher die Unterteilung in ein bestehendes (EHW $<15,60^\circ$), ein gefährdetes (EHW $15,60^\circ-27,20^\circ$) und ein aufgehobenes (EHW $>27,20^\circ$) Containment.

Die Beurteilung des Containments anhand des EHW ist nicht nur dem sehr erfahrenen Sonografie-Untersucher vorbehalten, sondern kann durch eine standardisierte Sonografie oder auch anhand von entsprechend angefertigten Sonografiebildern durchgeführt werden. Es handelt sich um eine einfache Winkelmessung, so dass Kalibrierungen zur Anfertigung der Messung nicht notwendig sind, ebenso wenig wie das Durchführen von Distanzmessungen. Die dafür notwendigen anatomischen Strukturen sind zudem einfach aufzufinden.

Da ein (drohender) Containmentverlust mittels Sonografie durch die Darstellbarkeit der knorpeligen Strukturen zudem früh zu detektieren ist, könnten durch die regelmäßige Bestimmung des EHW im Verlauf des M. Perthes belastende und teils invasive Untersuchungsverfahren gezielter eingesetzt werden.

Somit erscheint der EHW geeignet, das Containment im Rahmen von Verlaufs- und Therapiekontrollen beim M. Perthes verlässlich zu bestimmen. Wird das sonografisch gemessene Containment in Verlaufsbeurteilungen bestimmt, ist eine Aussage ohne weitere Bildgebung möglich. Nur wenn keine eindeutige Bestimmung des Containments sonografisch möglich ist oder ein Containmentverlust nicht sicher ausgeschlossen werden kann, sollte eine weiterführende Bildgebung erfolgen.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es zu zeigen, ob es möglich ist, das Containment bei einer M. Perthes Erkrankung im Rahmen einer sonografischen Untersuchung mit ihren Vorteilen gegenüber anderen Bildgebungen, verlässlich bestimmen zu können.

In dieser prospektiven Arbeit wurden die Untersuchungsergebnisse von kindlichen Hüftgelenken mittels MRT und Ultraschall an M. Perthes erkrankten Kindern ausgewertet. Zur Auswertung kamen insgesamt die Bilder von 127 Untersuchungen bei 46 Kindern (36 Jungen und 10 Mädchen) mit einer Perthes Erkrankung aus den *Catterall*-Gruppen III und IV. Bei jeder Untersuchung wurden das erkrankte sowie das gesunde Hüftgelenk untersucht. Somit standen die Ergebnisse von 254 Einzeluntersuchungen von Hüftgelenken zur Auswertung zur Verfügung. Die gemeinsam ausgewerteten Bilder der Hüftgelenkssonografien und die der MRT Referenzuntersuchungen wurden im Durchschnitt in einem Abstand von 3,5 Wochen zueinander angefertigt. Ausgewertet wurden die Bilder von Sonografien, die das Hüftgelenk nach Richtlinien der DEGUM im lateralen Longitudinalschnitt abbildeten. Zur Bestimmung des Containments wurden in der Sonografie der neu konzipierte Extrusionshöftkopfwinkel (EHW) und die LCD bestimmt. In der MRT wurde standardmäßig in den koronaren Schichten mit den größten Höftkopfdurchmessern der kAKI bestimmt.

Es konnte gezeigt werden, dass der EHW einen signifikanten Unterschied zwischen erkrankten und gesunden Hüftgelenken aufweist. Ebenso konnte zwischen zwei unabhängigen Untersuchern bei der Bestimmung des EHW eine hohe Interobservervalidität an erkrankten und an gesunden Hüftgelenken nachgewiesen werden.

In den Vergleichen mit bereits etablierten Messparametern zur Bestimmung des Containments in der MRT (kAKI) und der Sonografie (LCD), lässt sich festhalten, dass der EHW eine Aussagefähigkeit in Bezug auf das Containment besitzt. $EHW < 15,60^\circ$ sprechen für ein erhaltenes und $EHW > 27,20^\circ$ sprechen für ein aufgehobenes Containment.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit erscheint der neu konzipierte EHW dazu geeignet, das Containment eines Hüftgelenkes mittels einer Ultraschalluntersuchung beurteilen und auch messen zu können. Der EHW könnte damit, insbesondere im Rahmen von Verlaufskontrollen, dazu beitragen, invasive und belastende Untersuchungen einzusparen. Der EWH kann aufgrund der standardisierten Sonografie nicht nur von sehr erfahrenen Untersuchern bestimmt werden und benötigt bei der Messung anhand von Ausdrucken keine Kalibrierung oder Distanzmessung.

7 Literaturverzeichnis

Adam SP, Talwalkar VR (2007)

Legg-Calvé-Perthes disease.

Cur Opin Orthop 18:544-549.

Bahmanyar S, Montgomery SM, Weiss RJ, Ekblom A (2008)

Maternal smoking during pregnancy, other prenatal and perinatal factors and the risk of

Legg-Calvé-Perthes disease.

Pediatrics 122(2):e459-464.

Balasa VV, Gruppo RA, Glueck CJ, Wang P, Roy DR, Wall EJ, Mehlman CT, Crawford AH (2004)

Legg-Calvé-Perthes-Disease and Thrombophilia.

J Bone Joint Surg Br 86:2642-2647.

Bennett JT, Stuecker R, Smith E, Winder C, Rice J (2002)

Arthrographic Findings in Legg-Calvé-Perthes Disease.

J Pediatr Orthop B 11: 110-116.

Bira M, Synder M (1995)

Prospects of using ultrasonic examination in Perthes disease.

Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol 60(6):495-501.

Bosch R, Niedermeier C, Heimkes B (1998)

Stellenwert der Sonographie in der Differentialdiagnose des kindlichen

Hüftgelenksergusses (M. Perthes, C. fugax, Epiphysiolysis capitis femoris).

Z Orthop Ihre Grenzgeb 136:412-419.

Boyer C, Lecllet H, Sutter B, Delforge PM (2001)

Bilan Préopératoire Des Ostéochondrites De Hanches: Comparaison De L' Arthrographie Et De L'IRM Avec Des Clichés En Abduction.

J Radiol 82:573-576.

Broscheit W (2004)

Morbus Perthes - Behandlungskonzept und Ergebnisse nach der Extensions-Derotations-Varisierungs-Osteotomie
Med. Dissertation. Universität Ulm.

Canavese F, Dimeglio A (2008)

Perthes' disease. Prognosis in children under six years of age.
J Bone Joint Surg (Br) 90-B:940-945.

Catterall A (1971)

The Natural History Of Perthes' Disease.
J Bone Joint Surg Br 53:37-53.

Catterall A (1981)

Legg-Calvé-Perthes Syndrome.
Clin Orthop 158:41-51.

Ceroni D, Kaelin A (2006)

L'ostéochondrite primitive de la hanche ou maladie de Legg-Calvé-Perthes: quel bilan?
Quelle prise en charge?
Rev Med Suisse 2:2908-2912.

de Billy B, Viel JF, Monnet E, Garnier E, Aubert D (2002)

Interobserver Reliability in the Interpretation Radiologic Signs in Legg-Calvé-Perthes Disease.
J Pediatr Orthop B 11:10-14.

de Sanctis N, Rega AN, Rondinella F (2000)

Prognostic evaluation of Legg-Calvé-Perthes disease by MRI. Part I: the role of the physeal involvement.
J Pediatr Orthop 20:455-462.

Dustmann HO (1996)

Etiology and Pathogenesis of Juvenile Epiphyseal Necrosis as Typified by the Hip Joint.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 134:407-412.

Dutoit M (2006)

La Maladie de Legg-Perthes-Calvé.

Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2006;92(8) 827-832.

Eggl H, Drekonja T, Kaiser B, Dorn U (1999)

Ultrasonography in the Diagnosis of Transient Synovitis of the Hip and Legg-Calvé-Perthes Disease.

J Pediatr Orthop B 8(3):177-180.

Egund N, Wingstrand H (1991)

Legg-Calvé-Perthes Disease: Imaging with MR.

Radiology 179:89-92.

Futami T, Kasahara Y, Suzuki S, Ushikubo S, Tsuchiya T (1991)

Ultrasonography In Transient Synovitis And Early Perthes' Disease.

J Bone Joint Surg Br 73(B):635-639.

Gigante C, Frizziero P, Turra S (2002)

Prognostic Value of Catterall and Herring Classification in Legg-Calvé-Perthes Disease: Follow-Up to Skeletal Maturity of 32 Patients.

J Pediatr Orthop 22(3):345-349.

Graf R (1980)

The Diagnosis of Hip-Joint Dislocation by the Ultrasonic Compound Treatment.

Arch Orthop Traumat Surg 97(2):117-133.

Graf R (2002)

Hüftsonographie – Ein Update.

Orthopäde 31:181-18.

Green NE, Beauchamp RD, Griffin PP (1981)

Epiphyseal extrusion as a prognostic index in Legg-Calvé-Perthes disease.

J Bone Joint Surg Am. 63:900-905

Gross GW, Articulo GA, Bowen JR (1999)

Legg-Calvé-Perthes disease: Imaging Evaluation and Management.
Semin Musculoskelet Radiol 3(4):379-391.

Guarniero R, Andrusaitis FR, Brech GC, Eyherabide AP, de Godoy RM (2008)

Baseline evaluation of hospitalized patients with Legg-Calvé-Perthes disease.
Acta Ortop Bras 13(2):68-70.

Hall Rush B, Bramson RT, Ogden JA (1998)

Legg-Calvé-Perthes Disease: Detection of Cartilaginous and Synovial Changes with MR
Imaging.
Radiology 167:473-476.

Hefti F (1998)

Morbus Perthes.

In: Hefti (Hrsg.) Kinderorthopädie in der Praxis 1. Aufl. Springer Verlag Berlin
Heidelberg S.205-219.

Hefti F, Clarke NMP (2007)

The management of Legg-Calvé-Perthes' disease: is there a consensus?
J Child Orthop 1:19-25.

Herring JA (1994)

The treatment of Legg-Calvé-Perthes disease: a critical review of the literature.
J Bone Joint Surg 1994;76-A:448-458.

Heyman CH, Herndon CH (1950)

Legg-Perthes Disease: A Method for the Measurement Roentgenographic Result.
J Bone Joint Surg Am 32:767-778.

Hoffmann JM (2004)

Aktuelle Therapie und Diagnostik des Morbus Perthes.
Med. Dissertation. Universität Ulm.

Hosokawa M, Kim W-C, Kubo T, Tsuchida Y, Kusakabe T, Hirasawa Y (1999)
Preliminary Report on Usefulness of Magnetic Resonance Imaging for Outcome Prediction in Early-Stage Legg-Calvé-Perthes Disease.
J Pediatric Orthop B 8:161-164.

Iagnocco A, Filippucci E, Meenagh G, Delle Sedie A, Riente L, Bombardieri S, Grassi W, Valesini G (2006)
Ultrasound imaging for the rheumatologist III. Ultrasonography of the hip.
Clin Exp Rheumatol 24:229-232.

Imo AOC, Nwadinigwe CU (2006)
Ultrasonography in Orthopaedic Practice-A Review.
Nigerian Journal of Orthopaedics And Trauma 5(2):21-25.

Ismail AM, Macnicol MF (1998)
Prognosis in Perthes' disease. A comparison of radiological predictors.
J Bone Joint Surg 1998;80-B:310-314.

Jaramillo D, Kasser JR, Villegas-Medina OL, Gaary E, Zurakowski D (1995)
Cartilaginous Abnormalities and Growth Disturbances in Legg-Calvé-Perthes Disease: Evaluation with MR Imaging.
Radiology 197 (3):767-773.

Kamegaya M, Saisu T, Ochiai n, Hisamitsu J, Moriya H (2004)
A paired study of Perthes' disease comparing conservative and surgical treatment.
J Bone Joint Surg (Br) 86-B:1176-1181.

Kaniklides C (1996)
Diagnostic radiology in Legg-Calvé-Perthes disease.
Acta Radiol Suppl 406:1-28.

Kaniklides C Lönnerholm T Moberg A Sahlstedt B (1995)
Comparison of conventional radiography, MR imaging, bone scintigraphy and arthrography.
Acta Radiol 36:434-439.

Kayser R, Franke J, Mahlfeld K (2003)

Wert der Sonographie bei Morbus Legg-Cavé-Perthes.

Praxis Band 92 24:1123-1127.

Kealey WD, Mayne EE, McDonald W, Murray P, Cosgrove AP (2000)

The role of coagulation abnormalities in the development of Perthes' disease.

J Bone Joint Surg Br 82:744-746.

Konermann W, Gruber G, Gaa J (2000)

Standardisierte sonographische Untersuchung des Hüftgelenkes.

Ultraschall Med 21:137-141.

Kramer J, Hofmann S, Scheurecker A, Tschauer C (2002)

Morbus Perthes.

Radiologe 2002 42:432-439.

Krauspe R Raab P (1997)

Morbus Perthes.

Orthopäde 26:289-302.

Lauen J, Hofem R (2006)

Die Sonografie im Kindesalter.

Orthopäde 35:596-599.

Mata SG, Aicua EA, Ovejero AH, Grande MM (2000)

Legg-Calvé-Perthes Disease and Passive Smoking.

J Pediatr Orthop 20:326-330.

Meiss AL (2001)

MRT zur Diagnostik des Containment-Verlustes beim Morbus Perthes.

Med Orth Tech 121:47-54.

Meurer A, Böhm B, Decking J, Heine J (2005)

Analysis of acetabular changes in Morbus Perthes disease with radiomorphometry.

Z Orthop Ihre Grenzgeb 143(1):100-105.

Moberg A, Hansson G, Kaniklides C (2000)

Acetabulum-Head Index Measured on Arthrograms in Children with Legg-Calvé-Perthes Disease.

J Pediatr Orthop B 9:252-256.

Moens P, Fabry G (2003)

Legg-Calvé-Perthes Disease: One Century Later.

Acta Orthop Belg 69:97-103.

Naumann Th, Kollmannsberger A, Fischer M, Puhl W (1992)

Ultrasonographic evaluation of Legg-Calvé-Perthes disease based on sonoanatomic criteria and the application of new measuring techniques.

Eur J Radiol 15:101-106.

Niethard FU (1997)

Perthes-Erkrankung.

In: Niethard FU, Pfeil J unter Mitarbeit von Carsten C Kinderorthopädie Thieme, Stuttgart S.109-120.

Ömeroglu H, Özcelik A, Inan U, Seber S (2006)

Assessment of the correlation between commonly used radiographic parameters in normal, subluxated and dislocated hips.

J Pediatr Orthop B 15:172-177.

Orban HB, Adam R (2007)

Legg-Calvé-Perthes disease.

Maedica 2(2):41-49.

Pouletaut P, Claude I, Winzenrieth R, Ho Ba Tho MC, Sebag G (2005)

Automated analysis of MR image of hip: geometrical evaluation of the Legg-Calvé-Perthes disease.

Med Eng Phys 27:415-424.

Roposch A, Mayr J, Linhart WE (2003)

Age at onset, extent of necrosis and containment in Perthes disease Results at maturity.
Arch Orthop Trauma Surg 123:68-73.

Rosenfeld SB, Herring JA, John CC (2007)

Legg-Calvé-Perthes Disease: A Review of Cases with Onset Before Six Years of Age.
J Bone Joint Surg Am 89:2712-2722.

Rühmann O, Lazovic D, Wirth CJ, Gossé F, Franke J (1997)

Morbus Perthes - Ergebnisse eines am Containment orientierten Therapiekonzeptes.
Z Orthop 135:242-251.

Sales de Gauzy J, Kerdiles N, Baunin C, Kany J, Darodes P, Cahuzac JP (1997)

Imaging Evaluation of Subluxation in Legg-Calvé-Perthes Disease: Magnetic Resonance Imaging Compared with the Plain Radiograph.
Journal Pediatr Orthop B 6:235-238.

Schittich I (2001)

MRT für die Diagnose und Behandlung des Morbus Perthes und der Epiphyseolysis capitis femoris.
Orthopäde 30:519-527.

Schmitz A, Pförtner J, Protzel A, Harbrecht U (2001)

Häufigkeit der thrombophilen Faktor-V-Leiden- und Prothrombin-G20210A-Mutation bei Morbus Perthes - Eine Pilotstudie.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 139:143-146.

Schueller-Weidekamm C (2009)

Sonografie des Bewegungsapparates.
Radiologie up2date 9(1):15-31.

Schulitz KP, Dustmann HO (1998)

Morbus Perthes.
2. Aufl., Springer, Berlin Heidelberg New York S.7-16.

Senst S (2007)

Morbus Perthes.

Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2:225-242.

Skaggs DL, Vernon TT (1996)

Legg-Calvé-Perthes Disease.

J Am Acad Orthop Surg 4:9-16.

Stricker SJ, Barone SR (2001)

Tips about Hips in Children.

Int Pediatr 16(4):196-205.

Stücker MH, Buthmann J, Meiss AL (2005)

Die Containment Diagnostik beim M. Perthes – Ein Vergleich von Ultraschall und Magnetresonanztomografie.

Ultraschall Med 26:406-410.

Stücker MH, Habermann C, Bubenheim M, Meis M, Rüter W (2008)

Wertigkeit der Ultraschalluntersuchung in der Containmentdiagnostik des M. Perthes im Vergleich zur Magnetresonanztomografie.

Ultraschall Med 29:245-249.

Stulberg SD, Cooperman DR, Wallensten R (1981)

The natural history of Legg-Calvé-Perthes disease.

J Bone Joint Surg Am 63(7):1095-1108.

Suda R, Petje G, Radler Ch, Ganger R, Grill F (2007)

Osteonekrotische Erkrankungen in der Pädiatrie.

J Miner Stoffwechs 14(1):24-31.

Tegnander A, Terjesen T (1995)

Ultrasound measurements in hips of children above 2 years of age: Normal variations in 232 hips.

Acta Orthop Scand 66(3):229-233.

Terjesen T (1993)

Ultrasonography in the Primary Evaluation of Patients with Perthes Disease.
J Pediatr Orthop 13:437-443.

Thompson GH, Price CT, Roy D, Meehan PL, Richards BS (2002)

Legg-Calvé-Perthes Disease: Current Concepts.
Instr Course Lect 51:367-384.

Tönnis D (1976)

Normal Values of the Hip Joint for the Evaluation of X-rays in Children and Adults.
Clin Orthop 119:39-47.

Tschauner Ch (1997)

Die Hüfte – Diagnostik und Therapie großer Gelenke.
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart S.170-184.

van den Bogaert G, de Rosa E, Moens P, Fabry G, Dimeglio A (1999)

Bilateral Legg-Calvé-Perthes Disease: Different from Unilateral Disease.
J Pediatr Orthop B 8(3):165-168.

Wada I, Horiuchi O, Wakabayashi K, Otsuka T (2008)

Bone disease with pain. Legg-Calvé-Perthes' disease (LCPD).
Clin Calcium 18(2):239-248.

Waldenström H (1938)

The First Stages Of Coxa Plana.
J Bone Joint Surg Am. 20:559-566.

Wall EJ (1999)

Legg-Calvé-Perthes' disease.
Curr opin pediatr 11:76-79.

Weinstein SL (2000)

Long-Term Follow-up of Pediatric Orthopaedic Conditions.
J Bone Joint Surg Am 82-A:980-990.

Weishaupt D, Exner GU, Hilfiker PR, Hodler J (2000)

Dynamic IR Imaging of the Hip in Legg-Calvé-Perthes Disease: Comparison with Arthrography.

Am J Roentgenol 174:1635-1637.

Wiig O, Terjesen T, Svenningsen S (2008)

Prognostic factors and outcome in Perthes' disease: a prospective study of 368 patients with five-year follow-up.

J Bone Joint Surg Br 90(10):1364-1371.

Wild A, Westhoff B, Raab P, Krauspe R (2003)

Nonoperative treatment in Legg-Calvé-Perthes disease.

Orthopäde 32(2):139-145.

Wirth CJ (2001)

Praxis der Orthopädie II.

Thieme Verlag Stuttgart, New York S.454-460.

Wirth T, LeQuesne GW, Paterson DC (1993)

Ultrasonography in Perthes' Disease – Clinical relevance and influence on treatment.

Int Orthop 17:300-304.

Yrönen T (1992)

Prognosis in Perthes' disease after noncontainment treatment: 106 hips followed for 28-47 years.

Acta Orthop Scand 63:301-307.

8 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. W. Rüther für die Überlassung des Themas und seine konstruktive Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Herrn Dr. med. Markus Stücker danke ich für die freundlich intensive und jederzeit umfassende Betreuung, die fortwährende Motivation und das stetige Aufzeigen von neuen Wegen und Lösungen. Außerordentlich beeindruckend ist Dr. Stückers Enthusiasmus, Ideenreichtum und unbändige Motivation für das Thema M. Perthes.

Ferner möchte ich mich bei meinen Freunden Herrn Gerald Schlinke für das wiederholte Korrekturlesen und Herrn Oliver Berlau für die Beratung in Sachen Textverarbeitung bedanken.

Abschließend bedanke ich mich gern für die Unterstützung dieser Arbeit durch den Verein zur Förderung der Erforschung und Bekämpfung rheumatischer Erkrankungen Bad Bramstedt e. V.!

9 Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Martin Gerd Schulz
Geburtsdatum: 28.06.1971
Geburtsort: Pinneberg

Schulbildung

1977-1981 Grundschole: Hans-Claussen-Schole, Pinneberg
1981-1990 Gymnasium: Johannes-Brahms-Schole,
Pinneberg
1990 Abitur

Ausbildung/Beruf

10/1991 Beginn des Studiums der Humanmedizin
an der Universität Hamburg
08/1993 Ärztliche Vorprüfung
03/1995 1. Staatsexamen
03/1997 2. Staatsexamen
04/1997-03/1998 Praktisches Jahr
Chirurgie: UKE, Hamburg
Anästhesie: AK Harburg, Hamburg
Innere: AK Wandsbek, Hamburg
05/1998 3. Staatsexamen und Teilapprobation
09/1998-02/2000 AiP am Klinikum Itzehoe, Klinik für Allgemein-,
Gefäß- und Thoraxchirurgie
03/ 2000 Approbation
Seit 04/2000 Assistenzarzt am Klinikum Itzehoe, Klinik für
Allgemein-, Gefäß- und Viszeralchirurgie
10/2005 Anerkennung als Facharzt für Chirurgie
10/2010 Anerkennung Schwerpunkt Gefäßchirurgie

10 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe, und dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Martin Schulz