

**Der Morbus Perthes – eine MRT-basierte Studie
zur frühprognostischen Analyse der Risikoparameter**

**Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades**

doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**von Julia Langenberg
geboren am 20.10.1983 in Gera**

Gutachter:

- 1. Prof. Dr. R. Venbrocks, Eisenberg/Jena**
- 2. PD Dr. U. Irlenbusch, Jena**
- 3. Prof. Dr. K.-P. Günther, Dresden**

Tag der öffentlichen Verteidigung: 02.02.2010

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	Anterior-posteriorer Strahlengang
Abb.	Abbildung
AT-Distanz	Artikulo-trochantäre Distanz
Behandl.	Behandlung
Beteilig.	Beteiligung
CCD-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
CI	Konfidenzintervall
Df	Differenz
df	Statistischer Freiheitsgrad
Epi.	Epiphyse
Ergeb.	Ergebnis
Extr.	Extrusion
Fem.	Femur
Idx.	Index
Lat.	Lateralisation
Lat. Säule	Laterale Säule
Lat. Verkalk.	Laterale Verkalkung
M.	Morbus
mDf	Mittlere Differenz
MRT	Magnetresonanztomographie
Mw	Mittelwert
N	Anzahl
Op	Operation
p-Wert	Statistische Überschreitungswahrscheinlichkeit
Rö	Röntgen
SD	Standardabweichung
SF	Standardfehler
Sg	Signifikanz
SH	Schenkelhals
Subch. Fraktur	Subchondrale Fraktur
Summat. Bereiche	Summatorische Bereiche
T1	Longitudinalrelaxationszeit
T2	Querrelaxationszeit
Tab.	Tabelle
V	Varianzen

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	I
INHALTSVERZEICHNIS	II
1 ZUSAMMENFASSUNG	1
2 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	3
2.1 Allgemeines	4
2.1.1 Definition	4
2.1.2 Historischer Überblick	4
2.1.3 Epidemiologie, Geschlechts- und Altersverteilung	4
2.1.4 Ätiologie	5
2.1.5 Pathogenese	6
2.1.6 Allgemeine Risikofaktoren	8
2.2 Diagnostik	8
2.2.1 Anamnese und Klinik	9
2.2.2 Röntgenologische Diagnostik	9
2.2.2.1 Stadieneinteilung nach diagnostischen Gesichtspunkten	9
2.2.2.2 Stadieneinteilung nach therapeutisch-prognostischen Gesichtspunkten	12
2.2.2.3 Radiologische Risikofaktoren	16
2.2.3 MRT Diagnostik	17
2.2.4 Weitere Diagnostik	20
2.3 Differentialdiagnosen	21
2.4 Therapie	22
2.5 Prognose	24

3 MATERIAL UND METHODEN	26
3.1 Allgemeines	26
3.2 Patientenaktenstudie	27
3.2.1 <i>Geschlechtsverteilung der Patienten</i>	27
3.2.2 <i>Befall der Hüfte</i>	27
3.2.3 <i>Behandlungsvorgehen</i>	27
3.2.4 <i>Altersverteilung der Patienten</i>	27
3.3 Beurteilung der bildgebenden Verfahren	28
3.3.1 Analyse der präoperativen Röntgen- und MRT-Bilder	28
3.3.1.1 <i>Morphometrische Faktoren</i>	28
3.3.1.2 <i>Deskriptive Faktoren</i>	31
3.3.2 Analyse der postoperativen Röntgenbilder	34
3.3.2.1 <i>Morphometrische Faktoren</i>	34
3.3.2.2 <i>Deskriptive Faktoren</i>	37
4 ERGEBNISSE	38
4.1 Ergebnisse der Patientenaktenstudie	38
4.1.1 <i>Geschlechtsverteilung der Patienten</i>	38
4.1.2 <i>Befall der Hüfte</i>	39
4.1.3 <i>Behandlungsvorgehen</i>	39
4.1.4 <i>Altersverteilung der Patienten</i>	40
4.2 Ergebnisse der bildgebenden Verfahren	41
4.2.1 Ergebnisse der präoperativen Röntgenbilder	41
4.2.2 Ergebnisse der magnetresonanztomographischen Bilder	46
4.2.3 Ergebnisse der postoperativen Röntgenbilder	54
4.3 Risikoparameteranalyse	58
4.3.1 Allgemeine Faktoren	58
4.3.1.1 <i>Geschlecht</i>	58
4.3.1.2 <i>Befall der Hüfte</i>	59
4.3.1.3 <i>Behandlungsvorgehen</i>	60
4.3.1.4 <i>Alter</i>	60

4.3.2 Morphometrische Faktoren	61
4.3.2.1 <i>Lateralisation Epiphyse und Lateralisation Femur</i>	61
4.3.2.2 <i>Extrusion</i>	62
4.3.2.3 <i>Laterale Säule</i>	64
4.3.2.4 <i>Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel</i>	64
4.3.2.5 <i>Labrumwinkel</i>	65
4.3.3 Deskriptive Faktoren	66
4.3.3.1 <i>Laterale Verkalkung</i>	66
4.3.3.2 <i>Gage Zeichen</i>	67
4.3.3.3 <i>Metaphysäre Beteiligung und Ort des Metaphysenbefalls</i>	68
4.3.3.4 <i>Subchondrale Frakturlinie</i>	72
4.3.3.5 <i>Nekrosesektoren</i>	73
4.3.3.6 <i>Größe der Nekrose</i>	76
4.3.3.7 <i>Horizontaler Nekrosebefall</i>	76
5 DISKUSSION	77
5.1 Patientenaktenstudie	77
5.2 Ergebnisanalyse	78
5.2.1 <i>Ergebnisse der postoperativen Bilder</i>	79
5.2.2 <i>Ergebnisse der Risikofaktorenanalyse</i>	80
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN	92
7 LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	
ABBILDUNGS-, DIAGRAMM- UND TABELLENVERZEICHNIS	93
8 ANHANG	104

1 Zusammenfassung

Hintergrund: Der Morbus Perthes stellt eine bedeutende aseptische Osteochondronekrose der Femurkopfpiphysen im Wachstumsalter dar. Der Krankheitsprozess kann in einer Restitutio ad integrum, aber auch in einer schweren Deformierung des Hüftkopfes enden, bis hin zur Entwicklung einer sekundären Arthrose. In den letzten Jahren wurden verschiedene klinische, als auch radiologische Faktoren untersucht, die als prognostische Parameter herangezogen werden sollten, den individuellen Krankheitsverlauf vorherzusagen, um möglichst zum optimalen Zeitpunkt die richtige Therapieentscheidung treffen zu können. Die Meinungen über die prognostische Wertigkeit der Faktoren sind jedoch oftmals uneinheitlich. Überdies fand die magnetresonanztomographische Betrachtung der Erkrankung noch wenig Aufmerksamkeit.

Ziele: Da insbesondere die frühe Diagnose und Therapieentscheidung einen wesentlichen Einfluss auf das Endergebnis haben, versuchten wir mit einer frühprognostischen Analyse der Risikoparameter, im Speziellen anhand von MRT-Untersuchungen, verlässliche Kriterien zu finden, an denen sich Behandler orientieren können, um in den initialen Stadien der Erkrankung Prognoseeinschätzungen abgeben zu können und letztendlich mögliche Spätfolgen zu vermeiden. Zudem soll gezeigt werden, welches radiologische Verfahren zur Beurteilung der jeweiligen relevanten Faktoren geeigneter ist. Im Besonderen soll verdeutlicht werden, dass die MRT-Analyse als eine wesentliche Methode in dem prognostischen Begutachtungsverfahren eingesetzt werden kann.

Methoden: In dieser Studie wurden 123 Patienten, die in den Jahren 1994-2005 aufgrund eines Morbus Perthes im Waldkrankenhaus „Rudolf Elle“ GmbH Eisenberg behandelt wurden, anhand von Patientenakten, präoperative Röntgen- und MRT-Bildern auf mögliche relevante Risikofaktoren hin analysiert. Demgegenüber wurden eine Gruppe mit der Diagnose Coxitis fugax (14 Patienten) und eine gesunde Gruppe (33 Werte) zum Vergleich gestellt. Zur Endergebniseinschätzung standen, im Schnitt nach 2 Jahren angefertigte, postoperative Röntgenbilder zur Verfügung. Die 149 Endergebnisse wurden über statistische Analysen auf eine mögliche signifikante Abhängigkeit von verschiedenen Risikofaktoren untersucht. Zu der Risikoparameteranalyse stellten wir allgemeine, morphometrisch auszumessende sowie deskriptiv zu beurteilende Faktoren im Röntgen- und MRT-Bild auf, deren prognostische Wertigkeit, orientierend am niedrigsten p-Wert, eruiert wurde.

Ergebnisse: Für die allgemeinen Faktoren sind das weibliche Geschlecht, sowie ein Alter über 6 Jahre als prognostisch ungünstige Zeichen statistisch signifikant nachzuweisen, was

hingegen für die bilateral auftretende Erkrankung nicht der Fall war. Überdies sollte bei den Behandlungsmöglichkeiten operativen Verfahren der Vorzug gegeben werden.

Für die morphometrischen Faktoren sollte die Begutachtung des Risikofaktors „Lateralisation“ in der Röntgenanalyse erfolgen, mit dem statistisch ermittelten Grenzwert für die Lateralisation Femur von 11 mm. Weiterhin kann in der röntgenologischen Ausmessung eine verminderte Höhe der lateralen Säule mit dem statistisch festgestellten Grenzwert von 8,5 mm als Risikofaktor berücksichtigt werden. Bei der Extrusionsbetrachtung kommt hingegen die MRT-Analyse zur Anwendung, mit einem eruierten Extrusionsindex von über 0,32 als Risikozeichen. Auch ein Labrumwinkel größer als die statistisch berechnete Grenze von 55 ° wird als solches Zeichen beachtet. In der Betrachtung der deskriptiven Faktoren erwies sich die laterale Verkalkung als Risikozeichen, wobei kein Unterschied in der radiologischen Verfahrenswahl besteht. Ebenso zeigte sich die metaphysäre Beteiligung im Röntgen und MRT als Risikopunkt. Der Ort sollte allerdings im MRT, im Speziellen der laterale Befall und der gesamte Befall der Metaphyse im Hinblick auf ein schlechtes Outcome, evaluiert werden. In gleicher Weise kann die subchondrale Fraktur (Salter B) im MRT analysiert werden. Keine Abhängigkeit des Endergebnisses ließ sich bei den Faktoren der Horizontalisierung der Wachstumsfuge und des Gage Zeichens dokumentieren. Bei der magnetresonanztomographischen Nekrosebetrachtung korreliert in erster Linie ein hohes Ausmaß der Nekrosegröße mit einem schlechten Endergebnis, ebenso die Nekroselokalisation lateral, kappenförmig, metaphysennah sowie ventral und dorsal.

Schlussfolgerungen: Die individuelle Betrachtung des Kindes im Hinblick auf Geschlecht und Alter, die röntgenologischen Ausmessungen der Lateralisation und Höhe der lateralen Säule und insbesondere die magnetresonanztomographischen Faktoren der Extrusions- und Labrumwinkelbestimmung, laterale Verkalkung, metaphysäre Beteiligung, subchondrale Fraktur- sowie Nekrosebetrachtung sehen wir als die wichtigsten Begutachtungspunkte an, die möglichst in den frühen Stadien der Erkrankung zur Anwendung kommen sollten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten Trends in der Begutachtung von Risikofaktoren zur Möglichkeit einer prognostischen Aussage aufzeigen. Sie bieten zudem neue Ansatzpunkte für weitere Forschungsmöglichkeiten, unter anderem die nähere Betrachtung der Orte der epiphysären und metaphysären Nekrose im Hinblick auf den Verlauf der Erkrankung. Wir konnten darstellen, dass das MRT als ein unverzichtbares Standardverfahren in der Frühdiagnostik, Verlaufsbeurteilung, Risikofaktoren- und damit Prognoseeinschätzung eingesetzt werden kann.

2 Einleitung und Zielsetzung

Der Morbus Perthes ist ein vielfältig diskutiertes und beschriebenes Krankheitsbild der idiopathischen Hüftkopfnekrose im Kindesalter (Schulitz und Dustmann 1998).

Die ursächlich unbekannte Durchblutungsstörung der proximalen Femurepiphyse führt in einem natürlich ablaufenden Prozess zu einer Wachstumsstörung des Hüftkopfes (Niethard 1997) und resultiert in einem häufig pathologischen Wiederaufbau. Sie muss damit als eine präarthrotische Deformität angesehen werden.

Zur Einschätzung der Schwere des individuellen Krankheitsverlaufes wurden in den letzten Jahren vielfältige, vor allem radiologische und klinische Risikofaktoren beschrieben. Diese prognostischen Faktoren sollen versuchen, den Verlauf vorherzusagen und die Therapieentscheidung zu beeinflussen. Die MRT-Analyse fand in diesem Zusammenhang noch wenig Aufmerksamkeit.

Da besonders die frühe Diagnose und daraus folgende Therapieentscheidung einen wesentlichen Einfluss auf das Endergebnis haben, führten wir im Rahmen einer MRT-basierten Studie eine frühprognostische Analyse der Risikoparameter durch.

„Denn nur anhand verlässlicher klinischer und radiologischer Kriterien kann eine adäquate Therapie zum richtigen Zeitpunkt eingeleitet werden und damit Komplikationen während des Verlaufes und eine Defektheilung im Endstadium der Erkrankung vermieden werden“ (Hartmann 2006).

In dieser Studie wurden 123 Patienten, die in den Jahren 1994-2005 aufgrund eines Morbus Perthes im Waldkrankenhaus „Rudolf Elle“ GmbH Eisenberg behandelt wurden, anhand von Röntgen- und MRT-Untersuchungen analysiert. Demgegenüber wurden eine Gruppe mit der Diagnose Coxitis fugax (14 Patienten) und eine gesunde Gruppe (33 Werte) zum Vergleich gestellt.

Ziel dieser Arbeit war es, Risikoparameter aufzuzeigen, an denen Behandler sich bei der Prognoseaussage orientieren können, zudem darzustellen, dass die MRT-Untersuchung als ein unverzichtbares Standardverfahren zur Frühdiagnostik, Therapieentscheidung und Prognoseeinschätzung eingesetzt werden sollte.

Wir wollten darstellen, dass im Zentrum der modernen Perthes-Diagnostik das MRT als wesentliche Methode mit eingesetzt werden sollte.

2.1 Allgemeines

2.1.1 Definition

Der Morbus Perthes zählt zu den häufigsten aseptischen Osteochondronekrosen im Wachstumsalter mit Lokalisation in der Femurkopfeiphyse.

Trotz zahlreicher Untersuchungen und Veröffentlichungen ist die Ursache noch immer unklar, der pathomorphogenetische Ablauf hingegen kann gut dargestellt werden und läuft in bestimmten Phasen ab. Das Risiko im Verlauf der Erkrankung besteht in der Entwicklung einer Deformität und Inkongruenz des Hüftgelenks und kann mit dem Auftreten einer sekundären Arthrose einhergehen. Das Ziel ist die Vermeidung von präarthrotischen Deformitäten. Die Auffassungen, wie dieses Ziel zu erreichen ist, gehen weit auseinander und umfassen ein Spektrum von konservativen und operativen Möglichkeiten.

2.1.2 Historischer Überblick

Schon vor über 100 Jahren wurden bis dahin unbekannte Deformierungen des Hüftgelenkes beschrieben, die einer idiopathischen Hüftkopfnekrose entsprechen könnten (Niethard 1997). Erst mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen 1895 konnte die Erkrankung besser beschrieben werden. Voneinander unabhängig berichteten um 1910 Henning Waldenström, Arthur Thornton Legg, Jacques Calvé und Georg Clemens Perthes über ein ursächlich unklares eigenständiges Krankheitsbild. Es wurden Hypothesen über posttraumatische, aber auch postinfektiöse Ursachen, wie die damals häufige tuberkulöse Coxitis, erstellt. Die Krankheit wurde zudem schon als präarthrotische Deformität dargestellt. Von den verschiedenen Auffassungen hinsichtlich der Genese und dem vielfältigen Interesse verschiedener Wissenschaftler an dieser rätselhaften Erkrankung zeugen heute die zahlreichen Synonyme und Namensväter wie Pseudocoxalgie (Calvé 1910), Osteochondritis deformans juvenilis (Perthes 1910), Morbus Legg-Calvé-Perthes oder juvenile Hüftkopfnekrose.

2.1.3 Epidemiologie, Geschlechts- und Altersverteilung

In der Literatur wird die Inzidenz des Morbus Perthes mit 1:2000 bis 1:20000 angegeben (Schulitz und Dustmann 1998), wobei die Erkrankung vorwiegend in der weißen Bevölkerung auftritt, bei schwarzen Kindern ist sie fast unbekannt (Niethard 1997).

Die Altersverteilung liegt im Wesentlichen zwischen 3 und 12 Jahren, eine Häufung zeigt sich im 5. und 6. Lebensjahr (Krauspe und Raab 1997).

Es besteht eine deutliche Androtropie mit einem Verhältnis Jungen zu Mädchen von 4:1 (Niethard 1997). Meist liegt ein einseitiger Befall vor, wobei beide Hüftgelenke gleich häufig betroffen sind. Doppelseitig findet man den M. Perthes in 5-18 % der Fälle (Schulitz und Dustmann 1998).

2.1.4 Ätiologie

Die Ätiologie wird in verschiedenen Theorien diskutiert. In erster Linie wird sie, wie auch bei anderen idiopathischen Nekrosen, in einer Störung der vaskulären Versorgung gesehen.

„Im Perthes-spezifischen Alter ist die Hüfte besonders anfällig für Durchblutungsstörungen, da sich die versorgenden Kopf-Hals-Gefäße in diesem Lebensabschnitt reduzieren“ (Schulitz und Dustmann 1998), zudem die Durchblutung der Femurkopfepiphyse wegen der intraartikulär am oberen Schenkelhalsrand verlaufenden Blutgefäße primär kritisch ist (Niethard 1997) (siehe Abb. 1).

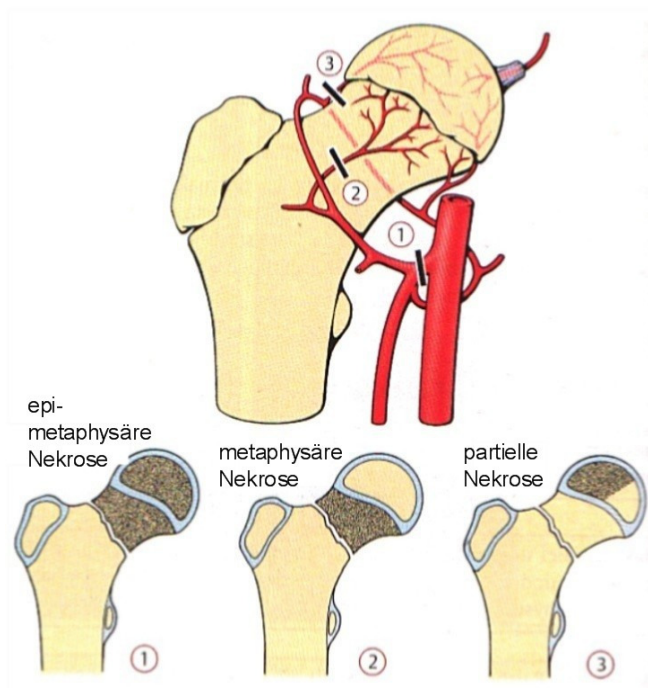


Abb. 1 Durchblutung des kindlichen Hüftkopfes

Batory (1982) ging von einer latenten ischämischen Phase aus, in welcher der M. Perthes ausgelöst werden könnte, beruhend auf einer primär hypoplastischen Gefäßanlage.

Weitere Ursachen für Vaskularisationsstörungen werden im erhöhten intraartikulären Druck infolge Synovitis oder traumatischer Ereignisse mit Hämatombildung gesehen, aber auch die Möglichkeit eines erhöhten intraossären Druckes durch venöse Abflussbehinderung wird angegeben. Nach Niethard (1997) können Stauchungen mit Mikrofrakturen zum Einbruch des fragilen Spongiosagerüsts führen. Eine weitere Rolle soll die Skelettretardierung spielen,

wobei bei fast allen an Morbus Perthes erkrankten Kindern eine Retardierung der Skelettentwicklung vorliegt (Niethard 1997). Da der Morbus Perthes gelegentlich familiär auftritt (Schulitz und Dustmann 1998), zudem eine Androtropie vorliegt, kann zudem an eine Beteiligung genetischer Faktoren gedacht werden. Bei Hall (1986) zeigen sich Befunde, die mit einem multifaktoriellen Vererbungsmodell einhergehen.

Eine eindeutige Ursache konnte trotz vielfältiger Veröffentlichungen und Untersuchungen noch keiner der Autoren anführen und beweisen. Demnach ist durchaus eine multifaktorielle Genese in Betracht zu ziehen.

2.1.5 Pathogenese

Der eigengesetzliche Nekroseverlauf und die darauf folgenden Anpassungs- und Wachstumsvorgänge können in verschiedene Stadien eingeteilt werden. Bestimmend sind vor allem 3 Faktoren (Niethard 1997). Zum Ersten die epiphysäre Durchblutungsstörung, im Verlauf die Störung des Wachstums teils mit Abbau des Hüftkopfes und die folgenden Reparationsvorgänge mit Revaskularisation und Reossifikation (siehe Abb. 2):

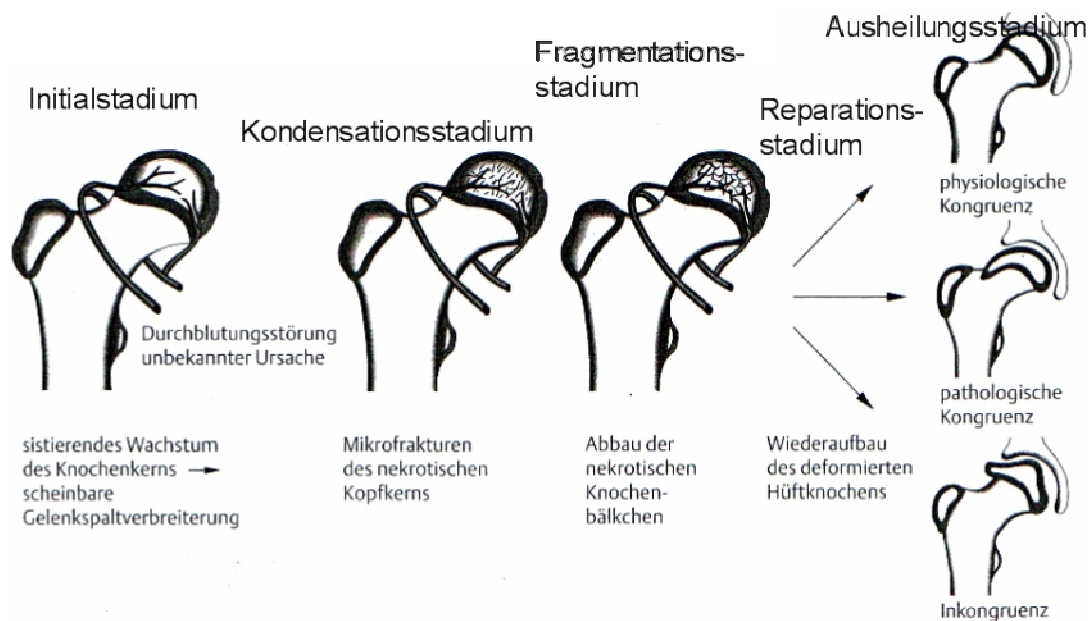


Abb. 2 Pathomorphologischer Befund

Im so genannten *Initialstadium* kommt es durch den Verlust der Blutversorgung zum Knochenmarködem und schließlich zum Absterben von Fett- und Knochenzellen im Epiphysenkern des Femurkopfes (Kramer et al. 2002). Die enchondrale Ossifikation sistiert, wohingegen der Gelenkknorpel, aufgrund der Versorgung per diffusionem über die Synovialflüssigkeit, zum Teil überschießend weiter wachsen kann.

Die Folge ist ein Zentrierungsverlust mit mehr oder minder ausgeprägter lateraler Subluxation des Femurkopfes. Die abnehmende Zirkulation führt zu nekrotischen und zusammengesinterten Knochenbälkchen. Die Umbauung dieser Knochen trabekel durch neues Knochengewebe (Anlagerung von Faserknochen) im *Kondensationsstadium* führt zu einer Verdichtung der Knochenstruktur. Die Tragfähigkeit der Epiphyse ist, solange das nekrotische Spongiosagerüst noch nicht durch „creeping substitution“ ersetzt wird, unbeeinträchtigt (Niethard 1997).

Im Rahmen des folgenden *Fragmentationsstadiums* wird die Knochenfestigkeit vermindert, da durch Frakturen und fortschreitender Resorption der Knochen trabekel, Defekte im Gerüst des Epiphysenkerns entstehen und die biomechanische Belastbarkeit abnimmt. Zu diesem Zeitpunkt besteht die Gefahr einer verstärkten Verformbarkeit der Epiphyse (Kramer et al. 2002).

Neuer vitaler Knochen ersetzt im *Reparationsstadium* nekrotische Knochenareale, wobei die biologische Plastizität des Hüftkopfes bis zum Ende der Reparatur der Bälkchen anhalten kann.

In Abhängigkeit von den auf den Hüftkopf einwirkenden Kräften kann es zu Deformierungen der Epiphysenkontur kommen (Kramer et al. 2002), zum Einbruch der Gelenkfläche (subchondrale Fraktur) oder zur Lateralisation und Subluxation.

Dies kann im Rahmen des abschließenden *Ausheilungsstadiums* zu einer Inkongruenz der Gelenkflächen führen und zum so genannten Anstoßen des lateralen Kopfbereiches am Pfannenerker, dem „hinge abduction“-Phänomen (Niethard 1997) (siehe Abb. 3):

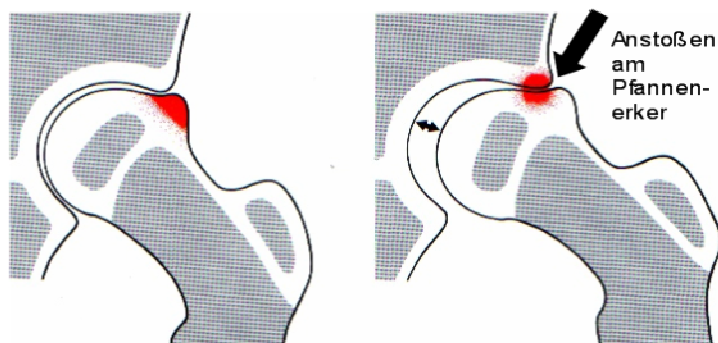


Abb. 3 „hinge abduction“-Phänomen

Im ausgeprägtesten Fall entsteht durch Verlagerung des Rotationsmittelpunktes ein Scharniergelenk mit typischer Pilzform des Hüftkopfes.

Eine weitere Deformierung ist im Bereich des Trochanter major möglich. Sein ungestörtes Wachstum kann zu einem Trochanterhochstand mit Coxa vara (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel unter 120 °) führen.

Eine Miteinbeziehung der Metaphyse kann zusätzlich zu einer Deformierung mit verkürztem und verplumptem Schenkelhals und einem vorzeitigen Epiphysenfugenschluss führen.

Es sind aber auch blande Verläufe möglich, bei denen der Wiederaufbau des deformierten Hüftknochens in einer physiologischen Kongruenz endet. Der vollständige Wiederaufbau des Hüftkopfes und damit das Endstadium der Erkrankung können je nach Ausdehnung der Nekrose und Vorhandensein von Risikofaktoren (vgl. Kapitel 2.1.6; 2.2.2.2 und 2.2.2.3) nach wenigen Monaten bis zu 5 Jahren erreicht werden.

2.1.6 Allgemeine Risikofaktoren

Dies sind Bedingungen, die im Hinblick auf ihre Krankheitsförderung und damit Prognosebeeinflussung untersucht wurden.

Das *Lebensalter* zu Beginn der Erkrankung scheint eine wesentliche Rolle zu spielen, wobei die Altersgrenzen in der Literatur differieren. Zusammenfassend kann man sagen, dass ein Ersterkrankungsalter unter 5/6 Jahren eine deutlich bessere Prognose aufweist, vermutlich durch das größere Potential jüngerer Kinder jegliche Deformitäten im Verlauf der längeren Wachstumsphase noch auszugleichen.

Nach Catterall (1971) scheint die Prognose für das *weibliche Geschlecht* schlechter zu sein als für Knaben, in diesem Zusammenhang ist aber zu erwähnen, dass in den meisten Studien die Perthes-Patientinnen in der Unterzahl sind. Nach Schulitz und Dustmann (1998) ist die Erkrankung bei Mädchen wahrscheinlich schwerer und ihre Skelettretardierung nicht so ausgeprägt, so dass ihnen nur eine kurze Remodellingphase bleibt.

Die *Bewegungseinschränkung* (vgl. Kapitel 2.2.1) kann vor allem bei länger bestehenden Erkrankungen zu ausgeprägten strukturellen Kontrakturen führen, somit prognostisch bedeutend sein (Niethard 1997) und die Wahl der Therapie mitbestimmen.

Im Hinblick auf ein schlechteres Outcome bei *bilateralen Befall* gibt es noch uneinige Ergebnisse (Bogaert et al. 1999, Catterall 1971).

Weiterhin werden konstitutionelle Faktoren, insbesondere die *Adipositas* als Risikofaktor, gewertet.

2.2 Diagnostik

Die Diagnosestellung erfolgt klinisch und mit bildgebenden Verfahren, ist aber besonders in den Anfangsstadien schwierig und erfordert zum Teil weiterführende Diagnostik wie die Kernspintomographie zum Ausschluss anderer Hüfterkrankungen.

2.2.1 Anamnese und Klinik

In der *Anamnese* werden familiäre Häufung und Einzelheiten der Schwangerschaft eruiert, wie Lageanomalien, Geburtsgewicht und Geburtsreihenfolge (Wynne-Davies und Gormley 1978). Weiterhin sind das Alter des Kindes, seine bisherige Entwicklung im Hinblick auf die Skelettretardierung, Erkrankungen wie Hüftgelenksluxation und Traumen im Hüftbereich sowie andere Fehlbildungen zu erfragen (vgl. Kapitel 2.1.4).

Das *klinische Erscheinungsbild* ist besonders zu Beginn uncharakteristisch. Oftmals ist ein Schonhinken oder eine „Laufunlust“ den Eltern als erstes Symptom auffällig. Nach Niethard (1997) werden Schmerzen nur von 75 % der Kinder angegeben. Dieser Belastungs- oder bewegungsabhängige Hüftschmerz strahlt häufig in den Oberschenkel oder das Kniegelenk aus (Kramer et al. 2002).

Bei der klinischen Untersuchung äußert sich die Bewegungseinschränkung vorwiegend in einer Abduktions- und Rotationsbehinderung insbesondere bei der Innenrotation. Diese Funktionsbeeinträchtigung kann durch das positive „Vierer-“ oder „Patrick-Zeichen“ geprüft werden: Bei Beugung und Abspreizung des Hüftgelenks sowie gebeugtem Kniegelenk ergibt sich normalerweise die Konfiguration einer liegenden „Vier“, im pathologischen Befund ist eine ungenügende Abspreizung zu erkennen.

Im späteren Verlauf lassen sich Muskelatrophien oder -kontrakturen, ein positives Trendelenburg-Phänomen oder Beinverkürzungen beobachten, als Folge von Trochanterhochstand, Hüftkopfdeformierungen oder Schenkelhalsverkürzungen.

Aufgrund des in 10-20 % vorkommenden bilateralen Befalls ist die Untersuchung der Gegenseite obligatorisch.

2.2.2 Röntgenologische Diagnostik

Als Grundlage der bildgebenden Diagnostik, aber auch zur Klassifikation und zur Verlaufskontrolle, gelten auch heute noch die konventionelle Beckenübersichtsaufnahme (a.p.) und die axiale Aufnahme nach Lauenstein.

2.2.2.1 Stadieneinteilung nach diagnostischen Gesichtspunkten

„Der stadienhafte Verlauf dieser Erkrankung findet sein Äquivalent in der radiologisch erkennbaren Abfolge von Umbauprozessen“ (Blome 2006).

Die klassische Einteilung nach Waldenström (1922) ist die gebräuchlichste, fand aber auch schon zahlreiche Modifikationen. Sie schildert den Verlauf der Erkrankung in vier Stadien:

a. Initialstadium: Dieses ist röntgenologisch durch eine Gelenkspaltverbreiterung bzw. eine Lateralisation der Femurepiphyse gekennzeichnet (siehe Abb. 4).

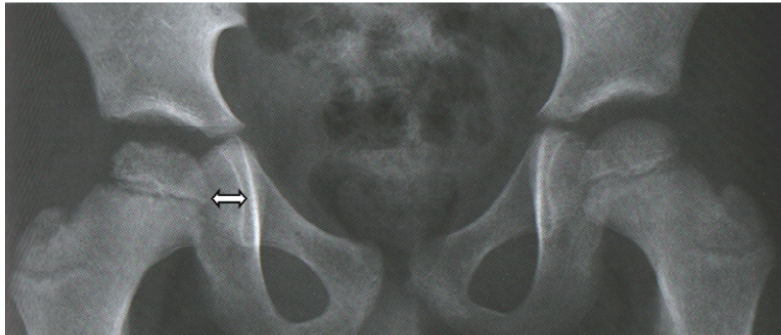


Abb. 4 Initialstadium rechts

Laut Wenger et al. (1991) und Schulitz und Dustmann (1998) ist dies auf eine Synovitis, die den Hüftkopf verdrängt, zurückzuführen. Weitere Theorien sind die Zunahme der Knorpeldicke, aufgrund der fortwährenden Ernährung über die Synovia und demnach einer vorgetäuschten Gelenkspaltverbreiterung aufgrund der Röntgendurchlässigkeit des Knorpels, sowie die Weichteilhypertrophie des Pfannenbodens. Die Epiphyse bleibt aufgrund der Vaskularisationsstörung im Wachstum zurück, erkennbar im Anfangsstadium an einer Verkleinerung und Abflachung der Hüftkopfeiphyse, damit auch ein Verlust der Sphärizität insbesondere durch ein mediales und laterales Abflachen (so genanntes Roof-Zeichen oder „Form eines Dachfirstes“) (Schulitz und Dustmann 1998). Nach Catterall (1971) kann ein Gage-Zeichen als osteoporotische Aussparung (liegendes „V“) an der lateralen Seite der Epiphyse sichtbar sein (vgl. Kapitel 3.3.1.2; d in Abb. 13). Der horizontale Abstand vom medialsten Punkt der Epiphyse und des Pfannengrundes, die so genannte Köhler-Tränenfigur (tear-drop-distance) kann verbreitert sein. Auf der Lauenstein-Aufnahme ist insbesondere die subchondrale Aufhellungslinie, also letztlich die subchondrale Fraktur, zu sehen, da diese Veränderung initial häufig im anterioren Epiphysensegment auftritt (Wörtler et al. 2003) (vgl. Kapitel 3.3.1.2; f in Abb. 13). Sie tritt nach Salter und Thompson (1984) in den ersten 4 Monaten der Erkrankung auf und ist über 2-9 Monate nachweisbar (vgl. Kapitel 2.2.2.2).

b. Kondensationsstadium: Hier wird eine Zunahme der Strahlendichte auffällig (siehe Abb. 5).

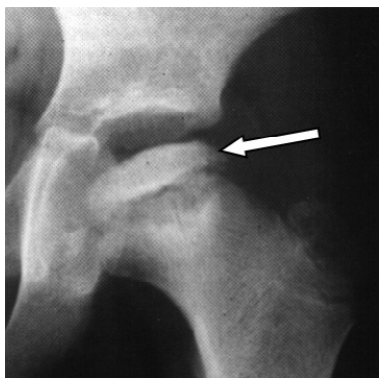


Abb. 5 Kondensationsstadium links

Diese Verdichtung der Knochenstrukturen entsteht durch die Umbauung der nekrotischen Trabekel mit neugebildeten Faserknochen (creeping substitution) ohne wesentliche Resorption (Niethard 1997). Das Stadium wird mit einer Dauer von 3-4 Wochen beschrieben.

c. Fragmentationsstadium: Es kommt zu Fissurbildungen und Ermüdungsfrakturen im Knochenkern im Rahmen der Umbauprozesse bzw. Resorption abgestorbener Knochenanteile (Kramer et al. 2002). Das Röntgenbild imponiert mit einer verkleinerten und fleckig aufgelockerten Epiphyse (siehe Abb. 6).

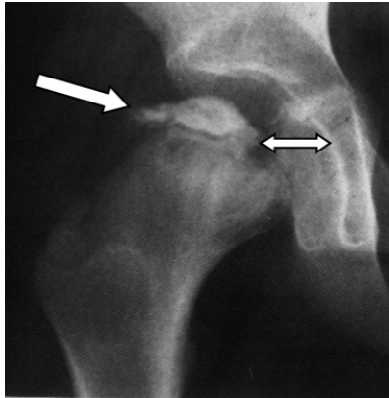


Abb. 6 Fragmentationsstadium rechts

Ein weiteres Merkmal ist das Vorliegen isolierter sklerotischer Fragmente im nekrotischen Anteil. Die Dezentrierung oder Subluxation ist erkennbar an einer Verminderung der Epiphysenüberdachung, wodurch der Pfannenerker auf den Hüftkopf drücken kann und es zu einer Deformierung mit sattelförmiger Einsenkung im anterolateralen Bereich der Epiphyse kommen kann. Außerdem kommt es später zu sehende walzenförmige, abgeplattete Aussehen durch die Verkalkung und den Anbau neuer Knocheninseln am lateralen Epiphysenkern zustande. Metaphysäre Strukturunregelmäßigkeiten werden teilweise beschrieben und gelten als Risikofaktoren (vgl. Kapitel 2.2.2.3). Durch die gestörte Blutversorgung kommt es auch zu Veränderungen an der Epiphysenfuge, was zu knöchernen Durchwachsungen und vorzeitigem Epiphysenschluss führen kann (Schulitz und Dustmann 1998). Dies hat auch Einfluss auf das Aussehen des Schenkelhalses, der allmählich plumper werden kann, vor allem durch appositionelles Wachstum. Die Dauer des Stadiums beträgt mehrere Wochen und Monate.

d. Reparations- bzw. e. Regenerationsstadium: In diesem Stadium kommt es zur zunehmenden konfluierenden Ossifikation der Epiphyse. Nekrotische Knochenfragmente werden durch vitales Knochengewebe ersetzt, es zeigt sich eine durchgehende Knochenbälkchenstruktur. Es erfolgt eine Remodellierung des Kopfes und der Pfanne bis die Hüfte im Endstadium ihre endgültige Form ausgebildet hat. Durch die hohe Variationsbreite des Erkrankungsverlaufes

kann sich eine Restitutio ad integrum mit physiologischer sphärischer Kongruenz ausbilden (siehe Abb. 7), aber auch eine pathologische asphärische Kongruenz oder gar asphärische Inkongruenz mit typischen Perthes-Deformierungen (siehe Abb. 8).



Abb. 7 Gutes Endstadium nach M. Perthes rechts

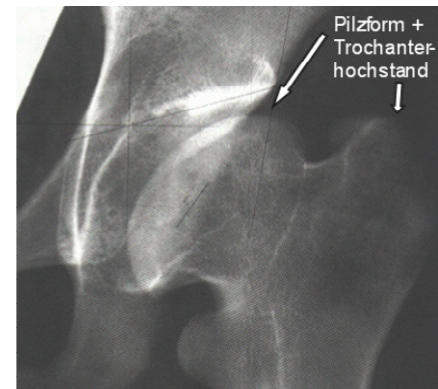


Abb. 8 Asphärische Inkongruenz

Die Deformierungen können unterschiedliche Formen annehmen und damit in verschiedenem Maße eine präarthrotische Deformität darstellen. Wichtig ist vor allem die Sphärizität des Hüftkopfes, die anhand der Mose-Skala gemessen werden kann (vgl. Kapitel 2.5 und 3.3.2.1, Abb. 21) und damit die Erkenntnis, ob eine Kongruenz des Gelenkes vorliegt.

In diesem Zusammenhang spielt auch die Subluxation eine große Rolle. Dadurch wird der Eintritt des Hüftkopfes in die Pfanne bei Abstreizung behindert und es kommt zum Anstoßen des lateralen Kopfbereiches am Pfannenerker („hinge abduction“-Phänomen) (vgl. Kapitel 2.1.5 und Abb. 3). Der Hüftkopf kann im Endstadium typischerweise pilz- oder walzenförmig, die Pfanne dysplastisch sein. In der Arbeit von Singerhoff (2007) wird zudem angegeben, dass der Morbus Perthes regelhaft mit einer erheblichen Kopfvergrößerung einhergeht (Coxa magna). Der Schenkelhals kann verkürzt und verdickt vorliegen und ein sogenanntes sagging-rope sign aufweisen, eine Verdichtungslinie in Form eines durchhängenden Seils als Grenze zwischen Metaphyse und Schenkelhals (Schulitz und Dustmann 1998). Weiterhin kann ein Trochanterhochstand auffällig sein. Das Hüftgelenk weist oftmals, durch die Veränderungen an der Wachstumsfuge und Metaphyse, die Form einer Coxa vara auf. Das Stadium des Wiederaufbaus kann 2-4 Jahre dauern.

2.2.2.2 Stadieneinteilung nach therapeutisch-prognostischen Gesichtspunkten

Besonders die, im Hinblick auf die Prognose, wichtige Ausdehnung und Lokalisation der Nekrose, die Bedeutung der subchondralen Frakturlinie und des lateralen Pfeilers sollen in den folgenden Stadieneinteilungen zum Ausdruck kommen.

a. Catterall- Klassifizierung:

Nach dem Schweregrad der epiphysären und metaphysären Veränderungen werden 4 Gruppen eingeteilt (Catterall 1971) (siehe Abb. 9):

Catterall I: Nur der vordere Teil der Epiphyse ist einbezogen, die Kontur des Kopfes ist erhalten, es gibt keine Sequester, subchondrale Frakturlinie oder metaphysäre Veränderungen. Wenger et al. (1991) sagt, dass 25 % des Femurkopfes anterozentral befallen sind. Die Prognose ist sehr gut.

Catterall II: Das Ausmaß der Nekrose übersteigt nicht die Hälfte der Epiphyse (50 %) und ist im vorderen, seitlichen Abschnitt lokalisiert (Kramer et al. 2002). Eine subchondrale Frakturlinie kann in der vorderen Hälfte der Epiphyse zu sehen sein, metaphysäre Veränderungen in Form von Zysten können sich anterolateral befinden. Manchmal lassen sich kleine Fragmente und Sequester beobachten. Die Prognose ist gut.

Catterall III: Ein kleiner Teil der Epiphyse ist intakt, die Nekrose ist subtotal (75 %), reicht bis an die Epiphysenfuge und liegt im vorderen, lateralen Anteil. Es zeigen sich lange, ausgeprägte Frakturlinien. In der a.p.-Aufnahme sieht man das typische „Kopf-in-Kopf-Zeichen“, welches durch große Sequester hervorgerufen wird. Die metaphysären Reaktionen sind diffus oder vorn lokalisiert und oft mit einer Schenkelhalsverbreiterung verbunden. Das laterale Segment zeigt fleckförmige Kalzifizierungen. Ein gesunder schmaler Saum ist in der seitlichen Aufnahme im posterioren Epiphysenbereich zu sehen. Der Verlauf ist prognostisch ungünstiger als bei Catterall II, da die Ausheilung in der Regel mit einer Deformierung einhergeht.

Catterall IV: Diese Gruppe ist durch eine Nekrose der gesamten Epiphyse charakterisiert (100 %). Der vollständige Kollaps der Epiphyse ist in der a.p.-Aufnahme nur noch als dichte Linie zu erkennen. Es finden sich typische Perthes-Deformierungen (vgl. Kapitel 2.2.2.1) und massive Veränderungen an der Metaphyse. Die Prognose ist schlecht.



Abb. 9 Catterall Gruppen

Ein Wechsel zwischen diesen Gruppen ist jederzeit möglich. Das Hauptproblem dieser Einteilung besteht darin, dass sie in der Frühphase der Erkrankung nicht anzuwenden ist, da die röntgenologischen Veränderungen noch nicht sichtbar sind.

Aufgrund dieser Schwierigkeit befassten sich Salter und Thompson (1984) mit der Lokalisation und Ausdehnung der subchondralen Frakturlinie, die bereits mit Beginn der Symptome vorhanden ist und je nach Alter und Schwere der Erkrankung 3 bis 8,5 Monate zu erkennen ist.

b. Einteilung nach Salter und Thompson:

Bei der 2-Gruppen-Klassifikation orientiert man sich an dem Ausmaß der Femurkopfbeteiligung. Dabei ist beim Typ A weniger als die Hälfte des Kopfes betroffen und beim Typ B mehr als die Hälfte des Kopfes miteinbezogen (siehe Abb. 10).



Abb. 10 Salter Typ A

und Salter Typ B

Diese Einteilung ist prognostisch wertvoll, da das Ausmaß der Fraktur mit dem Ausmaß der nachfolgenden maximalen Resorption des Femurkopfes korreliert. Dabei hat die Gruppe Salter A einen gutartigen Verlauf, die Gruppe Salter B hingegen hat eine schlechte Prognose. Problematisch allerdings ist, dass laut Salter und Thompson (1984) die Fraktur nur in 23 % der Röntgenbilder sichtbar wird.

c. Einteilung nach Herring:

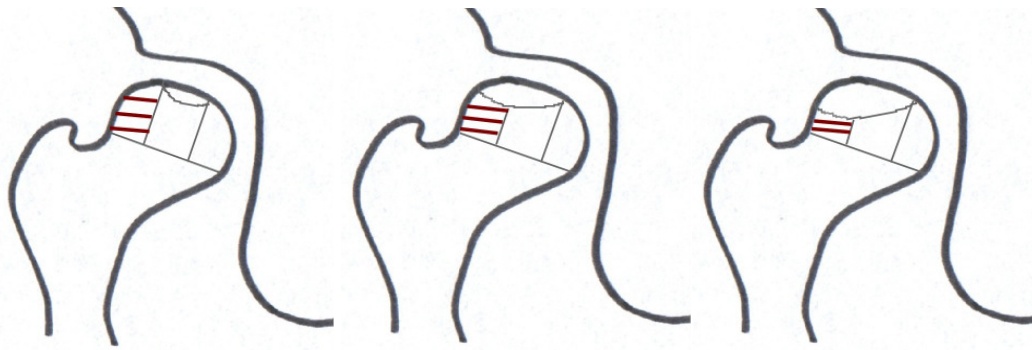
Bei der „Lateral-Pillar“ Klassifikation nach Herring et al. (1992) wird der Zustand des lateralen Pfeilers zur Zeit der Fragmentation beurteilt. Die Hüftkopfepiphyse wird in 3 Säulen unterteilt, welche als „Pillar“ bezeichnet werden. Damit zeigen sich die Nekrosebereiche der Epiphyse lateral, zentral und medial.

Es ergeben sich, abhängig von der Höhe der lateralen Säule 3 Gruppen (siehe Abb. 11):

Gruppe A: Der laterale Epiphysenteil ist erhalten, gutes Endergebnis.

Gruppe B: Mehr als 50 % der lateralen Femurkopfhöhe ist erhalten, der Rest ist kollabiert. Gute Prognose bei Alter unter 9 Jahren bei Erstdiagnose, schlechtere Prognose bei Alter über 9 Jahre bei Erstdiagnose.

Gruppe C: Unter 50 % des lateralen Teils der Epiphyse ist erhalten, schlechtes Endergebnis.



Gruppe A

Gruppe B

Gruppe C

Abb. 11 Herring Klassifikation

Diese verschiedenen Klassifikationen wurden in mehreren Studien hinsichtlich der Anwendbarkeit und prognostischen Aussagekraft untersucht mit variablen Ergebnissen. So schätzen Ismail und Macnicol (1998) die Herring Klassifikation als sehr gut ein, ebenso Farsetti et al. (1995) und Gigante et al. (2002). Specchiulli und Scialpi (1997) schätzen hingegen die Prognostik der Catterall-Einteilung höher ein. Agus et al. (2004) bevorzugen die Catterall und Salter-Thompson Klassifikation, betonen aber auch den wichtigen Faktor der Erfahrung in der Anwendung der Klassifikationssysteme. Weiterhin erwähnen sie, dass der Vergleich der Systeme zudem schwierig ist, da die Klassifikationen sich an unterschiedlichen Parametern orientieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass höhere Stadien in den Klassifikationssystemen auf ein schlechteres Outcome hinweisen.

Schittich (2001) entwickelte mit Hilfe des MRT neue Typisierungen (vgl. Kapitel 2.2.3) und auch Agus et al. (2004) fordern die Entwicklung neuer Klassifikationssysteme, welche besonders zu Beginn der Erkrankung zur Anwendung kommen sollten.

2.2.2.3 Radiologische Risikofaktoren

Neben Ausmaß und Lokalisation der Epiphysennekrose (vgl. Kapitel 2.2.2.2 a) postulierte Catterall (1971) als weitere Anhaltspunkte für den Ausgang der Erkrankung die radiologischen Risikofaktoren, die so genannten head-at-risk signs:

a. Laterale Subluxation bzw. Extrusion des Hüftkopfes (Lateralisation):

Darunter wird die Zunahme des Abstandes zwischen Pfannenboden und Epiphyse, sowie die gleichzeitige Abnahme der Epiphysenüberdachung verstanden (vgl. Kapitel 3.3.1.1; a, b, h, g in Abb. 13). Gleichzeitig besteht durch die Dezentrierung und damit Verlagerung des Rotationsmittelpunktes die Gefahr des „hinge abduction“-Phänomens (siehe Abb. 3). Die Subluxation muss als stark prädisponierender Faktor für eine schwere Hüftgelenkdeformierung angesehen werden (Kramer et al. 2002). Die Indikation zur Operation sollte dabei frühstmöglich gestellt werden, da insbesondere durch die mögliche Bewegungseinschränkung die Biomechanik des Gelenkes gestört wird und das ein wesentlicher Faktor für die Präarthrose darstellt (Niethard 1997).

b. Horizontalstellung der Epiphysenfuge (vgl. Kapitel 3.3.1.1, Abb. 14 orange):

Durch die horizontale Stellung der Fuge wird das Auswandern des Femurkopfes nach lateral durch die Einwirkung von entsprechenden Scherkräften erleichtert.

c. Laterale Kalzifikationen:

Sind als ein kleines Kalzifikationsgebiet am lateralen Rand der knorpeligen Epiphyse zu verzeichnen (vgl. Kapitel 3.3.1.2; c in Abb. 13). Sie können zu einem exzentrischen Wachstum führen und werden damit als prognostisch ungünstig gewertet.

d. Gage Zeichen:

Dieses kleine v-förmige osteoporotische Segment liegt am lateralen proximalen Schenkelhals (vgl. Kapitel 3.3.1.2; d in Abb. 13). Für Catterall (1971) ist es ein Zeichen für den Segmenteinbruch und die Verformung des Kopfes nach lateral. Schulitz und Dustmann (1998) zweifeln an der besonderen prognostischen Bedeutung.

e. Metaphysäre Beteiligung:

Nach Schulitz und Dustmann (1998) kann die Metaphyse röntgenologisch durch Aufhellungsbänder, Verdichtungen und Zysten auffällig werden (vgl. Kapitel 3.3.1.2; e in Abb. 13). Sie gehen je nach Schweregrad mit Wachstumsstörungen einher, können zu einem vorzeitigen Schluss der Wachstumsfuge führen und damit zu einem verplumptem Schenkelhals.

2.2.3 MRT Diagnostik

Vor allem in der Frühdiagnostik des Morbus Perthes nimmt das MRT einen immer größeren Stellenwert ein, da es besonders bei beginnender Erkrankung das Ausmaß und die Lokalisation der betroffenen Bereiche früher darstellen kann, als das konventionelle Röntgen. Dies bestätigen Reiser und Heuck (1997), als auch schon Bos et al. (1991), zudem betonen sie auch den früheren Nachweis mit der Skelettszintigraphie. Nach Czerny et al. (2005) bietet das MRT einen exzellenten Weichteilkontrast, erfasst ossäre wie auch Weichteilveränderungen. Nach Kramer et al. (2002) sollten bei Verdacht auf Morbus Perthes grundsätzlich beide Hüften mittels T 1-gewichteten und T 2-betonten Sequenzen in koronaler Schichtung untersucht werden. Der T 2-Effekt lässt sich mittels Fettunterdrückung verstärken, da der Bildkontrast verbessert wird. Zusätzlich empfehlen sich sagittale Sequenzen, um die Pathologien besser abschätzen zu können (siehe Abb. 12):

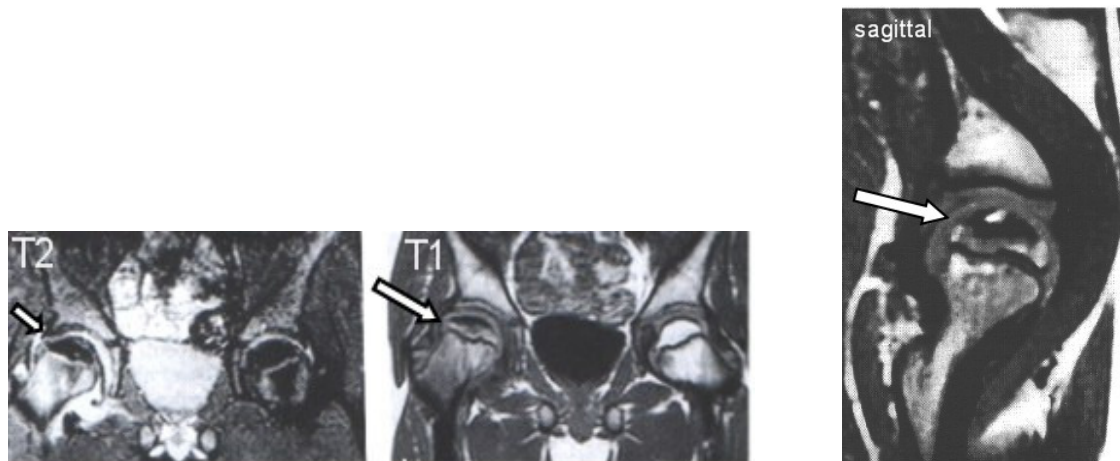


Abb. 12 M. Perthes rechts

a: koronare T 2 Wichtung

b: koronare T 1 Wichtung

c: sagittale MRT- Bilder

Nach Reiser und Heuck (1997) hat das gesunde Knochenmark der Hüftkopfepiphyse im T 1-gewichteten Bild eine hohe, homogene Signalintensität, beim Morbus Perthes vermindert sich die Signalintensität im T 1- und T 2-gewichteten Bild im Verlauf der Erkrankung. Im Reparationsstadium lässt sich dann wieder ein Signalanstieg beobachten, durch das Einsprossen von Faserknochen und die zunehmende Knochenmarkskonversion.

„Im Endstadium, bzw. beim abgeheilten Morbus Perthes, liegt eine fettäquivalente Signalintensität, oder bei entsprechender Schwere des Verlaufes, verstärkter Sklerose entsprechend, Hypointensität in mehr oder minder ausgeprägter Form vor“ (Kramer et al. 2002). Aber nicht nur das Nekroseausmaß und deren Lokalisation, sondern auch das Ausmaß der knorpeligen und synovialen Hypertrophie, welche zu einer Verlagerung des Hüftkopfes und Verlust der Kongruenz der Gelenkflächen führen, und Veränderungen des Epiphysen-

und Epiphysenfugenknorpels lassen sich nach Bos et al. (1991) und Kramer et al. (2002) bei fortgeschrittener Erkrankung beurteilen. Auch Niethard (1997) stellt fest, dass das MRT zur Frühdiagnose und Größenbestimmung der Nekrose gut geeignet ist, diese Aussagen aber bisher für die Therapiestrategie keine Rolle spielten. Wenn bei erfolgreicher Frühdiagnostik anhand der MRT auch bereits eine Prognose für die Epiphyse gestellt werden kann, könnte laut Schittich (2001) die Kernspintomographie einen weiteren Vorteil in der Therapieentscheidung bieten. Schittich (2001) lehnt sich in ihrer Arbeit in der MRT-Beurteilung an der radiologischen Stadieneinteilung, der Catterall-Gruppierung und den head-at-risk Zeichen, an (vgl. Kapitel 2.2.2) und entwickelte Kriterien zur Therapieentscheidung und Prognosebeurteilung, an welchen wir uns in dieser Arbeit orientierten.

Eine Stadieneinteilung zum Verlauf wurde schon 1990 veröffentlicht (Schittich et al.1990), behält in der Arbeit 2001 Gültigkeit und soll in der folgenden Tabelle (1) vorgestellt werden:

Stadium I:	Subchondrale Signalminderung in der Epiphyse, die je nach Ausmaß der Nekrose die gesamte oder nur Teile der Epiphyse überzieht Stadium I a: die basalen Epiphysenanteile zeigen noch ein vitales Signal Stadium I b: weitere Signalabnahme, intermediäres Signal Nach Czerny et al. (2005) zu einer Verdickung des Knorpels, verglichen mit der gesunden Seite. Die Deformierung der Epiphyse tritt im Stadium I b auf.
Stadium II:	Stadium II a: vollständige Signalaufhebung im gesamten Bereich der Epiphyse (entspricht radiologisch sowohl dem Kondensations- als auch dem frühen Zerfallsstadium) Stadium II b: Reparaturmechanismen (intermediäre Signalgebung) Die Deformierung der Epiphyse tritt im Stadium II a auf.
Stadium III:	Revitalisierungsstadium: 2 kleine weiße Signalpunkte medial und lateral der Epiphyse, der Prozess der Reparation schreitet entlang der Epiphysenkontur fort und schließt mit den zentralen Anteilen. Die vitalen Epiphysenbezirke zeigen nun eine hohe Signalgebung. Es finden keine weiteren Deformierungen der Epiphyse mehr statt.
Stadium IV:	Endstadium: Wiederaufbau abgeschlossen, Epiphyse imponiert im T1- und T2-gewichteten Bild mit einer hohen und homogenen Signalintensität.

Tabelle 1: MRT-Verlauf des Morbus Perthes

Besonders im Hinblick auf eine frühzeitige Therapieentscheidung entwickelte Schittich (2001) anhand der Ausdehnung der Nekrose im MRT eine neue Typisierung, da vor allem bei den Catterallgruppen 2 und 3 im MRT regelmäßig eine größere Ausdehnung der Nekrose festgestellt wurde, zudem die Catteralleinteilung im Frühstadium nicht immer sicher möglich ist. Schittich (2001) stellte weiterhin fest, dass die genaue Ausdehnung der Nekrose bereits im Stadium I eindeutig festgelegt werden kann. Die Beurteilung erfolgt auf den sagittalen MRT-Schichten.

Es folgt die Darstellung der kernspintomographischen Typeneinteilung in nachfolgender Tabelle(2):

Typ 1	Minimalnekrosen, weniger als 25 % der Epiphyse nekrotisch (auch randständige Defekte, die an jeder Stelle der Epiphyse gelegen sein können; kein stadienabhängiger Verlauf, kein Zerfall der Epiphyse)
Typ 2	Maximal 50 % der Epiphyse nekrotisch (seltener Typ)
Typ 3	Nekrose über 50 % der Epiphyse (mit dorsalen vitalen Epiphysenanteil)
Typ 4	Die gesamte Epiphyse ist nekrotisch
Typ 5	Risikotyp, da zusätzlich ausgedehnte metaphysäre Nekrose

Tabelle 2: MRT-Typeneinteilung nach Ausdehnung der Nekrose

Head-at-risk Zeichen im MRT nach Schittich (2001):

a. Lateralisation:

- Beginn bereits im Stadium I, größtes Ausmaß im Stadium II a
- Hauptursache Knorpelverdickungen medial der Epiphyse und im Bereich der Hüftpfanne
- meist schon verbunden mit hochgradiger irreversibler Deformierung der Epiphyse, damit nicht mehr als Risikofaktor gewertet

b. Horizontalstellung der Epiphyse:

- wird als Risikofaktor gewertet, da die Tendenz zur Lateralisierung größer ist

c. Laterale Kalzifikation:

- nicht mehr als Risikofaktor verwendet, da auch hier die Epiphyse schon eine bleibende Deformierung anzeigte

d. Gage Zeichen:

- besitzt im MRT kein eigenes Korrelat, wird nicht als Risikozeichen verwendet

e. Metaphysäre Beteiligung:

- zeigt sich als wichtiges Risikozeichen, da insbesondere die diffusen unscharf begrenzten zentral und lateral gelegenen Defekte eine schlechte Prognose aufweisen, die scharf begrenzten ventral oder zentralen hingegen nicht

f. Gelenkerguss:

- ein zusätzliches kernspintomographisches Risikozeichen ist der lang anhaltende Gelenkerguss

Die MRT-Verlaufskontrollen von Schittich (2001) und deren Ergebnisse im Hinblick auf die prognostischen Kriterien nahmen wir als Grundlage dieser Arbeit und sahen es als Ziel, diese Faktoren weiter zu überprüfen und eventuell in der Kernspintomographie einen weiteren Vorteil neben der Frühdiagnostik in Bezug auf die frühe Therapieentscheidung zu erbringen.

2.2.4 Weitere Diagnostik

Nach Krauspe und Raab (1997) ist das *Labor* beim Morbus Perthes meist unauffällig, die Blutsenkungsgeschwindigkeit kann leicht erhöht sein. Zur Abgrenzung gegen andere Erkrankungen sollten das Blutbild und die Entzündungsparameter kontrolliert werden.

Für die Abschätzung eines Gelenkergusses, der vor allem in der Frühphase des Morbus Perthes nachzuweisen sein kann, ist die *Sonographie* eine äußerst zuverlässige Untersuchungsmethode. Konermann und De Pellegrin (1993) sehen in einem persistierenden Gelenkerguss über 4 bis 6 Wochen ein Indiz für das Vorliegen eines Morbus Perthes. Nach Konermann und Gruber (2002) ist „die Gelenkkapseldistension ein unspezifisches sonographisches Zeichen“, es können sich dahinter unterschiedliche Krankheitsbilder wie die Coxitis fugax (vgl. Kapitel 2.3) verbergen. Die Schwierigkeit besteht nach Konermann und Gruber (2002) in dem Initialstadium des Morbus Perthes, da erst nach diesem der Morbus Perthes anhand zusätzlicher knöcherner Veränderungen von den Koxitiden abgegrenzt werden kann. In Ihren Untersuchungen wurde eine Kapseldistension immer im Initial- und Kondensationsstadium sowie bei klinischer Symptomatik im Fragmentationsstadium gesehen, nicht mehr im Regenerations- und Endstadium. Zusätzlich konnten im Kondensations- und Fragmentationsstadium eine Höhenminderung der Epiphyse, Echogenitätsveränderungen der Epiphyse und Metaphyse, sowie die Hüftkopfventralisation und -lateralisation erhoben werden. In den Endstadien konnte in den Verlaufsbeurteilungen der Wiederaufbau des Hüftkopfes mit homogen echogener Oberfläche mit Schallschatten nachgewiesen werden.

Kramer et al. (2002) betonen auch die Problematik der Frühdiagnostik mit Hilfe der Ultraschalluntersuchung, sehen aber auch die Wichtigkeit in dem Einsatz zur Verlaufskontrolle und der differentialdiagnostischen Abgrenzung. Auch Stücker et al. (2005) bevorzugen in der Verlaufskontrolle den Einsatz der Sonographie, da ein möglicher Containmentverlust (fehlende Überdachung) frühzeitig aufgedeckt werden kann.

Die *Szintigraphie* hat sowohl nach Schulitz und Dustmann (1998), als auch nach Niethard (1997) heute an Bedeutung verloren, vor allem durch den Einsatz des aussagekräftigeren und unbelastenden MRT. Ein Speicherdefekt besonders im anterolateralen Femurkopfbereich ist charakteristisch für den frühen Perthes als Ausdruck der passageren Ischämie, im weiteren Verlauf zeigt sich eine Mehrspeicherung als Zeichen der Revaskularisierung. Damit ist zwar eine Verlaufsbeurteilung möglich, aber keine prognostische Aussage.

Eine *Arthrographie* wird heute nicht mehr routinemäßig durchgeführt, kann aber „bei schwierigen therapeutischen Fragestellungen weiterhelfen“ (Niethard 1997). Insbesondere die Kongruenzverhältnisse lassen sich gut darstellen, damit kann die beste Hüftkopffposition unter

Bildwandlerkontrolle ermittelt werden. Laut Reinker (1996) lässt sich außerdem das „hinge abduction“-Phänomen arthrographisch gut darstellen. Mit dem MRT ist aber besonders im Bezug auf die Strahlenbelastung eine mehr als suffiziente Alternative gegeben. Ein Nachteil ist darin zu sehen, dass es im statischen MRT nicht möglich ist, den deformierten Kopf in verschiedenen Positionen in Bezug zum Azetabulum darzustellen, möglicherweise könnten in Zukunft offene Systeme dynamische Einstellungen zulassen (Kramer et al. 2002).

2.3 Differentialdiagnosen

Die differentialdiagnostischen Überlegungen, die zudem stadienabhängig erfolgen sollten, sind von großer Bedeutung, da die klinische Symptomatik beim Morbus Perthes häufig nicht eindeutig ist oder gar kaum zu erkennen ist.

In den frühen Phasen ist die Abgrenzung zur Coxitis fugax, bakterielle oder rheumatische Koxitis nötig. Dabei ist die Kapseldistension (intraartikuläre Volumenzunahme durch Synovialitis oder Erguss) als unspezifisches sonographisches Zeichen zu werten (Konermann und Gruber 2002). Die Abgrenzung zur Coxitis fugax kann nur im Verlauf der Erkrankung erfolgen. Nach Konermann und Gruber (2002) bildet sich der Erguss bei der Coxitis fugax innerhalb von durchschnittlich 9 Tagen deutlich zurück, beim Morbus Perthes hingegen persistiert er länger. Der Morbus Perthes zeichnet sich weiterhin besonders durch die MRT-Untersuchung oder das Szintigramm ab, indem eine Signaländerung bzw. ein Speicherdefekt sichtbar wird. Bei de Pellegrin et al. (1997) zeigte sich ein normales Signal und Morphologie der Epiphyse bei Coxitis fugax in der MRT-Untersuchung.

Bei klinischem Verdacht auf eine bakterielle Genese der Koxitis, zum Beispiel durch febrile Temperaturen und erhöhte Entzündungsparameter, sollte unverzüglich eine Punktion erfolgen.

Eine erweiterte Labordiagnostik deckt eine mögliche rheumatoide Genese auf.

In fortgeschrittenen Stadien sollte an Mukopolysaccharidosen, Bluterkrankungen wie akute lymphatische Leukämie oder Sichelzellanämie, aber auch an eine Therapie mit Kortikosteroiden, an ein nephrotisches Syndrom oder Tumoren gedacht werden.

Abgelaufene Traumata, Hüftdysplasie oder Hüftgelenksluxationen sollten eruiert werden.

Bei der Meyer-Dysplasie sind die Patienten in der Regel jünger (2-4 Jahre), die klinische Symptomatik fehlt und es besteht ein beidseitiger Befall. Nach de Pellegrin et al. (1996) und Schittich (2001) ist hierbei die MRT-Untersuchung zur sicheren Abgrenzung unübertroffen.

Eine Beteiligung anderer Skelettabschnitte zeigen zudem verschiedene Formen der Skelettdysplasien wie der Morbus Ribbing, bei dem ausgeprägte beidseitige Osteochondrosen der Femurepiphysen auftreten (Niethard 1997).

Der Begriff der „Beobachtungshüfte“ ist für den Hüftschmerz unklarer Genese gebräuchlich, bis letztlich die definitive Diagnose gestellt wird (Schleberger und Krauspe 2005).

2.4 Therapie

Die Therapie ist nach wie vor der umstrittenste Punkt in der Diskussion um den Morbus Perthes. Solange es keine Klarheit über die Ursachen der Erkrankung gibt, wird es auch keine Kausaltherapie oder gar Präventionsmaßnahmen geben.

Übereinstimmung herrscht hingegen bei den Zielen der Therapie, die in der Verbesserung der Beweglichkeit und Schmerzreduktion, sowie der Erhaltung eines kongruenten Gelenkes bestehen.

Durch die Tatsache der immer stattfindenden Ausheilung der Nekrose durch den suffizienten Reparaturmechanismus des Femurkopfes, ist das Hauptziel der Behandlung die Verhinderung einer inkongruenten, präarthrotischen Deformität und damit einer sekundären Koxarthrose.

Besonders in der floriden Phase, dem Stadium der „biologischen Plastizität“ (Fragmentations- und Reparationsstadium), ist es erforderlich, eine sphärische Ausheilung des sich remodellierenden Hüftkopfes durch Zentrierung des Kopfes im Azetabulum zu gewährleisten (Kramer et al. 2002, Wild et al. 2003).

Dieses Prinzip des *Containments*, das heißt die verbesserte Einstellung des Femurkopfes in der Pfanne zur Wiederherstellung der Gelenkkongruenz, kann durch konservative Maßnahmen, als auch durch chirurgische Eingriffe, versucht umgesetzt zu werden.

Die Wahl der Behandlungsmaßnahmen muss individuell anhand des Alters des Kindes, dem Krankheitsstadium, dem klinischen Befund (Bewegungseinschränkung) und den Ergebnissen der bildgebenden Diagnostik wie Nekroseausmaß und head-at-risk Zeichen, getroffen werden (Niethard 1997, Grasemann et al. 1997, Krauspe und Raab 1997, Wild et al. 2003).

Schittich (2001) erarbeitete anhand ihrer MRT-Ergebnisse folgende Faktoren zur Entscheidung hinsichtlich einer frühzeitigen operativen Therapie: Die Ausdehnung der Nekrose im MRT (MRT-Typ), das Ausmaß der Lateralisierung, MRT-Risikozeichen wie metaphysäre Beteiligung und horizontale Fuge und das Alter des Kindes.

Anhand des MRT-Typs (vgl. Kapitel 2.2.3, Tabelle 2) wurden von Schittich (2001) folgende Empfehlungen gegeben:

Typ 1: keine Therapie, heilt immer ohne Deformierung

Typ 2: konservativ (bei kleinen Kindern keine Therapie)

Typ 3, 4, 5: Entscheidung zur OP anhand einer vorliegenden Lateralisierung (ab 3 mm sofort)
Zusätzlich stellte Schittich (2001) fest, dass eine Therapie im Stadium III (vgl. Kapitel 2.2.3, Tabelle 1) nicht mehr erforderlich ist.

Im Folgenden sollen die möglichen Therapieformen vorgestellt werden:

a. Konservative Therapieformen:

Nach Wild et al. (2003) ist, in Übereinstimmung mit weiteren Autoren, beim Schweregrad Catterall 1 und 2 und Salter Typ A ohne Risikofaktoren eine kontrollierte Observation mit 3 monatigen klinischen und radiologischen Kontrollen, sowie physiotherapeutische Betreuung indiziert. Weiterhin sehen sie die Entlastungsbehandlung mit Orthesen als Möglichkeit bei Kindern älter als 3 Jahre mit freier Hüftgelenkbeweglichkeit, ohne Schmerzen und Ergussbildung und einem ausgedehnten Befall nach Catterall 3 oder 4 oder Salter B. In der symptomatischen Phase können kurzfristige Bettruhe und analgetische Medikation erforderlich sein, sowie Extensionen bei komplizierenden Hüftgelenksergüssen.

Der Wert der Schienenbehandlung ist aber nach wie vor umstritten (Niethard 1997, Wiig et al. 2008), unter anderem sind auch die längerfristige Bettruhe oder Gipsbehandlungen verlassen worden, aufgrund von Komplikationen wie Immobilisationsschäden, Muskelatrophien und Kontrakturen. Auch Wild et al. (2003) sehen die Verwendung der Orthesen nur dann gerechtfertigt, wenn sie zur Zentrierung des Gelenkes bei gleichzeitiger Entspannung der Gelenkkapsel beitragen.

b. Operative Therapieformen:

Indikationen zur operativen Therapie sind das Catterall Stadium 3 und 4, Salter B und Herring C, ein Lebensalter über 6 Jahren sowie das Auftreten von Risikofaktoren wie Subluxation/Lateralisation des Hüftkopfes oder laterale Kalzifikation (Krauspe und Raab 1997, Schulitz und Dustmann 1998, Herring et al. 2004, Meurer et al. 2005, Wiig et al. 2008). Vor allem bei unvollständigem Containment ergibt sich nach Schleberger und Krauspe (2005) die Operationsindikation. Weiterhin sollte die anhaltende Bewegungseinschränkung ein Grund zum Therapiewechsel von konservativ auf operativ sein.

Die Theorie des Containments wird durch verschiedene Operationsverfahren aufgegriffen:

- Femurseitige Operationsverfahren:

intertrochantäre Umstellungsosteotomien (durch Femurosteotomie wird eine Zentrierung des Hüftkopfes vorgenommen);

nach Wachstumsabschluss ggf. Trochanterversetzung zur Verminderung der Coxa vara

- Beckenseitige Operationsverfahren:

Beckenosteotomie nach Salter (horizontale Beckenosteotomie des Iliums oberhalb des Azetabulums, die Hüftgelenkspfanne wird nach vorn außen unten rotiert),

Tripleosteotomie (dreifache Beckenosteotomie zur optimalen Überdachung) oder

Beckenosteotomie nach Chiari (Durchführung einer medial ansteigenden Ileumosteotomie, Medialisierung des Hüftgelenks, Bildung eines neuen Pfannendaches; hierbei jedoch keine Verbesserung des Containments)

Nach Niethard (1997) konnte die Überlegenheit eines Verfahrens bisher nicht bewiesen werden. Komplikationen der operativen Verfahren sind unter anderem Bewegungseinschränkungen, Beinlängendifferenzen, Über-/Unterkorrekturen und Spätschäden wie Arthrose, die weitere operative Maßnahmen erforderlich machen können.

Die operativen Therapieformen scheinen aber bevorzugt zu werden, da der Hüftkopf besser zentriert und die Behandlung verkürzt werden kann. Meurer et al. (2005) stellten fest, dass reaktive Pfannenveränderungen proportional zum Ausmaß der Kopfbeteiligung auftraten und deshalb mit der Durchführung der operativen Zentrierungsbehandlung nicht zu lange gewartet werden sollte.

Zusammenfassend sollte die Therapie des Morbus Perthes als Begleitung des eigengesetzlichen Krankheitsverlaufes betrachtet werden und die Wahl des Verfahrens als individuelle Entscheidung getroffen werden. In diesem Zusammenhang ist besonders der Zeitpunkt der Therapieentscheidung wichtig, wobei wir in dieser Arbeit zeigen wollten, dass durch die Frühdiagnostik im MRT und die Prognoseabschätzung anhand von Risikofaktoren die Kernspintomographie diese Hilfe bieten könnte.

2.5 Prognose

Die Perthes Erkrankung kann folgenlos ausheilen, aber auch in schwersten präarthrotischen Deformierungen enden. Es gibt demnach eine Vielfalt von Meinungen und unzählige Versuche, wertvolle Faktoren zur Abschätzung des Verlaufs und des Ausgangs der Erkrankung zu finden. Einige wichtige Kriterien haben sich für die Prognose des Morbus Perthes etabliert (vgl. Kapitel 2.1.6; 2.2.2.2; 2.2.2.3 und 2.2.3):

- *Lebensalter*

Grasemann et al. (1997) sehen, in Übereinstimmung mit weiteren Autoren wie Kamegaya et al. (2005), das Alter des Kindes zu Erkrankungsbeginn als einen wichtigen prognostischen Faktor. Die Altersgrenzen schwanken um das 5./6. Lebensjahr. Auch Schittich (2001) geht bei

Kindern bis zum Alter von 3-4 Jahren von einer guten Prognose aus, begründet durch die noch vorhandene dickere Knorpelschicht, als auch die größere Regenerationspotenz.

- Geschlecht

Nach Catterall (1971) und Schulitz und Dustmann (1998) ist die Prognose bei Mädchen schlechter als bei Jungen.

- Nekroseausdehnung und Lokalisation

Einen großen Einfluss auf die Prognose hat zweifellos die Ausdehnung der Nekrose, wobei die typischen Klassifikationssysteme nach Catterall, Salter/Thompson und Herring immer wieder in Diskussion stehen (vgl. Kapitel 2.2.2.2). Zweifelsohne weist aber eine höhere Gradeinteilung in den Klassifikationen auf ein schlechteres Outcome hin. Schittich (2001) sieht die Beurteilung der Nekrose im MRT als vorteilhafter an und entwickelte neue Typisierungen. Wild et al. (2003) sahen einen signifikant höheren Koxarthrosegrad im Erwachsenenalter je ausgedehnter die Nekrose im floriden Morbus Perthes war.

- Vorhandensein von Risikofaktoren

Nach Schulitz und Dustmann (1998) könnten am ehesten die Subluxation bzw. lateralen Anbauvorgänge als prognostische Zeichen gelten. Auch Kamegaya et al. (2005) sieht die Subluxation als wichtigen Faktor, neben den Epiphysenveränderungen.

De Sanctis et al. (2000) beurteilen das MRT als nutzbar für prognostische Aussagen besonders im Hinblick auf die Subluxation und Veränderungen an der Epiphysenfuge. Im Zusammenhang mit der Lateralisation steht auch die Entwicklung des „hinge abduction“-Phänomens, welches bei Reinker (1996) einen wesentlichen Faktor in der Entwicklung der Deformität eines Scharniergelenks darstellt. Nach Schittich (2001) sollen die metaphysäre Beteiligung und die horizontal gestellte Epiphysenfuge zur Prognose herangezogen werden.

- Form des Femurkopfes im Ausheilungsstadium (vgl. Kapitel 2.1.5, Abb. 2)

Hier wird erst nach Ablauf der Erkrankung anhand der verbliebenen Deformität des Femurkopfes und möglicher Inkongruenz eine Aussage zur Prognose getroffen.

Mose (1980) war der Ansicht, dass einer der wesentlichen Parameter für die Entstehung der Arthrose die Inkongruenz der Gelenkflächen wäre und beurteilte die Sphärizität des Hüftkopfes mittels konzentrischer Kreisschablonen mit Ringabständen von 2 mm (vgl. Kapitel 3.3.2.1, Abb. 21). Dies erlaubt eine Einteilung in 3 Gruppen:

Gruppe 1: Hüftkopf sphärische Form (Radien weichen weniger als 2 mm ab)

Gruppe 2: Hüftkopf abgeflacht, aber trotzdem sphärisch (Abweichung der Radien zwischen 2 und 4 mm)

Gruppe 3: Hüftkopf irregulär, nicht sphärisch (Abweichung der Radien von mehr als 4 mm)

Nach de Sanctis et al. (2000) ist die meisteingesetzte Methodik zur Beurteilung der Deformität die Stulberg-Klassifikation, wobei zusätzlich zu der Form des Kopfes die Kongruenz des Hüftgelenks ein wichtiges Kriterium darstellt (Stulberg et al. 1981).

Die Unterteilung erfolgt im Erwachsenenalter in 5 Klassen, wobei die Klassen 1 und 2 eine sphärische Kongruenz des Gelenks aufweisen und damit kein erhöhtes Arthroserisiko haben.

Das Risiko einer Koxarthrose ist in den Klassen 3 und 4 bei bestehender asphärischer Kongruenz im Allgemeinen erhöht, jedoch zeitlich nicht zwingend verfrüht zu erwarten. Bei der asphärischen Inkongruenz der Klasse 5 ist dies allerdings der Fall.

Damit weisen entrundete Köpfe und inkongruente Gelenke eine schlechtere Prognose auf.

Besonders die Einschätzung und Beurteilung der Erkrankung schon zu Beginn ist wichtig, um schnellstmöglich geeignete Therapiemaßnahmen einzuleiten und damit die möglichen Spätfolgen (Sekundärarthrose) zu verhindern. Dafür soll in unserer Arbeit vor allem der Einsatz des MRT in der Beurteilung von Risikofaktoren zur Frühprognose überzeugend dargestellt werden, zudem eruiert werden, welchen Faktoren im Hinblick auf die Prognose besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

3 Material und Methoden

3.1 Allgemeines

Zur Analyse der Risikofaktoren bei Morbus Perthes wurden 137 Patienten, die sich in den Jahren 1994 bis 2005 in Behandlung im Krankenhaus „Rudolf Elle“ GmbH befanden, anhand von Patientenakten, prä- und postoperativen Röntgen- und MRT-Aufnahmen untersucht.

Die präoperativen MRT- sowie Röntgenaufnahmen, die zur Analyse der Risikoparameter verwendet wurden, wurden in der Regel in dem Monat der Operation (bei Patienten mit M. Perthes) bzw. zur Diagnosestellung (bei Patienten mit Coxitis fugax) gefertigt.

Die Standard MRT-Untersuchungen im Krankenhaus Eisenberg erfolgten mit T1 und T2 gewichteten Sequenzen.

Bei den präoperativen Röntgenbildern wurden die Beckenübersichtsaufnahme und die Lauensteinaufnahme betrachtet.

Die Analyse der postoperativen Röntgenbilder erfolgte zur Endergebnisbeurteilung. Diese Untersuchung fand nur bei den Patienten mit M. Perthes statt. Zur Vergleichswertdarstellung wurden zu den postoperativen Zeitpunkten Werte der gesunden Seite mitbestimmt. Zur Untersuchung kam die Aufnahme der Beckenübersicht, die im Schnitt 2 Jahre nach der

Operation angefertigt wurde. Demzufolge wurde eine Aussage über den damaligen Zustand der Hüfte getroffen. Es erfolgte eine vorläufige Einschätzung des Endergebnisses, da nur bei sehr wenigen Patienten eine über Jahre zu verfolgende Nachuntersuchung stattgefunden hat. Nicht in jedem Fall war es möglich, das gesamte geforderte Material zu verwenden, da einerseits nicht alle Bilder im Archiv vorhanden waren, andererseits wurde anfangs auch nicht jedes Kind einer MRT-Untersuchung unterzogen. Daher kommen unterschiedliche Anzahlen von betroffenen und auszuwertenden Hüften zustande. Ein weiteres Ausschlusskriterium war die nicht mögliche Analyse von vorhandenen Aufnahmen durch z.B. ungenügende Qualität oder unzureichende Anzahl von Aufnahmen.

Es wurden 3 Auswertungsgruppen festgelegt. Die erste Gruppe waren die an Morbus Perthes erkrankten Kinder, die zweite Gruppe stellte eine Gruppe mit der Diagnose Coxitis fugax dar und die dritte Gruppe eine Vergleichsgruppe mit Werten der gesunden Seite eines an Morbus Perthes erkrankten Kindes. Diese Gruppe bestand aus 33 Kindern, die stichprobenartig ausgesucht wurden. Die 3 Gruppen wurden anhand der folgenden Daten und Kriterien untersucht:

3.2 Patientenaktenstudie

Den Krankenakten wurden folgende Informationen entnommen:

3.2.1 Geschlechtsverteilung der Patienten

Es wurde festgehalten, wie viele Kinder weiblichen und wie viele männlichen Geschlechts sind.

3.2.2 Befall der Hüfte

Es kam zur Dokumentation der einseitige Befall der Hüfte oder die beidseitige Erkrankung.

3.2.3 Behandlungsvorgehen

Es wurde festgestellt, ob eine Operation stattfand oder die Erkrankung konservativ behandelt wurde.

3.2.4 Altersverteilung der Patienten

Das Alter der Patienten zum Erkrankungsbeginn wurde ermittelt. Zusätzlich kam es zur Festlegung zweier Altersgruppen, um den Einfluss des Alters bei Einsetzen der Erkrankung auf die Prognoseeinschätzung zu untersuchen:

Altersgruppe 1: jünger als 6 Jahre und

Altersgruppe 2: gleich und älter als 6 Jahre

3.3 Beurteilung der bildgebenden Verfahren

Zur Analyse der zur Prognoseeinschätzung relevanten Risikofaktoren wurden anhand von Röntgen- und MRT-Untersuchungen verschiedene, im folgenden Abschnitt beschriebene, Faktoren und Kriterien ausgewertet. Nach Kramer et al. (2002) haben sich unterschiedlichste morphometrische Messmethoden zur Objektivierung des Ausmaßes der Erkrankung, des Langzeitverlaufes und hinsichtlich der Prognosebeurteilung und damit möglicher Arthrosegefahr, etabliert. Es kommen Winkelmessungen, Bestimmungen der Lateralisation und Sphärizität zur Anwendung, wobei wir in dieser Arbeit nur einige auswählten.

3.3.1 Analyse der präoperativen Röntgen- und MRT-Bilder

Die Beurteilung der Risikozeichen wurde getrennt nach morphometrischen und deskriptiven Faktoren. Die Veranschaulichung der eigenen Messungen sowohl für die Röntgen- als auch die MRT-Untersuchung erfolgt in den Abbildungen 13 bis 19.

3.3.1.1 Morphometrische Faktoren

Alle Strecken wurden in mm angegeben. Die Winkelmessungen erfolgten in Gradangaben.

I. Lateralisation Epiphyse und Lateralisation Femur

Die laterale Verschiebung des Hüftkopfes bzw. die Gelenkspaltverbreiterung (vgl. Kapitel 2.2.2.3) wurde gemessen als horizontaler Abstand von der medialsten knöchernen Begrenzung der Epiphyse (a in Abb. 13) bzw. des Femurs (b in Abb. 13) bis zum knöchernen Pfannenboden. Diese Daten wurden an den Röntgen- und MRT-Bildern gewonnen.

II. Länge Hüftkopf und Extrusion

Zur Beschreibung der Dezentrierung des Hüftkopfes wurde in der horizontalen Ebene die Länge des Hüftkopfes (h in Abb. 13) und die Extrusion (g in Abb. 13) als der Anteil des Kopfes, der nicht überdacht ist, ermittelt. Zur Bestimmung dieser Exzentrizität wurde eine Senkrechte am äußeren Pfannenerkerrand (Ombrédanne-Linie) und dazu eine parallele Linie am weitesten nach lateral reichenden Epiphysenanteil gelegt und der Abstand bestimmt. Die Messungen wurden parallel zur Hilgenreiner-Linie, in der Abbildung 13 als horizontale blaue Linie zu erkennen, durchgeführt. Nach Schulitz und Dustmann 1998 spricht man von einer exzentrischen Hüftkopfeiphyse, wenn in der röntgenologischen Abmessung die Epiphysenkante mehr als 4 mm über die Ombrédanne-Linie reicht.

Damit untersucht man die Subluxation des Hüftkopfes und die daraus resultierende Verlagerung des Rotationsmittelpunktes (vgl. Kapitel 2.1.5 und 2.2.2.1).

In der MRT-Analyse wurde dabei der knorpelige Überzug des Kopfes mit in die Messung einbezogen, was bei der Röntgenanalyse nicht möglich war.

III. Lateralisations -und Extrusionsindizes

In den Fällen, in denen kein Maßstab am MRT gekennzeichnet und somit keine Millimeterangaben möglich waren, wurde die Lateralisation der Epiphyse bzw. des Femurs durch die Angabe eines Lateralisationsindex deutlich gemacht.

Dies erfolgte durch die Formel:

$$\text{Lateralisationsindex} = \frac{\text{Lateralisation Epiphyse bzw. Femur}}{\text{Länge Hüftkopf}}$$

Ebenso wurde die Extrusion durch eine Indexangabe dargestellt:

$$\text{Extrusionsindex} = \frac{\text{Extrusion}}{\text{Länge Hüftkopf}}$$

Eine prozentuale Beurteilung der Tiefeinstellung bzw. der Überdachung des Hüftkopfes ermöglicht der Quotient: Extrusion/Länge Hüftkopf \times 100. Er ist der Instabilitätsindex nach Reimers oder auch Migration Percentage (Reimers 1980), der insbesondere zur Beurteilung von Hüftluxationen, die gehäuft bei Zerebralparetikern auftritt, geeignet ist. Diese Migration ist kaum von der Rotationsstellung oder Beckenkipfung abhängig und wird nach Reimers (1980) im Alter von 4-16 Jahren bei einem Wert unter 10 % als regelrecht angegeben. Miller et al. (1997) beschrieb Werte von 25 % noch als normal.

IV. Laterale Säule

Zur Analyse des „Lateral-Pillar“-Zeichens (vgl. Kapitel 2.2.2.2.c, Abb. 11) wurde der Femurkopf in 3 Säulen unterteilt und in der Hälfte der lateralen Säule die zur Epiphysenfuge senkrecht abzumessende Höhe des Pfeilers (i in Abb. 13) bestimmt.

V. Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel

Um die als prognostisch ungünstiges Zeichen gewertete Horizontalstellung der Wachstumsfuge (vgl. Kapitel 2.2.2.3 und 2.5) zu objektivieren, wurde der Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel (siehe Abb. 14, orange) bestimmt.

Für die MRT-Analyse sind die Faktoren laterale Säule und Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel entfallen, da diese Abmessungen schwierig zu ermitteln waren. Die Beurteilung war in diesen Fällen im Röntgenbild genauer.

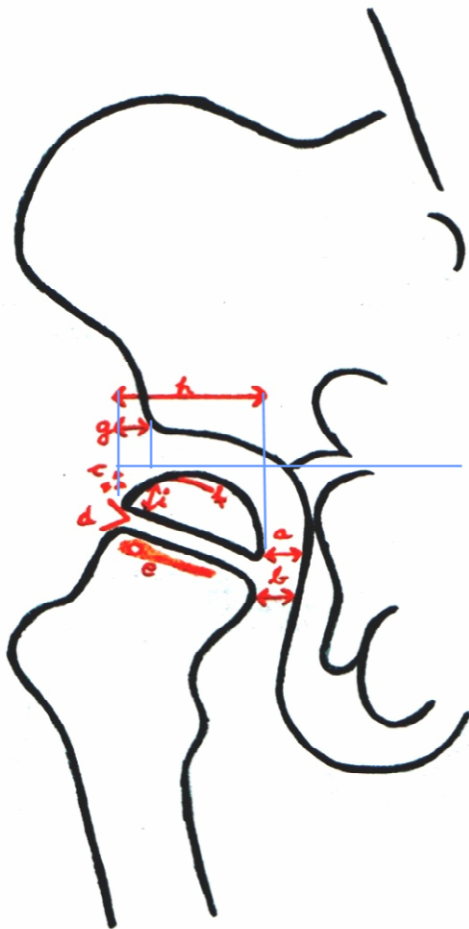


Abb. 13 Analyse präoperativ

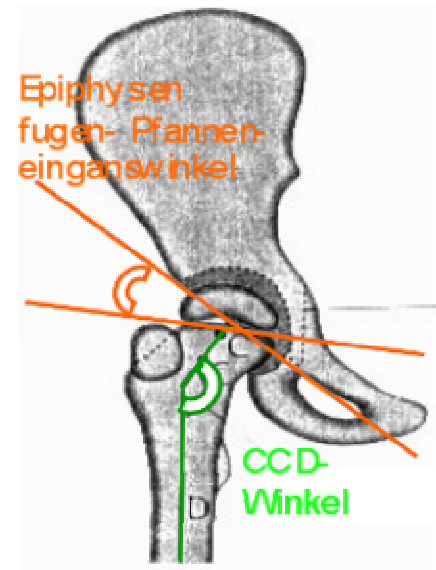


Abb. 14 Winkelbestimmungen

VI. Labrumwinkel

Mit der Bestimmung des Labrumwinkels, der nur im MRT zu ermitteln ist, sollte ein möglicher neuer Risikofaktor untersucht werden.

Das aus Faserknorpel bestehende Labrum acetabulare, welches die knöchernen Hüftpfanne auskleidet, wird durch die Dezentrierung des Hüftkopfes in seinem apikalen Bereich nach oben verdrängt. Diese Labrumspitze ist im MRT-Bild gut von der knöchernen Pfanne abzugrenzen. Zur Analyse des Ausmaßes der Verschiebung wurde ein Winkel von der Mitte der Körperachse zur Labrumspitze gelegt und in seiner Größe bestimmt (siehe Abb. 15):

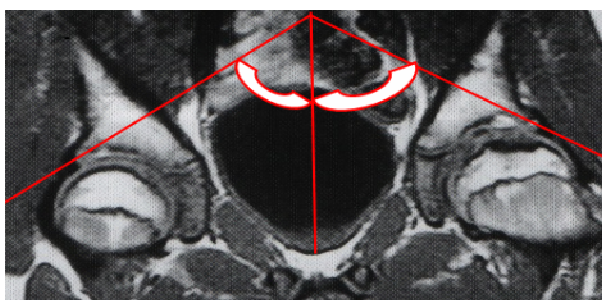


Abb. 15 Labrumwinkel bei M. Perthes links

3.3.1.2 Deskriptive Faktoren

Bei der Deskription des Hüftgelenks im Hinblick auf die Prognoseaussage wurden die folgenden von Catterall als head-at-risk (vgl. Kapitel 2.2.2.3 und siehe Abb. 13) beschriebenen Zeichen ausgewählt. Sie wurden auf Vorhandensein und Stärke der Ausprägung (leicht oder stark betroffen) geprüft. Zudem wurde die subchondrale Frakturlinie (vgl. Kapitel 2.2.2.2.b) als möglicher weiterer prognostischer Faktor untersucht. Diese Analysen waren für die Röntgen- und die MRT-Bilder möglich, damit auch eine vergleichende Darstellung der beiden Verfahren.

Lediglich in der MRT-Untersuchung wurden hingegen die genaueren Analysen der Nekrosesektoren, die Größe der Nekrose und der horizontale Nekrosebefall vorgenommen, da es als sehr sensitives Verfahren Veränderungen bereits vor radiologischen Zeichen diagnostizieren kann (vgl. Kapitel 2.2.3).

I. Laterale Verkalkung

Es wurden die im lateralen Anteil der Epiphyse auftretenden eingesprengten Kalkareale (c in Abb. 13) beurteilt.

II. Gage Zeichen

Das kleine osteoporotische Segment in Form eines liegenden „V“ innerhalb der knöchernen Strukturen (d in Abb. 13) an der äußeren Seite der Epiphyse wurde auf Vorhandensein und Ausprägung geprüft.

III. Metaphysäre Beteiligung

Zur Untersuchung kam die Beteiligung der Metaphyse, die sich röntgenologisch als unregelmäßige Auflockerung, bandförmige Aufhellung oder in Form großer Zysten zeigen kann (e in Abb. 13). Im MRT stellt sich die Beteiligung als Signalminderung dar, dabei sind scharf oder auch unscharf begrenzte Defekte aufzuweisen.

Zusätzlich wurde der Ort des Metaphysenbefalls vermerkt. Dieser wurde als lateraler, zentraler oder medialer Befall; als schmaler Befall entlang der gesamten Epiphysenfuge oder als gesamter Befall der Metaphyse in die Untersuchung aufgenommen.

IV. Subchondrale Frakturlinie

Diese subchondrale Aufhellungslinie (f in Abb. 13) im Bereich der Epiphyse markiert nach Salter und Thompson (1984) den Beginn der Erkrankung und wäre damit prognostisch sinnvoll. Das Vorhandensein dieser Aufhellung bzw. Signalminderung wurde geprüft und zusätzlich das Ausmaß der Fraktur dokumentiert, indem eine Einteilung in die Gruppe A erfolgte, wenn weniger als die Hälfte des Kopfes betroffen war und eine Einteilung in die Gruppe B, wenn mehr als die Hälfte des Kopfes einbezogen war (vgl. Kapitel 2.2.2.2).

V. Nekrosesektoren

Wir suchten in der Beurteilung des Ortes der Nekrose und der Ausdehnung mögliche neue prognostisch wertvolle Erkenntnisse.

Auf den koronaren Bildern wurde eine Unterteilung des Kopfes in 6 gleich große Bereiche vorgenommen (siehe Abb. 16), damit konnten Angaben über den Befall dieser Sektoren gemacht werden. Als nekrotische Zeichen wurden pathologische Signalgebungen gewertet, die sich besonders als Signalminderungen darstellten (vgl. Kapitel 2.2.3).

Zur Analyse kam weiterhin der summatorische Sektorenbefall durch Addition der befallenen Bereiche.

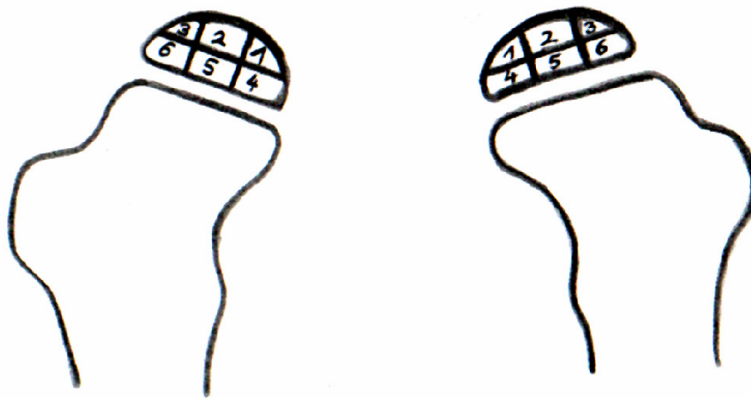


Abb. 16 Nekrosesektoren im MRT

VI. Größe der Nekrose

Die pathologischen Signalgebungen, die für nekrotische Areale sprechen, konnten unterschiedliche Ausmaße annehmen.

Die Ausdehnung der Nekrose wurde in 4 Größenbereichen beschrieben:

- 1 = sehr geringer, initialer Befall
- 2 = Hälfte des Kopfes ist befallen
- 3 = mehr als die Hälfte des Kopfes ist befallen
- 4 = der gesamte Kopf ist nekrotisch

Darstellung der Nekrosebeschreibung an einem Beispiel:

In der MRT-Untersuchung (siehe Abb. 17) eines Initialstadiums eines Morbus Perthes auf der linken Seite werden die Sektoren 2 und 3 als die initial Befallenen angegeben. Der summatorische Sektorenbefall beträgt damit 2. Die Ausdehnung der Nekrose ist noch sehr gering und wird als initial (Größenbereich 1) verschlüsselt.

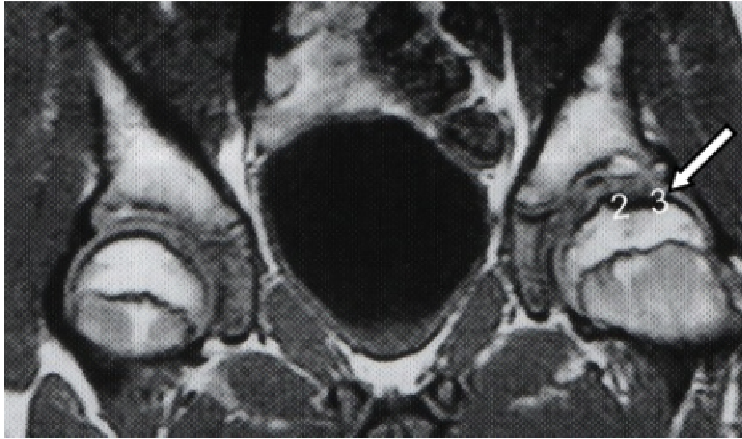


Abb. 17 Bsp. MRT, M. Perthes links

VII. Horizontaler Nekrosebefall

Auf den axialen MRT-Aufnahmen kann der Hüftkopf ebenfalls auf nekrotische Zeichen untersucht werden (siehe Abb. 18 und 19). Es wurde eine Unterteilung in 3 Gruppen vorgenommen:

a = ventraler Befall

b = dorsaler Befall

c = ventraler und dorsaler Befall

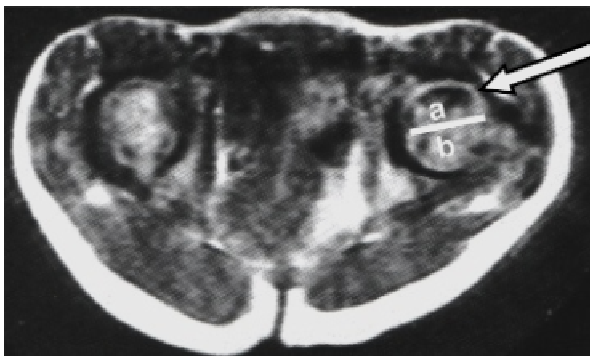


Abb. 18 MRT axial; M. Perthes links

Hier: Befall des ventralen Bereichs (a)



Abb. 19 Horizontaler Nekrosebefall a = ventral

b = dorsal

3.3.2 Analyse der postoperativen Röntgenbilder

Zur Einschätzung des postoperativen Zustandes des Hüftgelenks, einer Restitutio ad integrum oder einer mehr oder weniger deformierten Kopf-Pfannen-Einheit, wurden die folgenden morphometrischen und deskriptiven Parameter an postoperativen Röntgenbildern bestimmt.

Die Veranschaulichung der eigenen Messungen erfolgt in den Abbildungen 20, 21 und 14.

3.3.2.1 Morphometrische Faktoren

Die Strecken wurden in mm, Winkelmessungen in Grad, angegeben.

Zusätzlich wurden zur genaueren Beurteilung des Gelenks Indizes gebildet, welche durch Bestimmung von 2 morphometrischen Daten ein und derselben Seite zusammengesetzt wurden.

I. Schenkelhalsbreite und Schenkelhalslänge

Die Form des Schenkelhalses hat einen entscheidenden Einfluss auf die Endstadiumsbegutachtung, da eine typische Perthes-Deformierung ein verplumpter und damit verkürzter und verbreiteter Schenkelhals ist (vgl. Kapitel 2.1.5 und 2.2.2.1).

Die Schenkelhalsbreite wurde durch den kleinsten Abstand der Schenkelhalsbegrenzungen bestimmt (1 in Abb. 20).

Die Schenkelhalslänge wurde in die Achse des Schenkelhalses gelegt und stand senkrecht zur Schenkelhalsbreite (2 in Abb. 20).

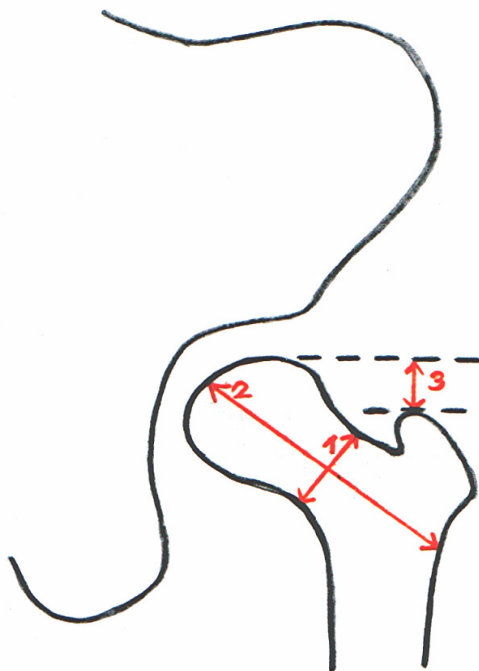


Abb. 20 Analyse postoperativ

II. Verplumpungsindex des Schenkelhalses

Die Darstellung der Verplumpung des Schenkelhalses als Perthes-typische Deformierung kann nach unterschiedlichen Formeln erfolgen (Schulitz und Dustmann 1998), bei denen aber stets Quotienten gebildet werden, in die die Werte der gesunden Seite mit eingehen. In dieser Studie erfolgten die postoperativen Röntgenbilder oft nur als einseitige Aufnahme der pathologischen Seite, weshalb wir selbst einen Index zur Darstellung der Verplumpung auswählten.

Der Index wurde von uns folgendermaßen gebildet:

$$\text{Verplumpungsindex} = \frac{\text{Schenkelhalslänge}}{\text{Schenkelhalsbreite}} \times 100$$

Damit fehlen aufgrund der fehlenden Analyse der Werte der gesunden Seite die Normwertangaben.

Wir bestimmten mit den Werten unserer eigenen Untersuchungen (vgl. Kapitel 4.2.3) einen Grenzwert, der sich aus dem Mittelwert der gesunden Kontrollgruppe von 271,5 % und dem der Perthes erkrankten Gruppe von 223,1 % nach der Gleichung:

$$\frac{149 \text{ Werte Perthes Hüften}}{167 \text{ Perthes+gesunde Kinder}} \times 223,1 + \frac{18 \text{ Werte gesunder Kinder}}{167 \text{ Perthes+gesunde Kinder}} \times 271,5$$

zusammensetzte und den Wert von 230 % ergab. Ein Verplumpungsindex von unter 230 % nahmen wir als einen schlechten Wert zur Einschätzung des Endergebnisses an (vgl. Kapitel 3.3.2.2).

III. Artikulo-trochantäre Distanz

Ein zusätzliches Maß für die Hüftdeformität ist die artikulo-trochantäre Distanz von Edgren (1965). Sie beschreibt die Höhe der Trochanter Spitze und ist damit geeignet zur Beschreibung eines möglichen Trochanterhochstandes (vgl. Kapitel 2.1.5 und 2.2.2.1).

Zur Ermittlung wurde eine horizontale Linie durch die obere Begrenzung des Trochanters und eine weitere parallel durch den höchsten Punkt der Kopfbegrenzung senkrecht zur Körperachse gelegt (3 in Abb. 20).

Der Abstand dieser Linien bestimmte die artikulo-trochantäre Distanz.

Der Normwert wird nach Edgren (1965) mit 21 mm angegeben.

IV. Pfannen-Kopf-Index

Die Lateralisation bzw. Unvollständigkeit der Hüftkopfüberdachung wird durch den Pfannen-Kopf-Index ausgedrückt. Die Strecke von der medialsten Begrenzung des Kopfes und der Körpersenkrechten durch den äußeren Rand des Pfannenerkers ergibt den überdachten Kopfanteil. Die Strecke von der medialsten zur lateralsten Begrenzung des Kopfes stellt die Hüftkopflänge bzw. gesamte Epiphysenbreite dar (h in Abb. 13).

Die Formel lautet damit:

$$\text{Pfannen-Kopf-Index} = \frac{\text{überdachter Kopfanteil}}{\text{Kopflänge}} \times 100$$

Auch hier ermittelten wir einen Grenzwert aus dem jeweiligen Mittelwert der Kranken von 86,1 % und dem der Gesunden von 91,3 % (vgl. Kapitel 4.2.3) nach der Formel:

$$\frac{149 \text{ Werte Perthes Hüften}}{167 \text{ Perthes+gesunde Kinder}} \times 86,1 \quad + \quad \frac{18 \text{ Werte gesunde Kinder}}{167 \text{ Perthes+gesunde Kinder}} \times 91,3$$

Daraus ergab sich für uns ein Grenzwert von 87 %, unter dem ein schlechtes Ergebnis einzuschätzen war (vgl. Kapitel 3.3.2.2).

V. Sphärizität des Hüftkopfes

Mose (1980) sah die sphärische Kongruenz zwischen Kopf und Azetabulum als wesentliche Voraussetzung für ein gutes Ergebnis an (Schulitz und Dustmann 1998). Zur Bestimmung der Kopfform wurde eine transparente Schablone mit konzentrischen Ringen in 2 mm-Abstand aufgelegt und die Differenz der Schnittpunkte der Kalotte mit den sphärischen Moseringen ermittelt (vgl. Kapitel 2.5 und Abb. 21).

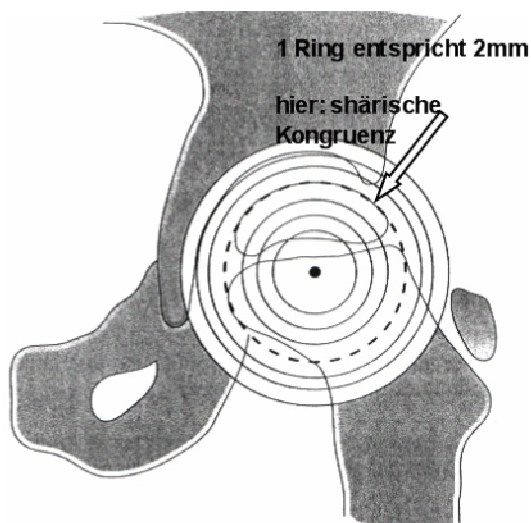


Abb. 21 Bestimmung der Sphärizität nach Mose

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

Zur Beschreibung der Stellung des Femurs wurde der aus der Schenkelhalsachse und der Achse der Femurdiaphyse gebildete Winkel ermittelt (siehe Abb. 14, grüne Linie). Die Normwertangaben ändern sich altersabhängig aufgrund der physiologischen Entwicklung des Schenkelhalses (von 150 ° im Neugeborenenalter bis 120 ° im Greisenalter, im Perthesalter um 130-140 °). Für diese Untersuchung ist die Bestimmung notwendig zur Beschreibung der möglichen Spätdeformität der Coxa vara, bei der der CCD-Winkel unter 120 ° beträgt.

3.3.2.2 Deskriptive Faktoren

Die Analyse einer möglichen präarthrotischen Deformierung wurde durch die Deskription des postoperativen Hüftgelenks ergänzt und dargestellt, in wieweit ein gutes bzw. schlechtes Endergebnis vorlag.

I. Perthes-typisches Endstadium

Es wurde beurteilt, ob Veränderungen, die für ein Perthes-typisches Endstadium sprechen, zu sehen sind. Wir wählten dazu in unserer Analyse die Pfannendysplasie, das sagging-rope sign, ein „hinge abduction“-Phänomen und die pathologische Kongruenz bzw. Inkongruenz des Hüftgelenks aus (vgl. Kapitel 2.1.5 und Abb. 2, sowie Kapitel 2.2.2.1).

Wenn eine dieser Veränderungen zu sehen war, wurde das Endstadium als negativ beurteilt.

II. Ergebniseinschätzung

Durch Analyse der morphometrischen und deskriptiven postoperativen Daten konnte nun eine Endergebniseinschätzung abgegeben werden. Orientiert wurde sich hierbei an 6 Werten: Die Anzahl der postoperativen Moseringe, dem CCD-Winkel postoperativ, der artikulo-trochantären Distanz, dem Verplumpungs- und Pfannen-Kopf-Index und der Endstadiumsbeurteilung. Dabei zählten zu einer negativen Einschätzung des Ergebnisses eine Moseringanzahl größer 1, was einer Radienabweichung von über 2 mm entspricht und damit einer Mosegruppe 2 oder 3 (vgl. Kapitel 2.5), sowie ein CCD-Winkel von unter 120 °, entsprechend der Deformität der Coxa vara. Eine artikulo-trochantäre Distanz von unter 5 mm, damit ein Trochanterhochstand, ist ebenso ein schlechtes Zeichen (Leitch et al. 1991), wie ein Verplumpungsindex von unter 230 % und ein Pfannen-Kopf Index von unter 87 %. Eine schlechte Endstadiumsbeurteilung (vgl. Kapitel 3.3.2.2. I) ist ein zusätzlicher negativer Aspekt. Ein schlechtes Endergebnis ergab sich, wenn 3 oder mehr von den 6 Daten als negativ zu werten waren. Anhand dieser Einschätzung konnte das Ergebnis einer Perthes Erkrankung als gut oder schlecht dargestellt werden und nun der Einfluss der Risikofaktoren auf dieses Ergebnis und damit die prognostische Bedeutung untersucht werden (vgl. Kapitel 4.3).

4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Balken- oder Kreisdiagrammen, Tabellen und Boxplotdarstellungen. Das Boxplotdiagramm kommt bei den morphometrischen Parametern zur Anwendung, wobei das orangefarbige Rechteck als Box bezeichnet und durch das obere und untere Quartil begrenzt wird. Die Box selbst umfasst 50 % der Daten. Der so genannte Interquartilsabstand (IQR) ist durch die Länge der Box abzulesen. Die mittlere horizontale Linie zeigt den Median an. Die Ausreißerwerte werden mit ° (Werte, die zwischen $1,5 \times \text{IQR}$ und $3 \times \text{IQR}$ liegen) und die Extremwerte mit * (Werte, die über $3 \times \text{IQR}$ liegen) gekennzeichnet. Dies sind Werte, die untypisch für die Verteilung des Merkmals sind, weil sie außergewöhnlich weit vom Mittelwert entfernt liegen.

4.1 Ergebnisse der Patientenaktenstudie

Von den 137 untersuchten Patienten hatten 123 Kinder einen Morbus Perthes, da auch ein beidseitiger Befall möglich war, ergeben sich 156 Perthes Hüften. 14 Kinder hatten hingegen eine Coxitis fugax, wobei 2 Kinder beidseitig betroffen waren und sich damit 16 Coxitishüften analysieren lassen. Zudem wurden Daten von 33 gesunden Hüften bestimmt. Durch die geringen Fallzahlen der beiden Vergleichsgruppen sind keine statistischen Aussagen möglich, zur Vergleichbarkeit der Gruppen können die Prozentangaben aber als Trends angesehen werden. In der Analyse der allgemeinen Faktoren der 3 Auswertungsgruppen ergaben sich folgende Ergebnisse:

4.1.1 Geschlechtsverteilung der Patienten

Die 123 Patienten in der Perthesgruppe setzten sich aus 92 Jungen (75 %) und 31 Mädchen (25 %) zusammen, in der Coxitisgruppe waren es 12 Jungen und 2 Mädchen und in der gesunden Gruppe 25 Jungen und 8 Mädchen.

In den 3 Auswertungsgruppen, bezogen auf die Hüftanzahl, stellte sich ebenso eine deutliche Androtropie dar mit 78 % der Hüften mit männlichen Geschlecht und 22 % weiblichen Geschlechts (siehe Tabelle 3):

		Geschlecht		Gesamt	
		Männlich	Weiblich		
Gruppen	Perthes	Anzahl	122	34	156
		% von Perthes	78,2%	21,8%	100%
	Coxitis	Anzahl	13	3	16
		% von Coxitis	81,3%	18,8%	100%
	Gesund	Anzahl	25	8	33
		% von gesund	75,8%	24,2%	100%
Gesamt		Anzahl	160	45	205
		% von Gruppen	78%	22%	100%

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung

In der grafischen Darstellung der einzelnen Gruppen ist der Überschuss der Jungen ebenso deutlich sichtbar (siehe Diagramm 1):

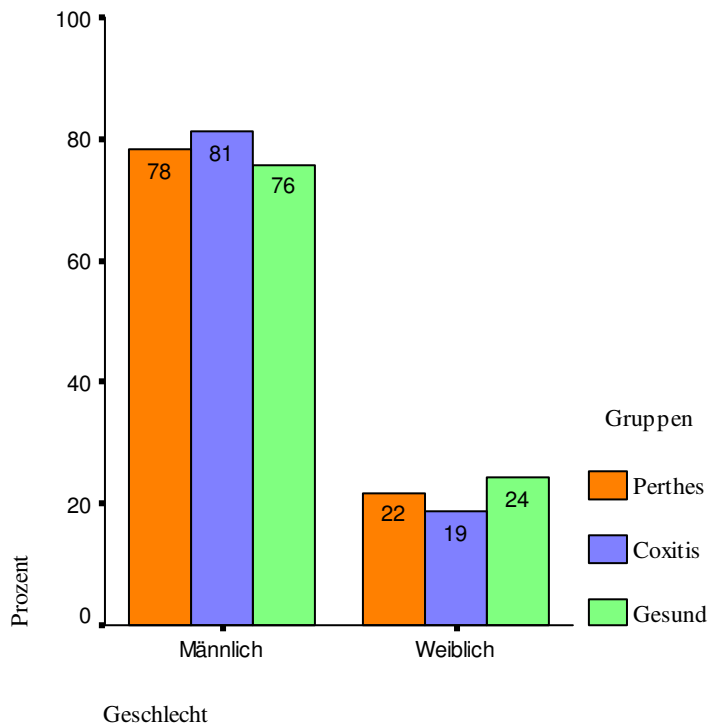


Diagramm 1: Geschlechtsverteilung

4.1.2 Befall der Hüfte

Insgesamt waren 90 Patienten (73,2 %) der Perthesgruppe einseitig erkrankt und 33 Patienten wiesen einen beidseitigen Befall auf, was 26,8 % des Patientengutes entspricht.

In der Coxitisgruppe waren 2 Kinder (14,3 %) beidseits erkrankt und 12 Patienten (85,7 %) einseitig.

4.1.3 Behandlungsvorgehen

Von den 156 Perthes Hüften sind 147 (94,2 %) operativ versorgt worden, lediglich 9 Hüften (5,8 %) wurden konservativ behandelt.

Die operative Behandlung wurde bei 58,5 % der Hüften in der Altersgruppe „gleich und älter als 6 Jahre“ angewandt. 41,5 % der operierten Hüften waren hingegen in der jüngeren Altersgruppe (jünger als 6 Jahre).

Bei dem konservativen Verfahren waren 66,7 % der Hüften in der jüngeren und nur 33,3 % in der älteren Altersgruppe (siehe Tabelle 4):

		Altersgruppe		Gesamt	
		Jünger als 6	Gleich und älter als 6		
Behandl.	Op	Anzahl	61	86	147
		% von Behandl	41,5%	58,5%	100%
	Konservativ	Anzahl	6	3	9
		% von Behandl	66,7%	33,3%	100%
Gesamt		Anzahl	67	89	156
		% von Behandl	42,9%	57,1%	100%

Tabelle 4: Behandlungsvorgehen

4.1.4 Altersverteilung der Patienten

Die Altersverteilung der Patienten in den 3 Gruppen ist relativ ausgeglichen, mit einem Median schwankend um das 6. Lebensjahr (siehe Diagramm 2):

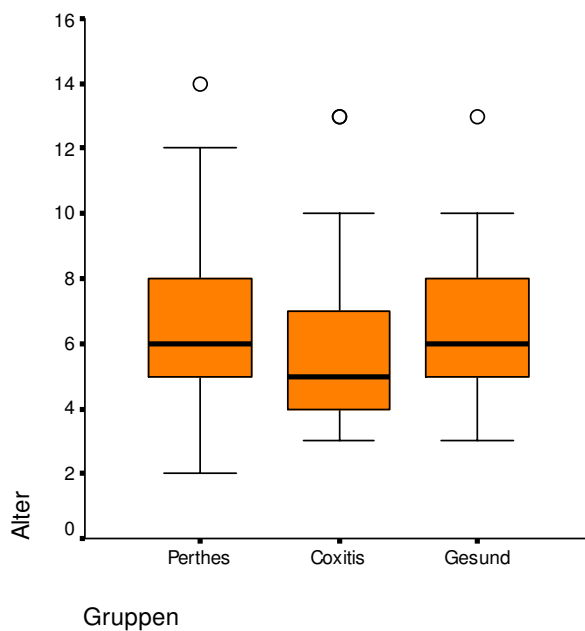


Diagramm 2: Boxplot Altersverteilung

Das Alter bei Diagnosestellung lag bei der M. Perthes-Gruppe im Mittel bei 6,3 Jahren mit einem Minimum von 2 und einem Maximum von 14 Jahren (Standardabweichung von 2,14). In der Coxitisgruppe waren die Kinder im Alter von 3 bis 13, mit einem etwas niedrigeren Mittelwert von 6,1 Jahren (SD von 3,3). Der Mittelwert der gesunden Gruppe lag bei 6,5 Jahren, die Kinder waren im Alter von 3-13 Jahren (SD von 2,18).

Zudem wurden die 2 Altersgruppen:

Altersgruppe 1: Kinder jünger als 6 Jahre und

Altersgruppe 2: Kinder gleich und älter als 6 Jahre festgelegt.

In der Perthesgruppe waren 57,1 % der Hüften in der Altersgruppe 2, hingegen nur 42,9 % in der jüngeren Altersgruppe. Auch in der gesunden Gruppe waren die Werte zu 66,7 % in der älteren, nur 33,3 % in der jüngeren Altersgruppe.

In der Coxitisgruppe verhielt es sich entgegengesetzt mit 62,5 % der Hüften in der Gruppe jünger als 6 Jahre und 37,5 % in der älteren Gruppe (siehe Tabelle 5):

		1 Altersgruppe 2		Gesamt
		Jünger 6	Gleich und älter als 6	
Gruppen	Perthes	67	89	156
		42,9%	57,1%	100%
	Coxitis	10	6	16
		62,5%	37,5%	100%
	Gesund	11	22	33
		33,3%	66,7%	100%
Gesamt		88	117	205
		42,9%	57,1%	100%

Tabelle 5: Altersgruppen

4.2 Ergebnisse der bildgebenden Verfahren

Unsere Analysen erfolgten an prä- und postoperativen Röntgenbildern, sowie präoperativen MRT-Bildern. Es konnten nicht immer alle 156 Perthes Hüften, 16 Coxitishüften und 33 gesunden Werte analysiert werden, aufgrund von fehlenden oder nicht auswertbaren Bildern.

Die Bilder der 3 Auswertungsgruppen wurden verschiedenen Messungen unterzogen, nach bestimmten Kriterien untersucht und ausgewertet (vgl. Kapitel 3.3):

4.2.1 Ergebnisse der präoperativen Röntgenbilder

In der Perthesgruppe standen 101 morphometrische Werte, in der Coxitisgruppe 14 Hüftwerte und 21 in der gesunden Gruppe zur Verfügung. In der deskriptiven Analyse konnten 151 Hüftwerte der Pertheskinder ausgewertet werden.

Morphometrische Faktoren:

1. Lateralisation Epiphyse und Lateralisation Femur

In der Perthesgruppe ergab sich ein Mittelwert von 9,5 mm (Standardabweichung 1,8), in der Coxitisgruppe von 8,5 mm (SD 1,1) und bei den Gesunden ein Wert von 7,7 mm (SD 1,0) bei der Lateralisation Epiphyse.

Im Diagramm 3 wird die Verteilung der gemessenen Werte, sowie die Mediane (Perthesgruppe 9,5 mm; Coxitisgruppe 8,5 mm; gesunde Gruppe 8 mm) in einer Boxplotdarstellung verdeutlicht (siehe Diagramm 3):

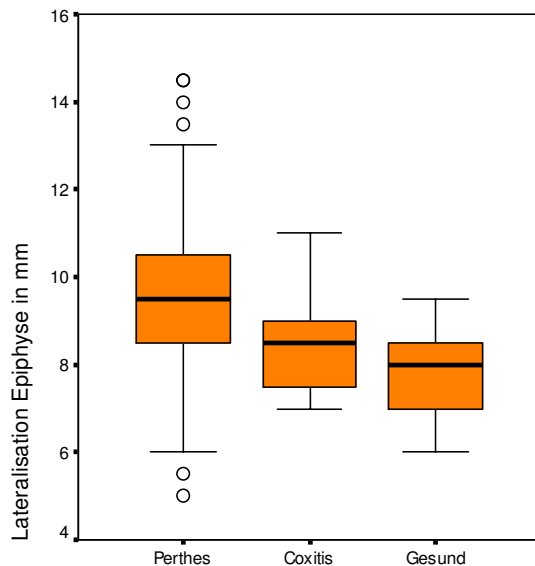


Diagramm 3: Boxplot Lateralisation
Epiphyse Rö

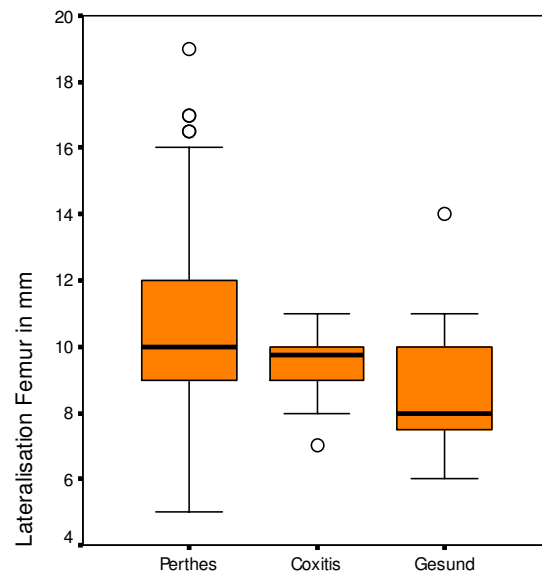


Diagramm 4: Boxplot Lateralisation
Femur Rö

Der Mittelwerte der Lateralisation Femur lagen in der Perthesgruppe bei 10,7 mm (SD 2,6), in der Coxitisgruppe bei 9,4 mm (SD 1,2) und in der gesunden Gruppe bei 8,6 mm (SD 1,9).

Das Diagramm 4 zeigt die Verteilung der Werte und die Mediane mit 10 mm (Perthes), 9,7 mm (Coxitis fugax) und 8 mm (Gesund) in einem Boxplot.

II. Länge Hüftkopf und Extrusion

Die Werte der Hüftkopflängen waren ähnlich und betragen im Mittel in der Perthesgruppe 29,5 mm, in der Coxitisgruppe 28,6 mm und in der gesunden 28,2 mm.

Im Gegensatz dazu zeigten die Mittelwerte der Extrusion Unterschiede: In der Perthesgruppe mit 4,3 mm (SD 4,3), in der Coxitisgruppe 3,2 mm (SD 2,6) und bei den Gesunden 2,7 mm (SD 3,0).

Die Mediane (Perthes 3,5 mm; Coxitis fugax 2,7 mm; Gesund 3,0 mm) zeigen sich im folgenden Boxplot (siehe Diagramm 5):

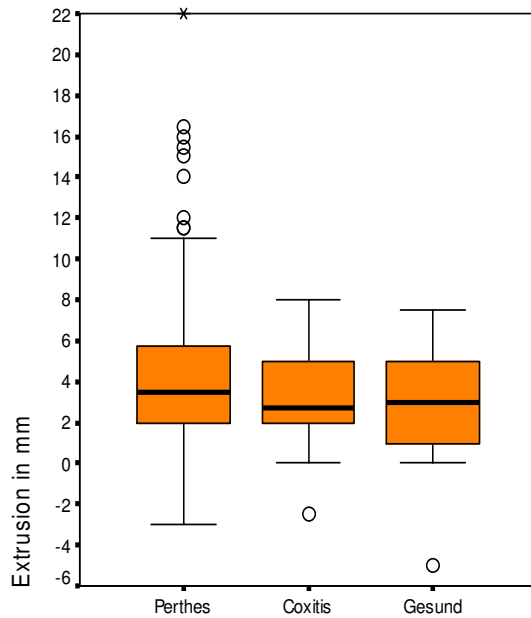


Diagramm 5: Boxplot Extrusion Rö

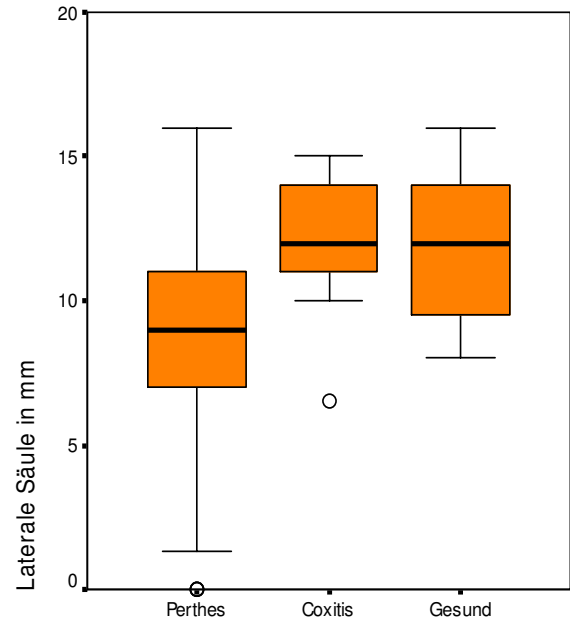


Diagramm 6: Boxplot Laterale Säule

III. Laterale Säule

Deutliche Unterschiede zeigten sich bei den Mittelwerten der Höhe der lateralen Säule. In der gesunden Gruppe betrug er 12 mm (SD 2,6), wie auch in der Coxitisgruppe mit 12,1 mm (SD 2,3). In der Perthesgruppe ergab sich ein Mittelwert von 8,9 mm (SD 3,7). Diagramm 6 zeigt die Boxplotanalyse, wobei die Mediane in der gesunden Gruppe bei 12 mm, in der Coxitisgruppe bei 12 mm und in der Perthesgruppe bei 9 mm liegen.

IV. Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel

Die Mittelwerte bewegten sich in der gesunden Gruppe um 30,6 ° (SD 6,8), in der Coxitisgruppe um 29,9 ° (SD 7,2) und bei den Pertheskindern um 31,3 ° (SD 8).

Diagramm 7 verdeutlicht die Mediane (Perthes 32 °, Coxitis 30 °, Gesund 30 °):

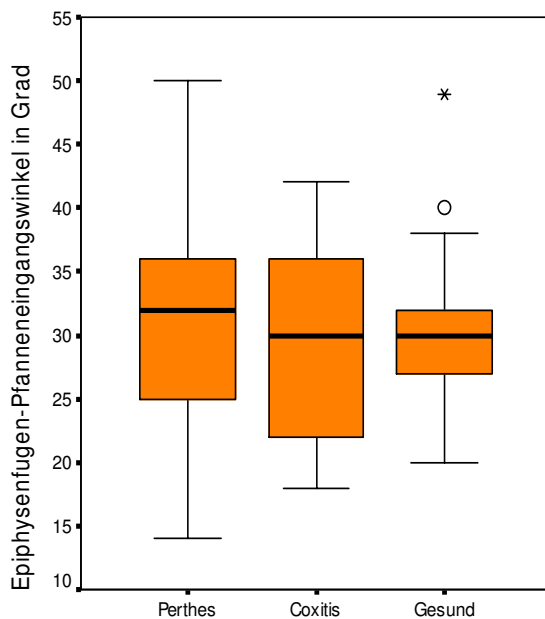


Diagramm 7: Boxplot Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel

Deskriptive Faktoren:

V. Laterale Verkalkung

Auf den präoperativen Röntgenbildern war in 59,6 % der Fälle keine laterale Verkalkung zu finden; in 40,4 % war ein Befall auffällig, der in 31,1 % sehr stark zu sehen war, in 9,3 % nur leicht (siehe Diagramm 8):

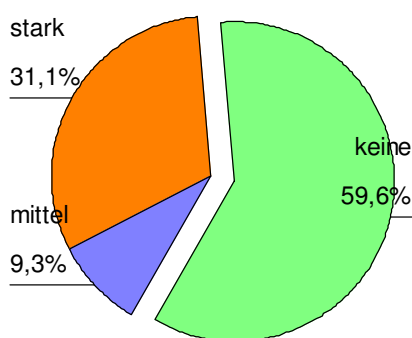


Diagramm 8: Laterale Verkalkung Röntgen

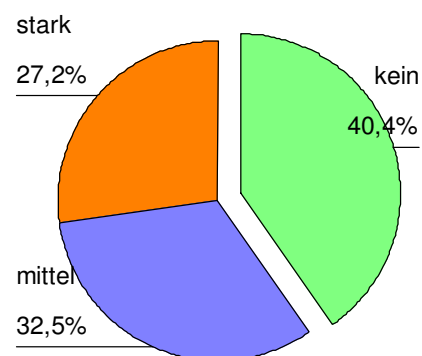


Diagramm 9: Gage Zeichen Röntgen

VI. Gage Zeichen

Das Gage Zeichen war in 59,7 % zu sehen, wobei es in 27,2 % sehr deutlich war. In 40,4 % war dieser Risikofaktor nicht zu finden (siehe Diagramm 9).

VII. Metaphysäre Beteiligung und Ort des Metaphysenbefalls

Von den 151 betrachteten Hüften war die Metaphyse in 49,7 % nicht befallen, in 50,4 % war eine Mitbeteiligung zu sehen, die in 35,8 % stark, hingegen nur in 14,6 % als leicht einzustufen war (siehe Diagramm 10):

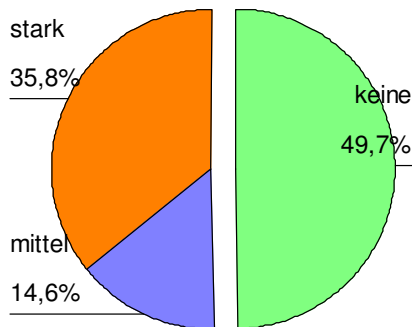


Diagramm 10: Metaphysäre Beteiligung RÖ

Dabei war der Ort der Beteiligung sehr unterschiedlich:

Zu 32,9 % und damit am häufigsten war der Befall als schmaler Streifen entlang der Epiphysenfuge. Der ausschließlich laterale Befall war zu 19,7 %, der mediale zu 17,1 % anzutreffen; der Befall der gesamten Metaphyse zu 15,8 % und am wenigsten (14,5 %) war der Befall lediglich des zentralen Metaphysenbereichs.

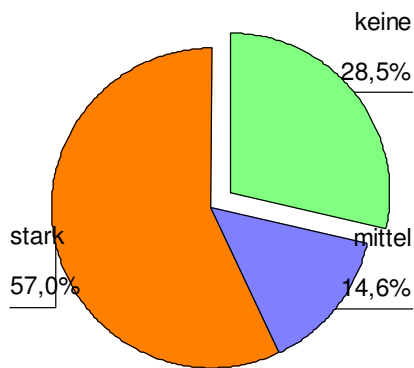
Bei den 76 Hüften (50,4 %), die einen Metaphysenbefall aufwiesen, verteilte sich der Ort der Beteiligung wie folgt (siehe Tabelle 6):

		Ort des Metaphysenbefalls					Gesamt
		Lateral	Zentral	Medial	Fuge	Gesamte	
	Mittel	7	3	3	8	1	22
	Stark	8	8	10	17	11	54
Gesamt		15	11	13	25	12	76
Gültige Prozente:		19,7	14,5	17,1	32,9	15,8	100%

Tabelle 6: Metaphysenbefall Röntgen

VIII. Subchondrale Frakturlinie

Eine subchondrale Frakturlinie war in 28,5 % der untersuchten Hüften nicht, in 71,6 % (108 von den 151 Hüften) hingegen war sie zu finden. Dabei war sie zu 57 % sehr ausgeprägt zu sehen gewesen (siehe Diagramm 11):



		Größe des Befalls		
		Salter A	Salter B	
	Mittel	17	5	22
	Stark	15	71	86
Gesamt		32	76	108
Gültige Prozente:		29,6	70,4	100%

Diagramm 11: Subchondrale Frakturlinie Röntgen

Tabelle 7: Subchondrale Frakturlinie Röntgen

Die 108 betroffenen Hüften wurden zudem auf das Ausmaß der subchondralen Frakturlinie analysiert. Dabei war weniger als die Hälfte des Kopfes (Salter A) in 29,6 % befallen und der größte Anteil (70,4 %) zeigte eine Beteiligung der subchondralen Frakturlinie an über der Hälfte des Kopfes (Salter B) (siehe Tabelle 7).

4.2.2 Ergebnisse der magnetresonanztomographischen Bilder

In der MRT-Analyse kamen 122 Hüftwerte der Perthesgruppe zur Auswertung, wobei ein Maßstab am MRT bei 98 Werten zu finden war und damit in 26 Fällen lediglich Indizes gebildet werden konnten (vgl. Kapitel 3.3.1.1). In der Coxitisgruppe standen 16 Werte zur Verfügung, lediglich in einem Fall war kein Maßstab vorhanden. Für die gesunde Gruppe waren 33 Daten zur Vergleichsanalyse auswertbar.

Morphometrische Faktoren:

I. Lateralisation Epiphyse und Lateralisation Femur

In der Perthesgruppe ergab sich bei den zur Verfügung stehenden 98 Werten für die Lateralisation Epiphyse ein Mittelwert von 10,8 mm (SD 2,3), ähnlich der Coxitisgruppe mit 10,5 mm (SD 1,7). Dagegen in der Gesunden nur ein Wert von 8,5 mm (SD 1,3).

Die Darstellung der Werteverteilung und die Mediane (Perthes 10,5 mm; Coxitis 10,3 mm; Gesund 8,7 mm) erfolgt im Diagramm 12:

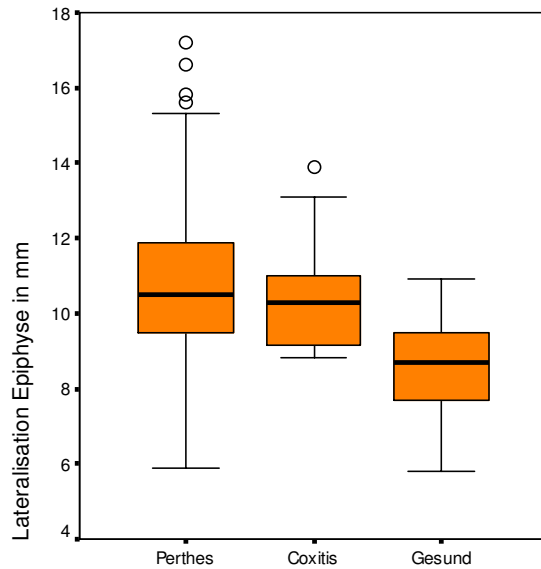


Diagramm 12: Boxplot Lat. Epiphyse MRT

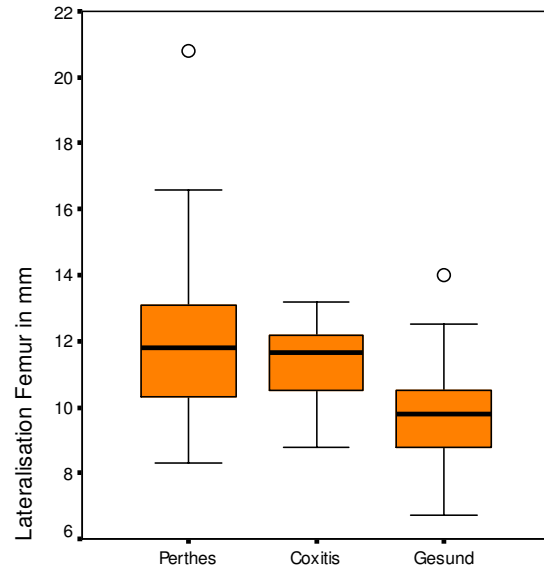


Diagramm 13: Boxplot Lat. Femur MRT

Die Mittelwerte der Lateralisation Femur lagen bei den Perthesdaten bei 11,8 mm (SD 2,1), bei den Coxitisdaten bei 11,3 (SD 1,3) und die Gesunden lediglich bei 9,8 mm (SD 1,6). Das Diagramm 13 zeigt die Mediane bei Perthes mit 11,8 mm, Coxitis 11,7 mm und die Gesunden mit 9,8 mm.

II. Länge Hüftkopf und Extrusion

Im Mittel betrug die Hüftkopflänge für die Pertheskinder 33,4 mm, für die Coxitiskinder 33 mm und die gesunden Kinder 32,8 mm.

Einen Gegensatz sah man in den Extrusionswerten mit 7,2 mm (SD 2,1) bei den Gesunden, bei den Coxitisdaten mit 9,3 mm (SD 1,7) und den Perthesdaten mit 9,9 mm (SD 3,8).

Es folgt die Veranschaulichung im Boxplot mit den Medianen (Perthes 9,5 mm; Coxitis 9,4 mm, Gesund 7,1 mm) im Diagramm 14:

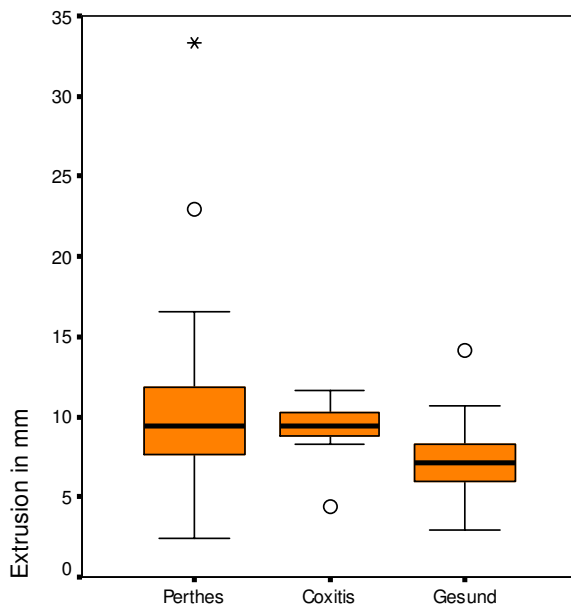


Diagramm 14: Boxplot Extrusion MRT

III. Lateralisations- und Extrusionsindizes

Die Mittelwerte der Indizes, die aus den morphometrischen Daten Lateralisation und Extrusion zum Bezug auf die Hüftkopflänge gebildet wurden, sind in folgender Tabelle verdeutlicht:

	Perthes	Coxitis	Gesund
Lateralisationsindex Epiphyse	0,33	0,33	0,26
Lateralisationsindex Femur	0,36	0,35	0,29
Extrusionsindex	0,3	0,28	0,22

Tabelle 8: Indizes

(Durch Multiplikation mit 100 ergeben sich die entsprechenden Prozentwerte.)

IV. Labrumwinkel

Der Labrumwinkelmittelwert in der gesunden Gruppe betrug 46° (Minimum 38° , Maximum 54° , SD 3,4), in der Coxitisgruppe $48,7^\circ$ (Minimum 42° , Maximum 53° , SD 2,9), dagegen in der Perthesgruppe $54,2^\circ$ (Minimum 36° , Maximum 80° , SD 7,9). Die Verschiebung der Labrumspitze nach oben, damit die Zunahme des Winkels, erkennt man auch an den Medianwerten (gesunde Gruppe 46° ; Coxitisgruppe $49,5^\circ$; Pertheskindern 54°). Weiterhin verdeutlicht die Boxplotanalyse gut, dass die mittleren 50 % der Werte der gesunden Gruppe

die 50° nicht überschreiten und die mittleren 50 % der Werte der Perthesgruppe erst ab 50° beginnen (siehe Diagramm 15):

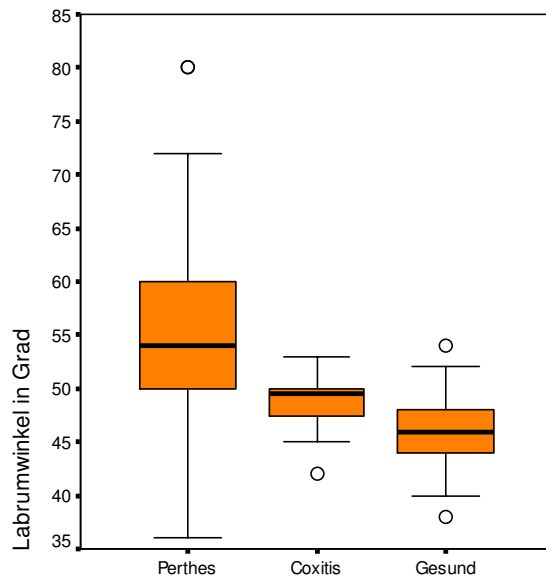


Diagramm 15: Boxplot Labrumwinkel

Deskriptive Faktoren:

V. Laterale Verkalkung

Im MRT waren zu fast 60 % (59,8 %) keine Zeichen einer lateralen Verkalkung zu sehen, der Befall zu 40,1 % war zum überwiegenden Teil stark (31,1 %) (siehe Diagramm 16):

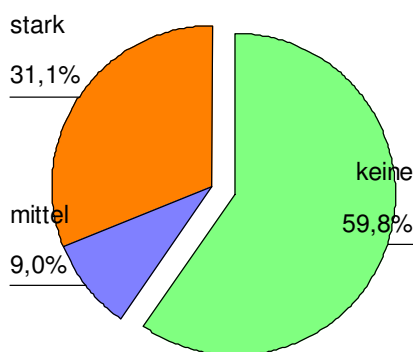


Diagramm 16: Laterale Verkalkung MRT

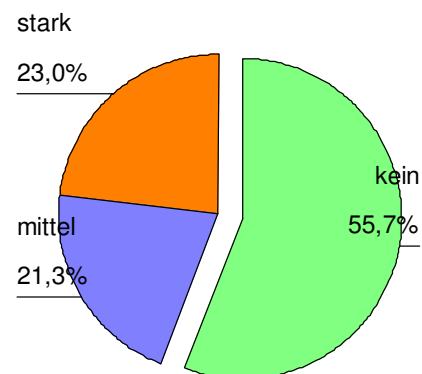


Diagramm 17: Gage Zeichen MRT

VI. Gage Zeichen

Auch dieser mögliche Risikofaktor war zum größten Teil (55,7 %) nicht zu finden. Beim möglichen Vorhandensein war die Stärke der Ausprägung ausgeglichen um 20 % liegend (siehe Diagramm 17).

VII. Metaphysäre Beteiligung und Ort des Metaphysenbefalls

Die Perthes Hüften zeigten zu 46,7 % keine metaphysäre Beteiligung. Ein möglicher Befall war zu 32 % stark und nur zu 21,3 % leicht zu sehen (siehe Diagramm 18):

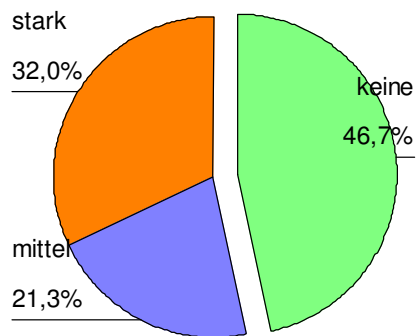


Diagramm 18: Metaphysäre Beteiligung MRT

Für die 65 metaphysär befallenen Hüftdaten erfolgt die Dokumentation des Ortes der Beteiligung in der folgenden Tabelle:

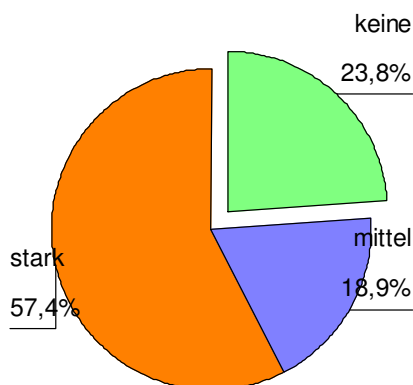
		Ort des Metaphysenbefalls					Gesamt
		Lateral	Zentral	Medial	Fuge	Gesamte	
	Mittel	7	3	6	10	0	26
	Stark	4	9	8	7	11	39
Gesamt		11	12	14	17	11	65
Gültige Prozente		16,9	18,5	21,5	26,2	16,9	100%

Tabelle 9: Metaphysenbefall MRT

Sichtbar wird der vorwiegende Befall entlang der Epiphysenfuge (26,2 %), gefolgt von dem ausschließlichen Befall medial (21,5 %) und zentral (18,5 %). Mit 16,9 % war der laterale Bereich, ebenso eine gesamte Beteiligung der Metaphyse, vertreten.

VIII. Subchondrale Frakturlinie

Die subchondrale Frakturlinie war in 23,8 % der Fälle nicht zu finden. Bei 93 Pertheshüften (76,3 %) hingegen war sie deutlich sichtbar. Größtenteils (57,4 %) war ein starker Befall zu vermerken (siehe Diagramm 19):



		Größe des Befalls		Gesamt
		A	B	
	Mittel	22	1	23
	Stark	15	55	70
Gesamt		37	56	93
Gültige Prozente		39,8	60,2	100%

Diagramm 19: Subchondrale Frakturlinie MRT

Tabelle 10: Subchondrale Frakturlinie MRT

Die subchondrale Frakturlinie verlief dabei bei 39,8 % nur bis zur Hälfte des Hüftkopfes (Salter A), bei 60,2 % war sie über die Hälfte des Kopfes (Salter B) (siehe Tabelle 10).

IX. Nekrosesektoren

Die folgende Tabelle 11 zeigt die Häufigkeit einer pathologischen Signalgebung in den Hüftkopfbereichen 1 bis 6 (vgl. Kapitel 3.3.1.2 und Abb. 16), jeweils bezogen auf die untersuchten 122 Pertheshüften:

	Bereich 1	Bereich 2	Bereich 3	Bereich 4	Bereich 5	Bereich 6
Häufigkeit des Befalls	72 59%	103 84,4%	74 60,7%	45 36,1%	68 55,7%	47 38,5%
Gesamt	122	122	122	122	122	122

Tabelle 11: Nekrosesektoren

Dabei wird deutlich, dass bei den betrachteten 122 Hüften der Bereich 2 des Hüftkopfes (zentral oben) am häufigsten (84,4 %) mit befallen war, der Bereich 4 (medial unten) nur in 36,1 % von 122 Werten (Bereich 2 > 3 > 1 > 5 > 6 > 4).

Das Diagramm 20 stellt die summatorischen Nekrosebereiche dar, die sich durch Addition der befallenen Sektoren ergeben. 41 der 122 Pertheshüften (33,6 %) zeigten einen Befall von 2 Bereichen des Hüftkopfes, bei 25 Hüften (20,5 %) waren alle 6 Bereiche betroffen und bei 22 (18 %) waren es nur 4 Bereiche. 3 Bereiche ergaben sich in der Summe bei 19 Hüften (15,6 %),

1 Sektorbefall war bei 11 Hüften (9 %) und 5 Sektoren waren bei 4 Hüften (3,3 %) betroffen:

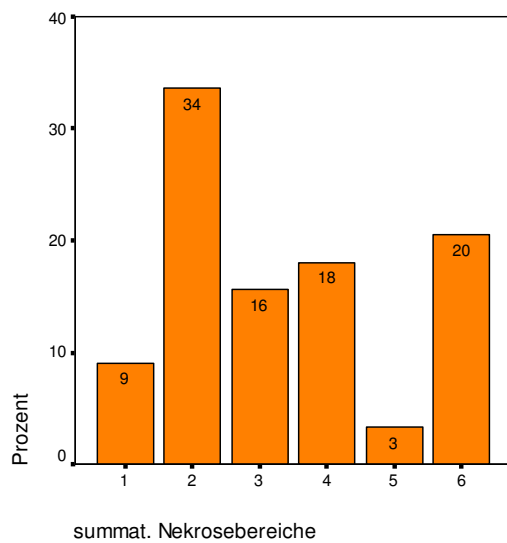


Diagramm 20: Summatorische Nekrosebereiche

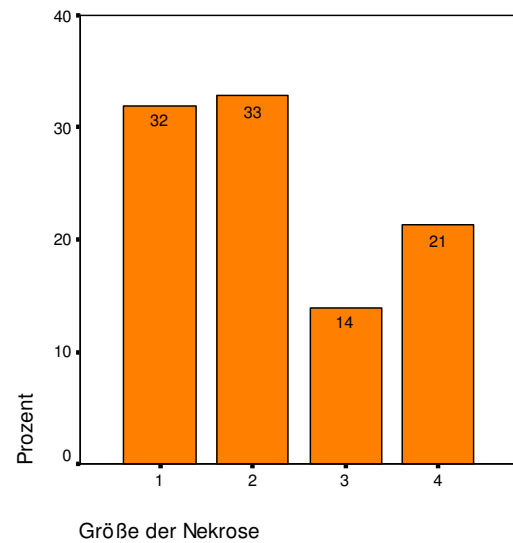


Diagramm 21: Größe der Nekrose

Eine Betrachtung der Größe der Nekroseausdehnung zeigt, dass von den 122 analysierten Perthes Hüften 64,8 % einen initialen Befall des Kopfes zeigten, der ein Ausmaß bis zur Hälfte des Kopfes annehmen kann (32 % initialer Befall = Größenbereich 1 und 32,8 % Befall bis zur Hälfte des Kopfes = Größenbereich 2). In 13,9 % war mehr als die Hälfte des Kopfes nekrotisch (Größenbereich 3), der gesamte Kopf (Größenbereich 4) war zu 21,3 % befallen (siehe Diagramm 21).

Bei der Analyse der axialen MRT-Aufnahmen dokumentierten wir einen fast ausschließlichen Befall ventral und dorsal mit 102 von 122 betrachteten Hüften (83,6 %), ein lediglich ventraler nekrotischer Befall war nur in 19 Fällen (15,6 %), nur in einem Fall (0,8 %) war ein ausschließlich dorsaler Befall (siehe Diagramm 22) anzutreffen.

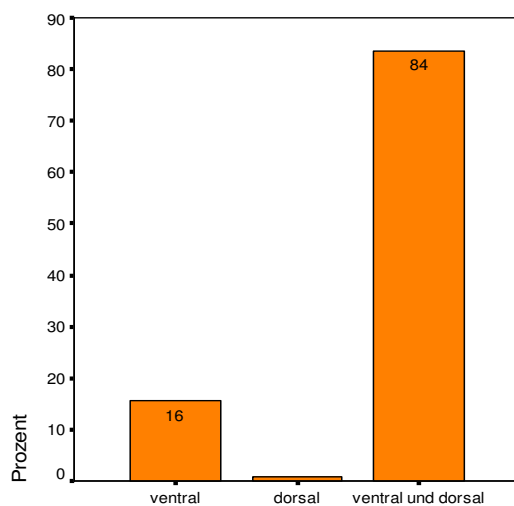


Diagramm 22: Horizontaler Nekrosebefall

Wichtig zur frühprognostischen Analyse ist die Untersuchung der Nekrosebereiche, die am häufigsten betroffen sind, wenn vorerst ein minimaler Befall im MRT zu verzeichnen ist, das heißt, die Erkrankung in den Anfangsstadien ist. Damit kann dargestellt werden, auf welche Bereiche des Kopfes bei der Betrachtung der MRT-Aufnahmen besonders geachtet werden muss.

Die folgende Tabelle 12 zeigt die Bereiche des Hüftkopfes, die befallen waren (gekennzeichnet mit +), wenn der Größenbereich der Nekrose 1 war, das heißt, ein initialer Befall vorzufinden war, was bei 39 von den 122 Hüften der Fall war:

Befall:

Sektor 1				+	+	+						
Sektor 2	+			+			+	+				
Sektor 3		+			+		+		+			
Sektor 4						+						
Sektor 5			+					+		+		
Sektor 6									+	+		
Häufigkeit des Befalls:	6	2	3	2	1	10	5	8	1	1	Gesamt:	39
Prozente:	15,4	5,1	7,7	5,1	2,6	25,6	12,8	20,5	2,6	2,6		100 %

Tabelle 12: Nekrosegröße 1, initialer Sektorenbefall

Deutlich wird, dass bei 10 von den 39 initial befallenen Hüften (25,6 %) die Sektoren 1 und 4 des Hüftkopfes befallen waren, gefolgt von den Sektoren 2 und 5 mit 20,5 %, sowie dem alleinigen Befall des Sektors 2 mit 15,4 %.

In Tabelle 13 wird die Betrachtung auf den Größenbereich 2 gelenkt, bei dem der Kopf bis zur Hälfte nekrotisch war (bei 40 von 122 Hüften). Man sieht, dass die Sektorenkombination 1, 2 und 3 am häufigsten auftrat (35 %), gefolgt wiederum von den Sektoren 2 und 5 mit 20%:

Befall:

Sektor 1	+	+	+	+	+	+	+							
Sektor 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Sektor 3		+	+				+	+		+	+	+		
Sektor 4			+	+		+								
Sektor 5					+	+			+		+	+		
Sektor 6							+			+	+	+		
Häufigkeit des Befalls:	2	14	1	1	2	1	3	3	8	1	3	1	Gesamt:	40
Prozente:	5	35	2,5	2,5	5	2,5	7,5	7,5	20	2,5	7,5	2,5		100 %

Tabelle 13: Nekrosegröße 2, initialer Sektorenbefall

4.2.3 Ergebnisse der postoperativen Röntgenbilder

Zur Analyse der postoperativen Röntgenbilder standen für die Perthesgruppe 149 Daten zur Verfügung, in der gesunden Vergleichsgruppe waren es 18 Werte.

Morphometrische Faktoren:

I. Schenkelhalsbreite und Schenkelhalslänge

In der gesunden Gruppe ergab sich ein Mittelwert von 28,5 mm (SD 4,5), in der Perthesgruppe hingegen betrug er 33,8 mm (SD 7,3). Die Mediane (Perthes 32 mm, Gesund 29 mm) werden in dem folgenden Boxplotdiagramm 23 deutlich:

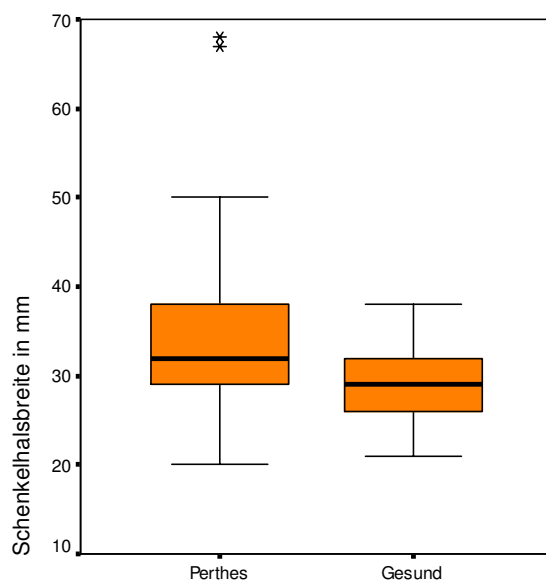


Diagramm 23: Boxplot Schenkelhalsbreite

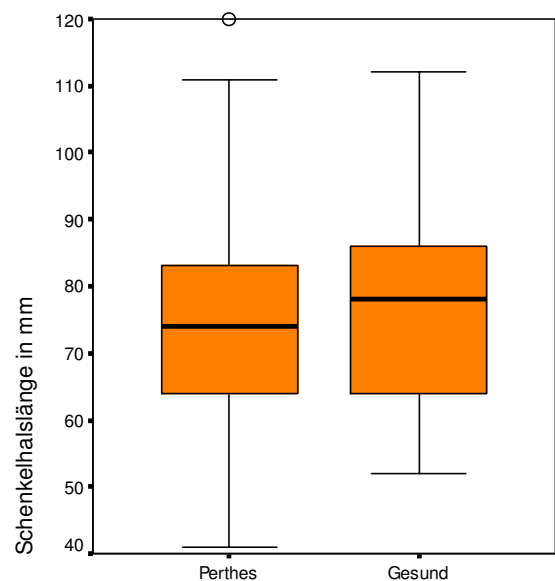


Diagramm 24: Boxplot Schenkelhalslänge

Die Schenkelhalslänge verhielt sich umgekehrt, in der gesunden Gruppe mit einem Mittelwert von 77,6 mm (SD 15), in der Perthesgruppe von 74,1 mm (SD 14). Die Mediane zeigen Werte von 78 mm bei den Gesunden und 74 mm bei den Pertheskindern (siehe Diagramm 24).

II. Verplumpungsindex des Schenkelhalses

Als Mittelwerte ergaben sich in der gesunden Vergleichsgruppe 271,5 % (SD 21,2) und in der erkrankten Gruppe 223,1 % (SD 37,6).

Das Diagramm 25 zeigt deutlich die Unterschiede in der Verteilung der Werte, sowie die Mediane (224,1 % bei Perthes, 277,5 % bei den Gesunden).

Man erkennt außerdem, dass die mittleren 50 % der Daten der gesunden Gruppe über 250 % liegen und die mittleren 50 der Pertheskinder unter 250 %:

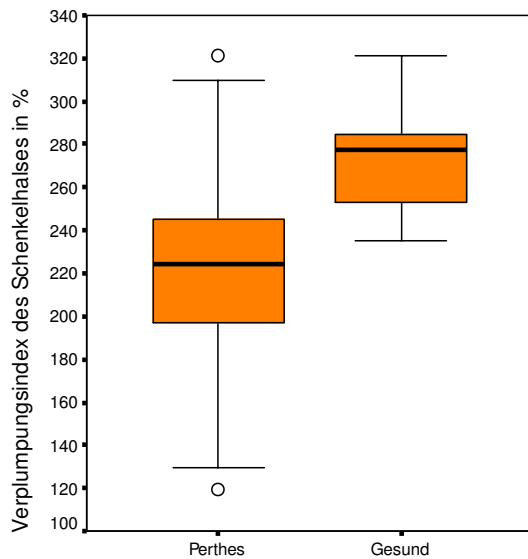


Diagramm 25: Boxplot Verplumpungsindex SH

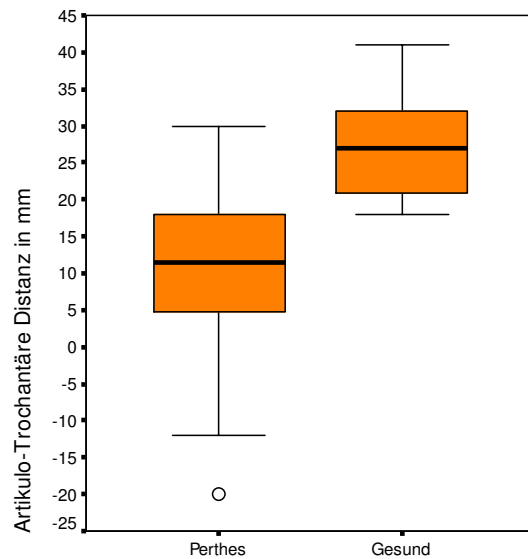


Diagramm 26: Boxplot AT-Distanz

III. Artikulo-trochantäre Distanz

Die artikulo-trochantäre Distanz als Maß für den Trochanterhochstand war in der Perthesgruppe mit einem Mittelwert von 10,5 mm (SD 9,6) zu dokumentieren.

In der Vergleichsgruppe der Gesunden mit 26,8 mm (SD 6,3) war diese Distanz deutlich größer und zeigte damit eine normale Trochanterhöhe an. Die Mediane (Perthes 11,5 mm; Gesund 27 mm), sowie die Verteilung der mittleren 50 % Werte zeigt das Diagramm 26.

IV. Pfannen-Kopf-Index

Zur Analyse des überdachten Kopfanteils wählten wir die Bestimmung des Pfannen-Kopf-Index, der in der gesunden Gruppe einen Mittelwert von 91,3 % (SD 7,1) und in der kranken Gruppe einen Wert von 86,1 % (SD 10,7) ergab.

Auch die Mediane, die im Diagramm 27 veranschaulicht sind, differieren (Gesund 89 %, Perthes 85 %):

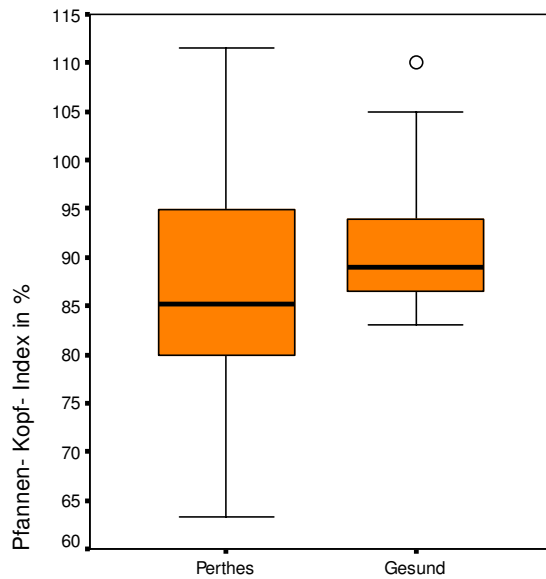


Diagramm 27: Boxplot Pfannen-Kopf-Index

V. Sphärizität des Hüftkopfes

Zur Beurteilung des Hüftkopfes bestimmten wir die abweichende Anzahl der Moseringe, wobei wir Werte von 0 bis zu 7 abweichenden Ringen dokumentieren konnten, mit einem Mittelwert von 1,3 Ringen. Das Diagramm 28 zeigt, dass die Ringanzahl 1, das heißt, eine Radienabweichung von 2 mm, am häufigsten zu finden war (27 %), gefolgt von einer Abweichung um 0,5 Ringe, entsprechend einer Radienabweichung von 1 mm, mit 23 %:

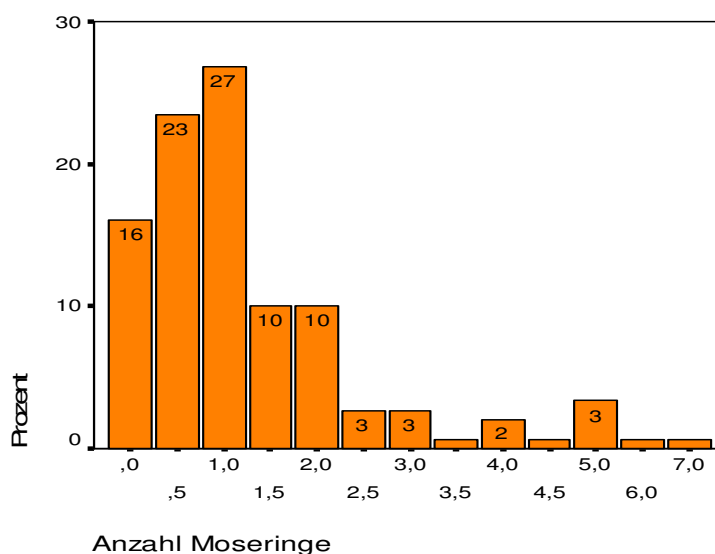


Diagramm 28: Anzahl Moseringe

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

Die Bestimmung des CCD-Winkels erfolgt zur Ermittlung der Stellung des Femurs, wobei sich die Mittelwerte, als auch die Mediane (siehe Diagramm 29) in der gesunden Gruppe bei 140 ° (SD 7,1) bewegten und in der erkrankten Gruppe um 122 ° (SD 7,8):

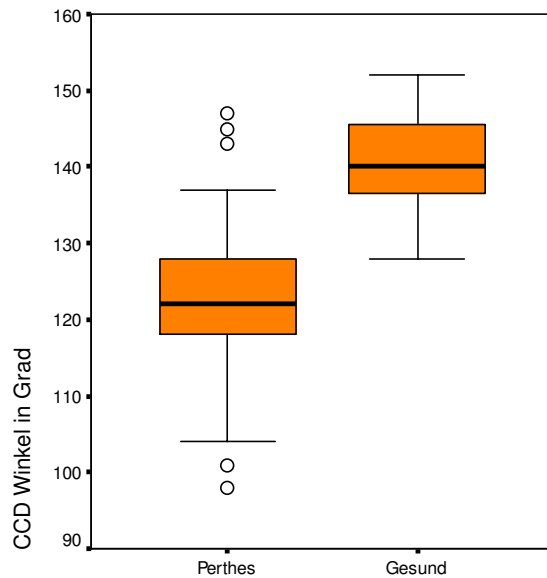


Diagramm 29: Boxplot CCD-Winkel

Deskriptive Faktoren:

VII. Perthes-typisches Endstadium

In 45 Fällen der 149 untersuchten Hüften zeigten sich Perthes-typische Veränderungen, insofern wurde in 30,2 % ein negatives Endstadium dokumentiert. Bei 104 Hüften (69,8 %) fielen keine schwerwiegenden pathologischen Veränderungen auf.

VIII. Ergebniseinschätzung

In der Tabelle 14 wird die negative Einschätzung der morphometrischen und deskriptiven Daten der postoperativen Röntgenbilder dargestellt:

	Anzahl Moseringe	CCD-Winkel	AT-Distanz	Verplumpungs-Index	Pfannen-Kopf-Index	Perthes-typisches Endstadium
	>1	< 120°	< 5mm	< 230%	<87%	Negativ
Anzahl	90/149	56/149	39/149	83/149	78/149	45/149
Prozente	60,4%	37,6%	26,2%	55,7%	52,3%	30,2%

Tabelle 14: Postoperative Einschätzung

In 60,4 % war die Anzahl der Moseringe hoch, auch der Verplumpungs- und der Pfannen-Kopf-Index musste in der Ergebniseinschätzung oft als negativ eingestuft werden.

Durch Analyse der morphometrischen und deskriptiven Daten wurde für jede der 149 untersuchten Perthes Hüften eine Endergebniseinschätzung abgegeben.

Dabei war ein Endergebnis schlecht, wenn mindestens 3 von den 6 untersuchten Daten der Tabelle 14 als negativ bewertet wurden. Insgesamt konnten 84 der 149 Hüften (56,4 %) als gut eingestuft werden, 65 Fälle als schlecht (43,6 %).

4.3 Risikoparameteranalyse

In dieser Risikoparameteranalyse sollte zum Ausdruck kommen, inwieweit ausgewählte Risikofaktoren einen Einfluss auf das Endergebnis einer Pertheserkrankung haben können. Durch die postoperative Analyse lagen Endergebniseinschätzungen von 149 Perthes Hüften vor. Die Risikofaktoren der folgenden Kapitel wurden zu diesen Einschätzungen in Beziehung gesetzt.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation Jena dienten zum Nachweis der prognostischen Abhängigkeit der Endergebnisse von den Risikofaktoren als Signifikanztest der Chi-Quadrat- und der T-Test. Wir gingen von einem Signifikanzniveau α von 0,05 aus. Damit lag bei einem Wert von $p < 0,05$ statistische Signifikanz vor. In den Balkendiagrammen sind die signifikanten Balken mit einem * gekennzeichnet.

Zudem wurde untersucht, ob das MRT als sensitiveres Verfahren und zur Analyse bestimmter Faktoren geeigneter in der Prognoseeinschätzung ist und damit als Standarddiagnostikum angewandt werden sollte.

4.3.1 Allgemeine Faktoren

Zur Untersuchung des Einflusses allgemeiner Faktoren auf das Endergebnis wurde der Chi-Quadrat-Test als Signifikanztest verwendet (Testtabellen im Anhang).

4.3.1.1 Geschlecht

Die Tabelle 15, als auch das Diagramm 30, zeigt, dass bei den Hüften männlichen Geschlechts zum überwiegenden Teil ein gutes Ergebnis zu verzeichnen war (62,1 %), bei denen weiblichen Geschlechts hingegen zu 63,6 % ein schlechtes:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Geschlecht	Männlich	72	44	116
		62,1%	37,9%	100%
	Weiblich	12	21	33
		36,4%	63,6%	100%
Gesamt		84	65	149

Tabelle 15: Geschlecht + Endergebnis

Der p-Wert liegt bei 0,009, damit ergab sich ein signifikant schlechteres Ergebnis bei Hüften des weiblichen Geschlechts.

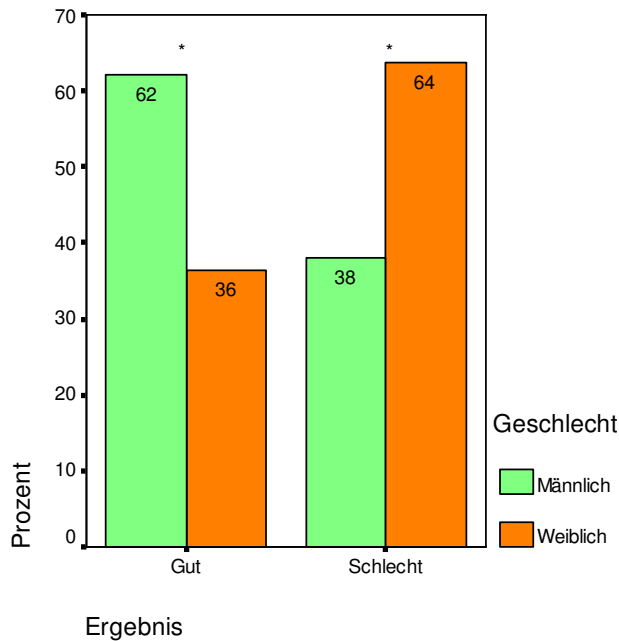


Diagramm 30: Geschlecht + Endergebnis

4.3.1.2 Befall der Hüfte

Bei den 149 Pertheshüften war überwiegend ein gutes Ergebnis zu verzeichnen, unabhängig davon, ob eine einseitige oder beidseitige Erkrankung vorlag (siehe Diagramm 31 und Tabelle 16). Es bestand keine statistisch signifikante Abhängigkeit des Ergebnisses von dem Befall der Hüfte ($p > 0,05$).

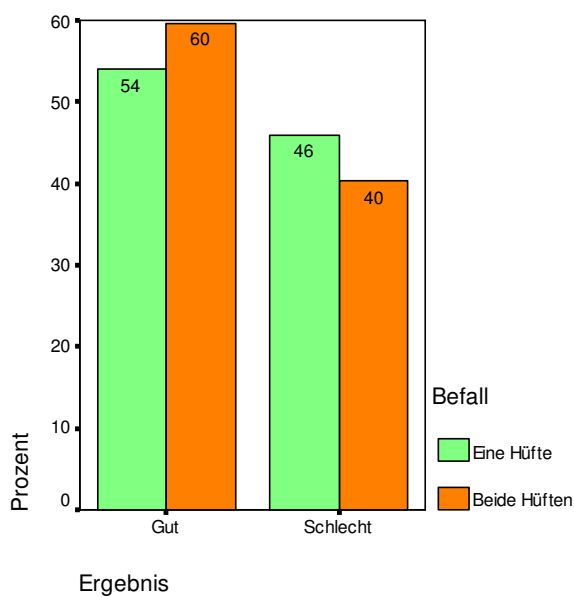


Diagramm 31: Befall + Endergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Befall	Eine Hüfte	47	40	87
		54%	46%	100%
	Beide Hüften	37	25	62
		59,7%	40,3%	100%
Gesamt		84	65	149

Tabelle 16: Befall + Endergebnis

4.3.1.3 Behandlungsvorgehen

145 von den 149 Pertheshüften wurden operativ versorgt, damit ist die Fallzahl von 4 der konservativ behandelten Hüften zu gering, um eine statistisch signifikante Aussage treffen zu können. Diese Fälle kamen alle zu einem guten Ergebnis.

Man erkennt damit in der folgenden Tabelle 17 nur, dass bei den operierten Hüften zu 55,2 % ein gutes Ergebnis zu verzeichnen war:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Behandlungsvorgehen	Operation	80	65	145
		55,2%	44,8%	100%
	Konservativ	4	0	4
		100%	0%	100%
Gesamt		84	65	149

Tabelle 17: Behandlungsvorgehen + Endergebnis

4.3.1.4 Alter

Die Abhängigkeit des Ergebnisses vom Alter war statistisch signifikant ($p < 0,05$) und in der Tabelle 18 und dem Diagramm 32 verdeutlicht. In der jüngeren Gruppe war zu 71,4 % eine gute Ergebniseinschätzung abgegeben worden, in der älteren hingegen nur zu 45,3 %. Die ältere Gruppe hatte zu 54,7 % ein schlechtes Ergebnis vorzuweisen:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Altersgruppe	Jünger als 6	45	18	63
		71,4%	28,6%	100%
	Gleichund älter als 6	39	47	86
		45,3%	54,7%	100%
Gesamt		84	65	149

Tabelle 18: Altersgruppe + Endergebnis

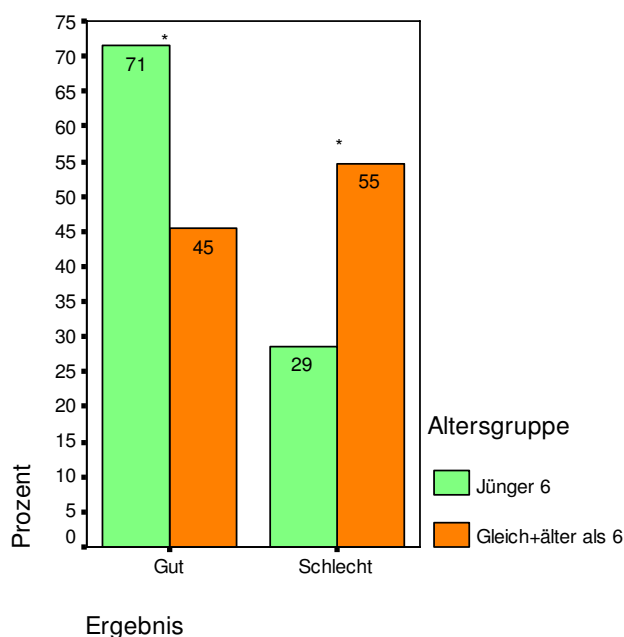


Diagramm 32: Altersgruppe + Endergebnis

4.3.2 Morphometrische Faktoren

Um die Mittelwerte der morphometrischen Daten der beiden Gruppen „Ergebnis gut“ und „Ergebnis schlecht“ zu vergleichen, setzten wir den T-Test bei unabhängigen Stichproben ein. Auch hier lag bei einem p-Wert $<0,05$ statistische Signifikanz vor (Testtabellen im Anhang).

4.3.2.1 Lateralisation Epiphyse und Lateralisation Femur

Für die Daten der präoperativen Röntgenanalyse ergaben sich für die Mittelwerte der Lateralisation Epiphyse und Femur in Bezug auf die Endergebniseinschätzung „gut“ oder „schlecht“ statistisch signifikante Ergebnisse.

Für ein gutes Ergebnis lagen die Mittelwerte der Lateralisation Epiphyse bei 9,2 mm (SD 1,8), für ein schlechtes bei 10,1 mm (SD 1,7). Die Werte der Lateralisation Femur bei guter Einschätzung lagen bei 9,8 mm (SD 1,8), bei schlechter deutlich höher bei 12,1 mm (SD 2,8).

Die Boxplotdarstellung erfolgt in den Diagrammen 33 und 34:

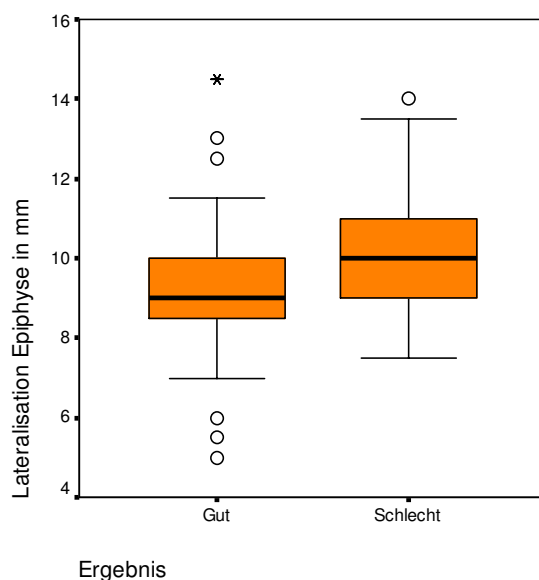


Diagramm 33: Lat. Epiphyse + Endergebnis

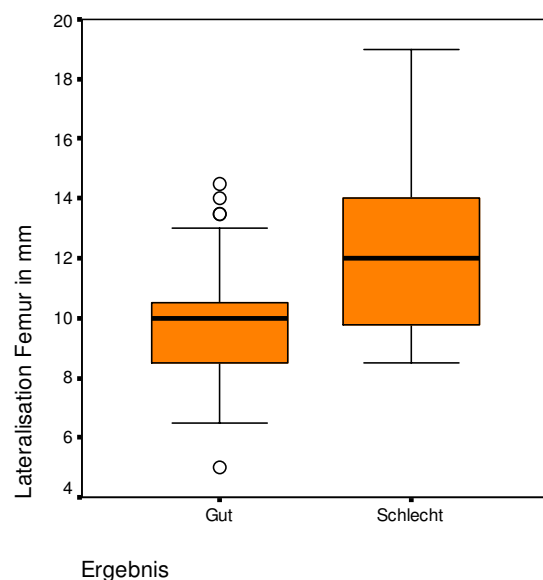


Diagramm 34: Lat. Femur + Endergebnis

Der p-Wert für die Lateralisation Femur war niedriger als der für die Lateralisation Epiphyse. Demzufolge haben wir für die Lateralisation Femur einen Grenzwert gesucht, der als Richtlinie bei der Beurteilung eines Röntgenbildes dienen soll. Verschiedene Grenzwerte wurden in Bezug zum Ergebnis gesetzt, dabei ergab sich für die Grenze von 11 mm der niedrigste p-Wert. Der Wert von 11 mm wurde damit als Richtwert festgelegt.

In Tabelle 19 sieht man, dass ab diesen 11 mm Richtwert zu 64,5 % ein schlechtes Ergebnis zu erwarten ist, darunter ist zu 71,2 % ein gutes Ergebnis möglich.

			Ergebnis		Gesamt
			Gut	Schlecht	
Lateralisation Femur Grenzwert	Bis 11 mm	Anzahl	47	19	66
			71,2%	28,8%	100%
	Ab 11 mm	Anzahl	11	20	31
			35,5%	64,5%	100%
Gesamt		Anzahl	58	39	97
			59,8%	40,2%	100%

Tabelle 19: Grenzwert Lateralisation Femur

In der MRT-Analyse zeigte sich nur für die Mittelwerte der Lateralisation Epiphyse in Bezug auf die Endergebnisbeurteilung eine statistische Signifikanz, wobei der p-Wert aber deutlich höher als die p-Werte der Röntgenanalyse war. Für die Lateralisation Femur und die Lateralisationsindizes ergab sich keine Signifikanz. Insofern ist für die Lateralisationsuntersuchung die Röntgenanalyse geeigneter.

Die Mittelwerte der Lateralisation Epiphyse im MRT für ein gutes Ergebnis lagen bei 10,5 mm (SD 2,2), für ein schlechtes deutlich höher bei 11,5 mm (SD 2,4). Diagramm 35 zeigt den Boxplot:

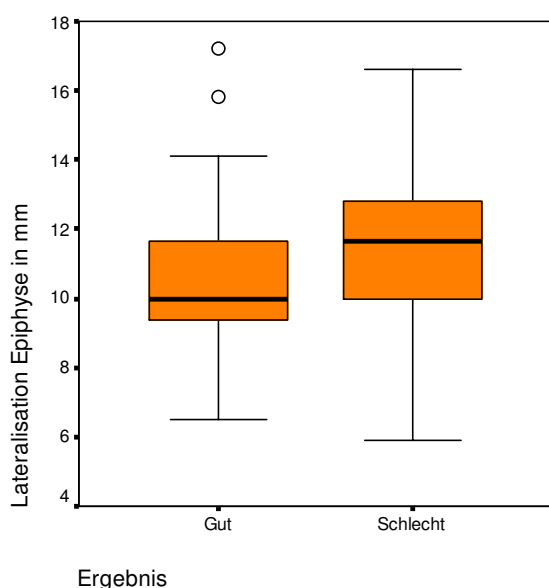


Diagramm 35: Lat. Epiphyse MRT + Endergebnis

4.3.2.2 Extrusion

In der Beurteilung der Subluxation beziehungsweise der Extrusion ergaben sich für die Röntgen- als auch die MRT-Analyse statistisch signifikante Ergebnisse. Bei einer schlechten Endergebniseinschätzung lagen deutlich höhere Extrusionswerte vor, als bei einer guten Einschätzung. Die Mittelwerte für ein gutes Ergebnis bei der Extrusionsmessung im Röntgen

ergab 2,9 mm (SD 2,5), für ein schlechtes 6,5 mm (SD 5,6), in der MRT-Messung für ein gutes 9,1 mm (SD 2,3), für ein schlechtes 11,8 mm (SD 5,3). In der Darstellung der Extrusionsindizes der MRT-Analyse werden die Abweichungen gutes von schlechtem Ergebnis klar, dabei war ab einem Mittelwert von 0,33 (SD 0,08) mit einem schlechten Ergebnis zu rechnen, mit einem guten beim Mittelwert von 0,28 (SD 0,07) bzw. als Prozentangabe mit 33 % und 28 %. Im Diagramm 36 folgt die Boxplotdarstellung:

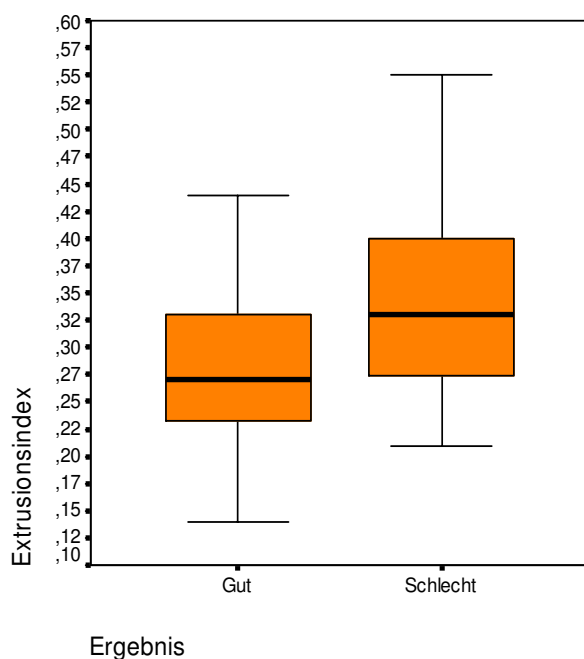


Diagramm 36: Extrusionsindex + Endergebnis

Um auch für die Extrusion einen Richtwert zur präoperativen Einschätzung zu haben, entschieden wir uns für eine Grenzwertsuche für den Extrusionsindex des MRT, da bei diesem Index nicht nur die Extrusion, sondern auch der Bezug zur Hüftkopflänge gebildet wird, zusätzlich im MRT die Knorpelextrusion mitberücksichtigt werden kann. Die Indizes wurden wieder zum Ergebnis „gut“ und „schlecht“ in Bezug gesetzt, dabei wurde der Richtwert von 0,32 bzw. 32 % festgelegt, da sich für diesen Index der niedrigste p-Wert ergab. In der Tabelle 20 ist verdeutlicht, dass in 70 % der Fälle unter dieser Grenze ein gutes Ergebnis zu erwarten ist und zu 60 % ein schlechtes, wenn der Wert über dieser Grenze liegt:

		Ergebnis		Gesamt	
		Gut	Schlecht		
Extrusionsindex Grenzwert	<0,32	Anzahl	50	22	72
			69,4%	30,6%	100%
	>0,32	Anzahl	18	25	43
			41,9%	58,1%	100%
Gesamt		Anzahl	68	47	115
			59,1%	40,9%	100%

Tabelle 20: Grenzwert Extrusionsindex

4.3.2.3 Laterale Säule

Der Mittelwert für die laterale Säulenhöhe, der zu einer guten Ergebniseinschätzung führt lag bei 9,7 mm (SD 4,0), im Gegensatz dazu der deutlich niedrigere Wert der schlechten Ergebnisse mit 7,9 mm (SD 3,1). Die Abhängigkeit des Ergebnisses von der Höhe der lateralen Säule war statistisch signifikant. Veranschaulicht wird dies im Boxplot (Diagramm 37):

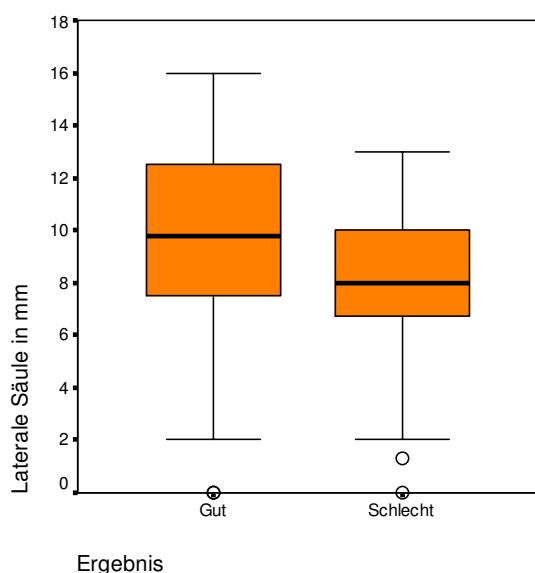


Diagramm 37: Laterale Säule + Endergebnis

Auch für die Höhe der lateralen Säule entschieden wir uns für einen Grenzwert, um einen Richtwert in der Beurteilung der Röntgenbilder zu haben. Der niedrigste p-Wert stellte sich bei einem Wert von 8,5 mm dar, der jedoch bei 0,062 lag und damit keine Signifikanz, aber eine Orientierung darstellt. In der Tabelle 21 erkennt man, dass über dieser Höhe der lateralen Säule zu 70 % mit einem guten Ergebnis gerechnet werden kann, darunter zu 50 % mit einem schlechten:

			Ergebnis		Gesamt
			Gut	Schlecht	
Laterale Säule Grenzwert	Über 8,5 mm	Anzahl	35	16	51
			68,6%	31,4%	100%
	unter 8,5 mm	Anzahl	23	23	46
			50%	50%	100%
Gesamt		Anzahl	58	39	97
			59,8%	40,2%	100%

Tabelle 21: Grenzwert laterale Säule

4.3.2.4 Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel

Im Diagramm 38 sieht man, dass eine Horizontalstellung der Wachstumsfuge, also ein geringerer Winkel, zwar ein schlechteres Ergebnis erbringt (Mittelwert 29,5 °, SD 8,6;

Mittelwert gutes Ergebnis: 32 °, SD 7,6), aber die statistische Auswertung ergab in unserer Untersuchung keinen signifikanten Zusammenhang zum Endergebnis.

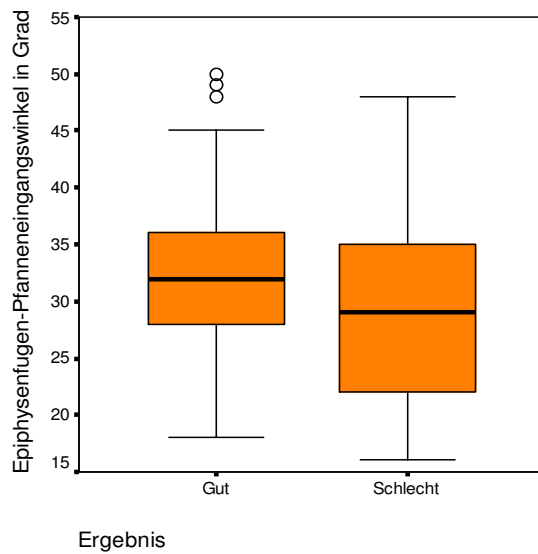


Diagramm 38: Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel + Endergebnis

4.3.2.5 Labrumwinkel

Ein wichtiger Parameter, der in der MRT-Analyse betrachtet wurde, ist der Labrumwinkel. Die Ergebnisse zeigten eine statistisch signifikante Abhängigkeit, insofern war bei einem hohen Labrumwinkel von einem schlechten Ergebnis auszugehen. Der Mittelwert, der für ein gutes Ergebnis spricht, lag bei 52 ° (SD 5,9), der für ein schlechtes hingegen bei 57,7 ° (SD 9,3). Die Verteilung der Werte wird im Diagramm 39 dargestellt:

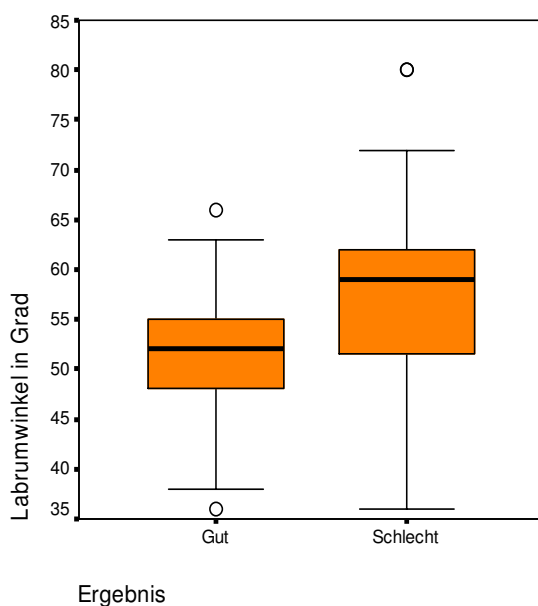


Diagramm 39: Labrumwinkel + Endergebnis

Auch für diesen Parameter wurde ein Grenzwert gesucht, um in der MRT-Analyse einen Richtwert zu haben. Der niedrigste p-Wert wurde bei 55 ° gefunden. In der Tabelle 22 kann man ablesen, dass bei dieser Grenzwertfestlegung ein Winkel über 55 ° für ein schlechtes Ergebnis spricht, darunter kann überwiegend ein gutes erwartet werden:

			Ergebnis		Gesamt
			Gut	Schlecht	
Labrumwinkel Grenzwert	Bis 55 °	Anzahl	56	18	74
			75,7%	24,3%	100%
	Ab 55 °	Anzahl	12	29	41
			29,3%	70,7%	100%
Gesamt		Anzahl	68	47	115
			59,1%	40,9%	100%

Tabelle 22: Grenzwert Labrumwinkel

4.3.3 Deskriptive Faktoren

Hier wurde erneut der Chi-Quadrat-Test als statistische Methode verwendet (Testtabellen im Anhang). Besonderer Wert in der Risikofaktorenanalyse der deskriptiven Faktoren wurde auf die MRT-Analyse gelegt, da die Vermutung bestand in der MRT-Untersuchung ein sensitives Verfahren, besonders in der Nekrosebetrachtung, zur Verfügung zu haben.

4.3.3.1 Laterale Verkalkung

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (60 %) wurde überhaupt keine laterale Verkalkung gefunden, dabei war sowohl in der Röntgen- als auch in der MRT-Analyse zu 72 % ein gutes Ergebnis zu verzeichnen gewesen. Wir dokumentierten eine statistisch signifikante Abhängigkeit des Ergebnisses von den lateralen Kalzifikationen, sowohl in der Röntgen- als auch der MRT-Untersuchung (p-Wert<0,05).

Man sieht in den folgenden Tabellen 23 und 24, dass besonders bei starker Verkalkung mit einem schlechten Ergebnis gerechnet werden muss, das Diagramm 40 veranschaulicht die Werte der MRT-Untersuchung grafisch:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Laterale Verkalkung Röntgen	Keine	63	24	87
		72,4%	27,6%	100%
	Mittel	7	7	14
		50%	50%	100%
Stark	12	34	46	
	26,1%	73,9%	100%	
	Gesamt	82	65	147

Tabelle 23: Lat. Verkalk. im Rö + Endergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Laterale Verkalkung MRT	Keine	49	19	68
		72,1%	27,9%	100%
	Mittel	5	5	10
50%		50%	100%	
Stark	14	23	37	
	37,8%	62,2%	100%	
	Gesamt	68	47	115

Tabelle 24: Lat. Verkalk. im MRT + Endergebnis

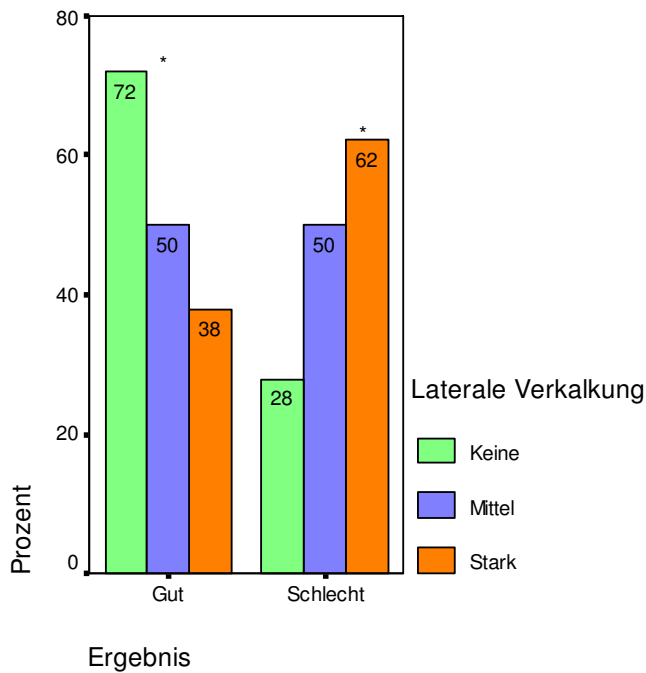


Diagramm 40: Lat. Verkalk. MRT + Endergebnis

In der Tabelle 25 ist dargestellt, dass beide Verfahren zur Beurteilung der lateralen Verkalkung gleich gut geeignet sind, da in 88 % Übereinstimmungen gefunden wurden; in 12,1 % der Fälle das MRT einen Befall erkannt hat und die Röntgenuntersuchung nicht. Ähnlich in der Röntgenuntersuchung mit 11,9 % erkannten lateralen Verkalkungen, die im MRT nicht gesehen wurden:

			Lat. Verkalkung MRT		Gesamt
			Kein Befall	Befall	
Lat. Verkalkung Röntgen	Kein Befall	Anzahl	80	11	91
			87,9%	12,1%	100%
	Befall	Anzahl	5	37	42
			11,9%	88,1%	100%

Tabelle 25: Vergleich Röntgen und MRT für Risikofaktor Laterale Verkalkung

4.3.3.2 Gage Zeichen

Für den Risikofaktor des Gage Zeichens ergibt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem Ergebnis. Das war sowohl für die Röntgenuntersuchungen (siehe Tabelle 26), als auch die MRT-Daten (siehe Tabelle 27) ersichtlich.

Erkennbar ist, dass es, unabhängig davon, ob ein Gage Zeichen zu finden war oder die Stärke der Ausprägung, es in der Mehrzahl der Fälle zu einem guten Ergebnis kam:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Gage Zeichen Röntgen	Kein	33	25	58
		56,9%	43,1%	100%
	Mittel	29	19	48
		60,4%	39,6%	100%
	Stark	20	21	41
		48,8%	51,2%	100%
Gesamt		82	65	147

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Gage Zeichen MRT	Kein	37	25	62
		59,7%	40,3%	100%
	Mittel	16	9	25
		64%	36%	100%
	Stark	15	13	28
		53,6%	46,4%	100%
Gesamt		68	47	115

Tabelle 26: Gage Zeichen im Röntgen+Endergebnis Tabelle 27: Gage Zeichen im MRT+Endergebnis

4.3.3.3 Metaphysäre Beteiligung und Ort des Metaphysenbefalls

Eine Abhängigkeit des Ergebnisses von dem Faktor der metaphysären Beteiligung war statistisch signifikant (p -Wert $<0,05$). Dies fanden wir für die Röntgendaten (siehe Tabelle 28) und die MRT-Daten (siehe Tabelle 29). Dabei war zu 74,6 % im Röntgen und zu 73,6 % im MRT von einem guten Ergebnis auszugehen, wenn keine metaphysäre Beteiligung vorlag. Dagegen zu 64,8 % im Röntgen und 61,5 % im MRT von einem schlechten Ergebnis bei starkem Befall:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Metaphysäre Beteiligung Röntgen	Keine	53	18	71
		74,6%	25,4%	100%
	Mittel	10	12	22
		45,5%	54,5%	100%
	Stark	19	35	54
		35,2%	64,8%	100%
Gesamt		82	65	147

Tabelle 28: Metaphyse im Rö + Endergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Metaphysäre Beteiligung MRT	Keine	39	14	53
		73,6%	26,4%	100%
	Mittel	14	9	23
		60,9%	39,1%	100%
	Stark	15	24	39
		38,5%	61,5%	100%
Gesamt		68	47	115

Tabelle 29: Metaphyse im MRT + Endergebnis

Die Verdeutlichung des Einflusses der metaphysären Beteiligung auf die Ergebnisbeurteilung ist für die MRT-Daten im Diagramm 41 veranschaulicht.

Im Vergleich der Röntgen- und MRT-Daten in der Tabelle 30 ist zu sehen, dass beide Verfahren in über 80 % in der Beurteilung des metaphysären Befalls Übereinstimmungen haben, damit gleich gut sind zur Analyse. Wichtig ist aber auch zu erwähnen, dass in 18,2 % das MRT einen Befall erkannt hat, der im Röntgen nicht gesehen wurde.

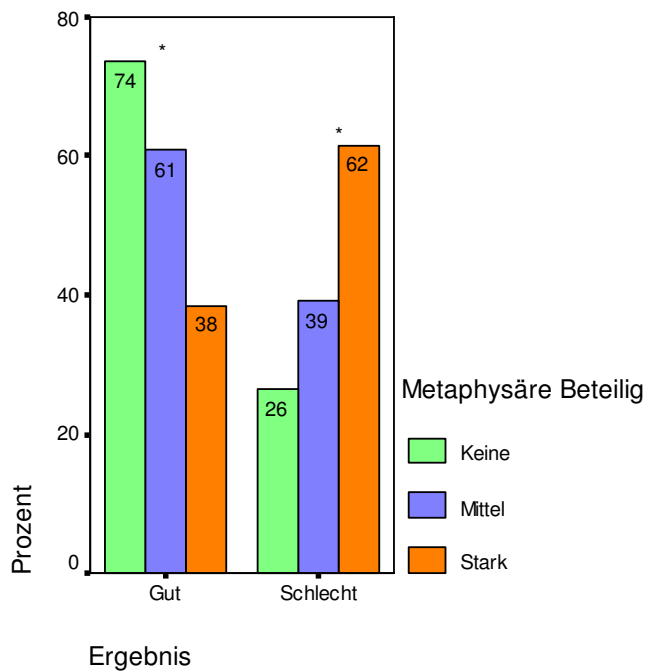


Diagramm 41: Metaphyse MRT + Endergebnis

		Metaphysäre Beteiligung MRT		Gesamt
		Kein Befall	Befall	
Metaphysäre Beteiligung Röntgen	Kein Befall	63	14	77
		81,8%	18,2%	100%
	Befall	7	49	56
		12,5%	87,5%	100%

Tabelle 30: Vergleich Röntgen und MRT für Risikofaktor metaphysäre Beteiligung

Im folgenden Abschnitt wird der Ort des Metaphysenbefalls analysiert. Hierbei konnten leider keine statistisch signifikanten Aussagen getroffen werden, da die Anzahl der Fälle zu gering war. Oftmals lagen zum Beispiel nur 11 Fälle pro Ort des Metaphysenbefalls, wie zum Beispiel „zentral“, vor. Demzufolge geben wir in unseren Darstellungen lediglich Trends an.

Die Darstellung des Ortes des Metaphysenbefalls in Bezug auf die Ergebniseinschätzung erfolgt in der Tabelle 31 anhand der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung, im Diagramm 42 folgt die grafische Veranschaulichung:

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Ort des Metaphysenbefalls Röntgen	Lateral	4	11	15
		26,7%	73,3%	100%
	Zentral	9	2	11
		81,8%	18,2%	100%
	Medial	6	7	13
		46,2%	53,8%	100%
	Fuge	8	17	25
		32%	68%	100%
	Gesamt	2	10	12
		16,7%	83,3%	100%
Gesamt		29	47	76

Tabelle 31: Ort des Metaphysenbefalls im Röntgen + Endergebnis

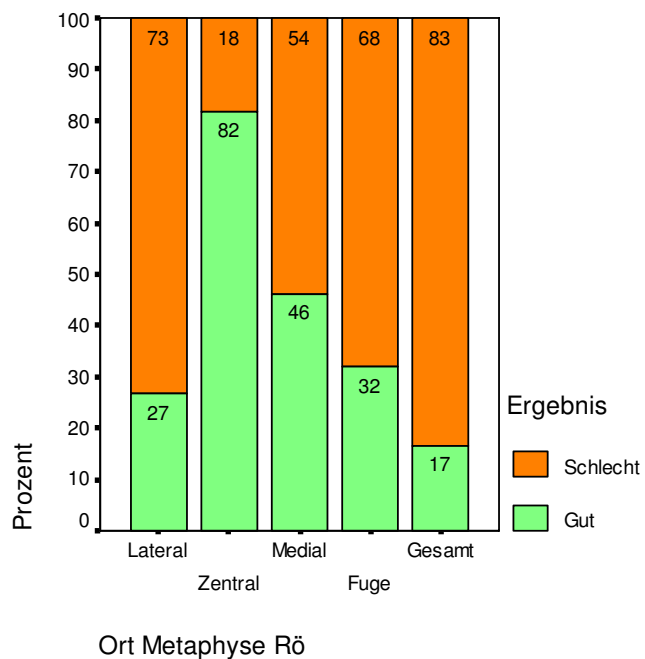


Diagramm 42: Ort des Metaphysenbefalls im Rö + Endergebnis

Deutlich wird, dass besonders bei lateralem Befall der Metaphyse, bei Befall entlang der Epiphysenfuge und ein gesamter Befall der Metaphyse, ein schlechteres Ergebnis zu verzeichnen war. Bei einem zentralen Befall war vorwiegend mit einem guten Ergebnis zu rechnen, der mediale Befall gab ausgeglichene Ergebnisse an.

In den MRT-Untersuchungen ergaben sich ähnliche Verhältnisse (siehe dazu Tabelle 32 und Diagramm 43):

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Ort des Metaphysenbefalls MRT	Lateral	4	7	11
		36,4%	63,6%	100%
	Zentral	8	3	11
		72,7%	27,3%	100%
	Medial	6	6	12
		50%	50%	100%
	Fuge	9	8	17
		52,9%	47,1%	100%
	Gesamt	2	9	11
		18,2%	81,8%	100%
Gesamt		29	33	62

Tabelle 32: Ort des Metaphysenbefalls im MRT + Endergebnis

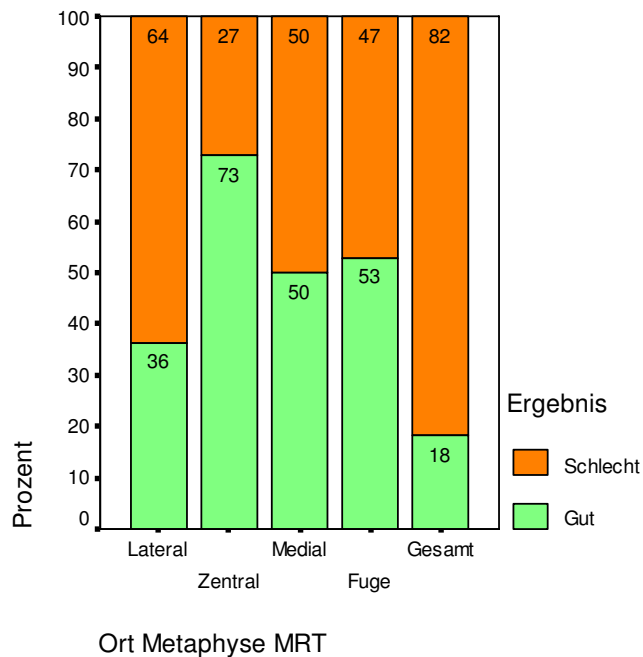


Diagramm 43: Ort des Metaphysenbefalls im MRT + Endergebnis

Wie bei den Röntgendaten, zeigte das MRT schlechtere Ergebnisse bei lateralem und gesamtem Befall der Metaphyse. Im Gegensatz zum Röntgen war bei Befall entlang der Fuge ein ausgeglichenes Verhältnis der Ergebnisbetrachtung zu verzeichnen. Dies ergab sich auch bei medialem Befall. Bei zentralem Befall konnte man auch im MRT ein gutes Ergebnis erwarten.

4.3.3.4 Subchondrale Frakturlinie

Der Befall und das Ausmaß der Frakturlinie am Femurkopf sind prognostisch wertvoll. Sowohl in den Röntgen- als auch in den MRT-Daten ergab sich ein statistisch signifikantes Ergebnis, damit ist die Ergebniseinschätzung in „gut“ oder „schlecht“ abhängig von der Beurteilung der subchondralen Frakturlinie und der Einteilung in Salter A oder B (siehe Tabelle 33 und 34).

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Subch. Fraktur Röntgen	Keine	35	6	41
		85,4%	14,6%	100%
	Mittel	14	7	21
		66,7%	33,3%	100%
	Stark	33	52	85
		38,8%	61,2%	100%
Gesamt		82	65	147

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Subch. Fraktur MRT	Keine	20	6	26
		76,9%	23,1%	100%
	Mittel	19	2	21
		90,5%	9,5%	100%
	Stark	29	39	68
		42,6%	57,4%	100%
Gesamt		68	47	115

Tabelle 33: Subch.Fraktur im Rö+Endergebnis

Tabelle 34: Subch.Fraktur im MRT+Endergebnis

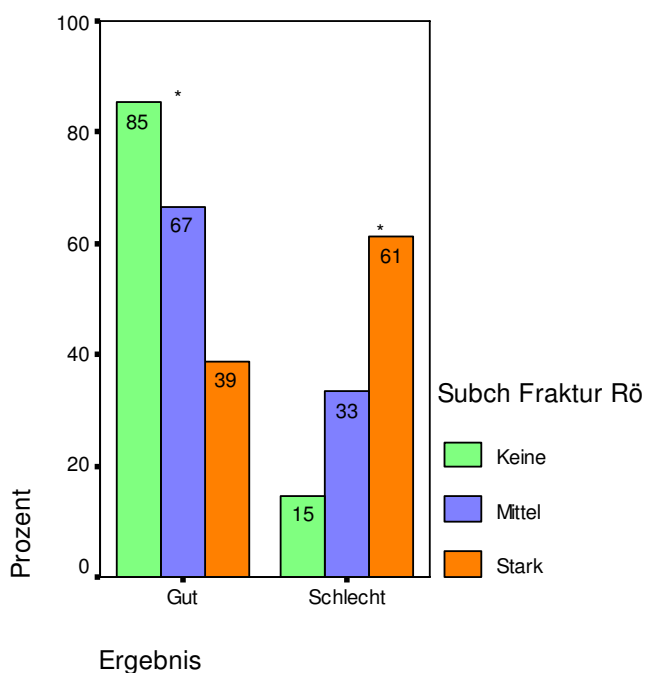


Diagramm 44: Subch.Fraktur + Endergebnis

Das Diagramm 44 der Röntgendaten stellt dar, dass ein Fehlen der Fraktur zu einem besseren Ergebnis führte, bei starker Ausprägung ergab sich ein schlechteres Ergebnis.

Auch die Einteilung der Frakturlinie in ein Salter A oder B Stadium, zeigte für beide Untersuchungsverfahren einen statistisch signifikanten Zusammenhang (siehe Tabelle 35 und 36). Dabei war die Einteilung in Salter A mit einem besseren Ergebnis, die in Salter B mit einem schlechteren Ergebnis verbunden.

Die MRT-Analyse zeigte für die Beurteilung ein besseres Ergebnis (Röntgen p-Wert 0,024; MRT p-Wert 0,004):

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Salter Röntgen	A	19	12	31
		61,3%	38,7%	100%
	B	28	47	75
		37,3%	62,7%	100%
Gesamt		47	59	106

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Salter MRT	A	25	9	34
		73,5%	26,5%	100%
	B	23	32	55
		41,8%	58,2%	100%
Gesamt		48	41	89

Tabelle 35: Salter Einteilung Röntgen+Endergebnis Tabelle 36: Salter Einteilung MRT+Endergebnis

In Tabelle 37 erkennt man noch deutlicher die sensitivere Beurteilung im MRT: In 38,5 % war dabei die Frakturlinie sichtbar gewesen, wohingegen im Röntgen kein Befall zu verzeichnen war:

		Subch. Fraktur MRT		Gesamt
		Kein Befall	Befall	
Subch. Fraktur Rö	Kein Befall	24	15	39
		61,5%	38,5%	100%
	Befall	4	76	80
		5%	95%	100%

Tabelle 37: Vergleich Röntgen und MRT für subchondrale Frakturlinie

4.3.3.5 Nekrosesektoren

Die folgenden Darstellungen der Nekrosebetrachtungen ermittelten wir ausschließlich in der MRT-Analyse.

Der Befall der einzelnen Bereiche des Hüftkopfes in Bezug auf den Ausgang der Erkrankung ergab unterschiedliche Ergebnisse (siehe Tabelle 38). Dabei muss beachtet werden, dass der Befall eines Sektors nicht nur bedeuten kann, dass der Bereich allein nekrotisch war, sondern der jeweilige Sektor zählte auch als befallen, wenn alle Sektoren betroffen waren. Es geht somit in der folgenden Darstellung lediglich um den Befall oder Nichtbefall der einzelnen Bereiche des Hüftkopfes in Bezug auf den Ausgang der Erkrankung, ohne die Größe oder das Ausmaß der Nekrose zu beachten.

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 1	Kein Befall	32	15	47
		68,1%	31,9%	100%
	Befall	36	33	69
		52,2%	47,8%	100%

p-Wert 0,088 damit nicht signifikant

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 2	Kein Befall	16	2	18
		88,9%	11,1%	100%
	Befall	52	46	98
		53,1%	46,9%	100%

p-Wert 0,005 damit signifikant

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 3	Kein Befall	35	9	44
		79,5%	20,5%	100%
	Befall	33	39	72
		45,8%	54,2%	100%

p-Wert 0,000 damit signifikant

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 5	Kein Befall	32	19	51
		62,7%	37,3%	100%
	Befall	36	29	65
		55,4%	44,6%	100%

p-Wert 0,424 damit nicht signifikant

Tabelle 38: Nekrosebereiche Hüftkopf + Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 4	Kein Befall	48	26	74
		64,9%	35,1%	100%
	Befall	20	22	42
		47,6%	52,4%	100%

p-Wert 0,070 damit nicht signifikant

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Bereich 6	Kein Befall	49	21	70
		70%	30%	100%
	Befall	19	27	46
		41,3%	58,7%	100%

p-Wert 0,002 damit signifikant

Unsere Untersuchungen zeigen, dass bei Befall der Bereiche 2, 3 und 6 des Hüftkopfes ein statistisch signifikanter Zusammenhang zur Ergebnisbeurteilung besteht. Folglich war beim nekrotischen Befall des lateralen Bereichs des Kopfes, unabhängig von der Größe der Nekrose, ein schlechteres Ergebnis zu erwarten, was bei Betroffenheit der Bereiche 1, 4 und 5, der mediale Kopfbereich, nicht der Fall war.

Je mehr Bereiche des Hüftkopfes pathologische Signalgebungen zeigten, ein desto schlechteres Ergebnis war zu verzeichnen. Dies verdeutlicht Diagramm 45 in der Darstellung der summatorischen Nekrosebereiche in Bezug zur Ergebniseinschätzung (keine Signifikanzangabe aufgrund geringer Fallzahlen der einzelnen Felder):

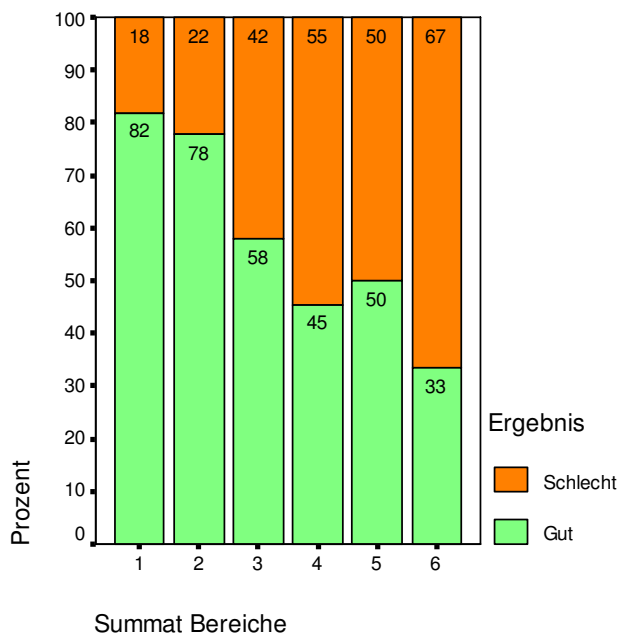


Diagramm 45: Summat. Bereiche + Ergebnis

Da wir auf die Begutachtung der initialen Stadien des Morbus Perthes besonderen Wert legen wollten, werden wir in der folgenden Ergebnisdarstellung die Größe der Nekrose mit in Betracht ziehen. Wir ließen zur folgenden Datenerhebung nur Nekrosegrößen von 1 und 2 zu, also einen initialen Befall mit einer maximalen Nekroseausdehnung bis zur Hälfte des Kopfes.

Wir dokumentierten nun, welche initial nekrotischen Bereiche des Kopfes mit welchem Ergebnis einhergehen. Dazu fassten wir 2 oder 3 Hüftkopfbereiche zu Kombinationen zusammen und setzten sie zum Ergebnis in Bezug (siehe Anhang). Wichtig ist zu erwähnen, dass nicht in jedem Fall die Anzahl der Daten ausreichend war, um eine statistisch signifikante Aussage treffen zu können. Damit geben wir nur die von uns gefundenen Trends an:

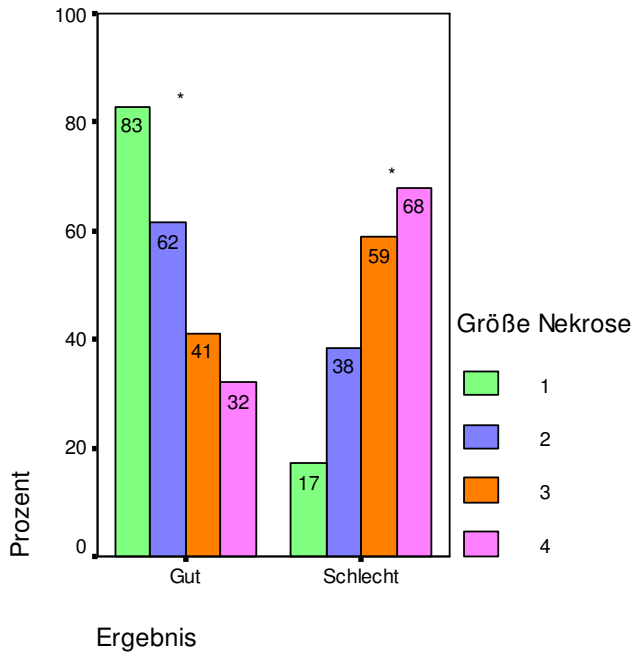
Wir konnten feststellen, dass für den Befall der Kombination der Bereiche 3 und 6, der Bereiche 2, 3 und 6, der Bereiche 2 und 3 und der Bereiche 1 und 2 schlechtere Ergebnisse zu verzeichnen waren. Damit konnten wir zeigen, dass mit einem schlechteren Ergebnis gerechnet werden muss, wenn die initiale Nekrose lateral liegt oder sich kappenförmig ausbreitet.

Der Befall der Kombinationen der Bereiche 1 und 4 oder 2 und 5 sowie 1 2 4, damit der mediale und zentrale Befall, waren eher mit guten Ergebnissen verbunden.

Für den Fall der Kombination der Bereiche 4, 5 und 6 ermittelten wir, dass es keinen alleinigen nekrotischen Befall dieser Bereichkombination gab. Wir stellten fest, dass bei Fehlen des Befalls dieser Bereichkombination in der überwiegenden Anzahl der Fälle (61 %) mit einem guten Ergebnis gerechnet werden konnte. Diese metaphysennahen Bereiche des Kopfes sind damit immer nur betroffen gewesen in Kombination mit den kappenförmigen Bereichen 1, 2 oder 3.

4.3.3.6 Größe der Nekrose

Die Abhängigkeit des Ergebnisses von der Größe der Nekrose war statistisch signifikant (siehe Tabelle 39 und Diagramm 46):



		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Größe Nekrose	1	29	6	35
		82,9%	17,1%	100%
	2	24	15	39
		61,5%	38,5%	100%
	3	7	10	17
		41,2%	58,8%	100%
	4	8	17	25
		32%	68%	100%

Diagramm 46: Größe Nekrose + Endergebnis

Tabelle 39: Größe Nekrose + Endergebnis

Wenn in der MRT-Untersuchung ein initialer Nekrosebefall (Größe Nekrose 1) festgestellt wird und rechtzeitig eine optimale Behandlung eingeleitet wird, kann zu 83 % mit einem guten Ergebnis gerechnet werden. Bei der Nekrosegröße 4, Betroffenheit des gesamten Kopfes, muss dagegen zu 68 % von einem schlechten Ergebnis ausgegangen werden.

4.3.3.7 Horizontaler Nekrosebefall

In der Tabelle 40 ist zu erkennen, dass bei ausschließlich ventralen Befall ein besseres Ergebnis zu erwarten war, als bei Befall ventral und dorsal. Der eine Fall mit ausschließlich dorsalem Befall erreichte ein gutes Ergebnis.

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
Horizontaler Nekrosebefall	Ventral	14	2	16
		87,5%	12,5%	100%
	Dorsal	1	0	1
		100%	0%	100%
	Ventral und dorsal	53	46	99
		53,5%	46,5%	100%

Tabelle 40: Horizontaler Nekrosebefall + Endergebnis

(Eine statistische Signifikanz kann nicht angegeben werden, aufgrund der geringen Fallzahlen in den Feldern)

5 Diskussion

5.1 Patientenaktenstudie

Um für unsere frühprognostische Analyse der Risikoparameter ein repräsentatives Patientenkollektiv zur Verfügung zu haben, wählten wir aus den Jahrgängen 1994 bis 2005 123 Kinder aus, die an einem Morbus Perthes erkrankt sind, zudem 2 Vergleichskollektive mit 14 Kindern mit der Diagnose Coxitis fugax und 33 Werte einer gesunden Gruppe.

Für den Morbus Perthes wird in der Literatur eine 3- bis 5-fach höhere Erkrankungshäufigkeit für Jungen angegeben (Catterall 1971, Niethard 1997, Schulitz und Dustmann 1998, Guille et al. 2002). Unser Kollektiv mit 75 % männlichen Geschlechts und 25 % weiblichen Geschlechts bei einem Verhältnis von 3:1 lag demzufolge in diesem Bereich. Die gesunde Vergleichsgruppe zeigte ebenso das Verhältnis Jungen : Mädchen mit 3:1. Nach Niethard (1997) sind Jungen von einer Coxitis fugax mit einem Verhältnis von 2-3:1 häufiger betroffen, in unserem Kollektiv zeigten sich hingegen höhere Werte für das männliche Geschlecht mit einem Verhältnis von 6:1. Ein Grund hierfür könnte die geringe Fallzahl von 14 sein.

In unseren Untersuchungen war zu 73,2 % ein einseitiger Befall der Hüfte mit einem Morbus Perthes nachzuweisen. Der beidseitige Befall mit 26,8 % war etwas höher als in den Literaturangaben, in denen nach Wynne-Davies und Gormley (1978) 11,3 %, nach Niethard (1997) zu 15 % beide Hüften betroffen sind. Die Angaben schwanken jedoch sehr stark, deutlich wird dies bei Perthes (1910), der einen Wert für einen beidseitigen Befall mit 40 % feststellte, ähnlich Salter und Thompson (1984) mit 20 %. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der frühe Einsatz der MRT-Untersuchung in Eisenberg ein Grund für die hohe Angabe von 27 % sein kann, wodurch in unserem Kollektiv ein beidseitiger Befall früh festgestellt werden konnte. Die Häufigkeitsangaben des beidseitigen Befalls der Pertheserkrankung bleiben demnach noch weiter zu erforschen, der frühe Einsatz des MRT in der Diagnostik könnte dafür eine Möglichkeit bieten.

In unserem Patientengut wurden 94,2 % der Perthes Hüften einem operativen Verfahren unterzogen, dabei war der größte Teil mit 58,5 % in der Altersgruppe „gleich und älter als 6 Jahre“ zu finden. Dies entspricht der allgemeinen Lehrmeinung, bei der besonders ältere Kinder operativ therapiert werden sollten. Auch die Marburger Studie von Hartmann (2006) dokumentierte zu 83 % ein operatives Vorgehen, wiederum bevorzugt in den höheren Altersklassen. Die 17 % konservativ behandelten Hüften waren zum überwiegenden Teil jünger als 6 Jahre (Hartmann 2006), dies entspricht annähernd unseren Daten mit 6 %

konservativ behandelten Hüften, die sich zu 67 % in der jüngeren Altersgruppe verteilten. Aber nicht nur das Alter, auch der klinische und radiologische Befund sind entscheidend für die Wahl des Therapieverfahrens (Schleberger und Krauspe 2005). Darauf wird im Besonderen in der Diskussion der Risikoparameteranalyse (Kapitel 5.2.2) eingegangen.

Unsere Patienten erkrankten im Mittel mit 6,3 Jahren an Morbus Perthes (Minimum 2 Jahre, Maximum 14 Jahre). Mit dieser Altersverteilung können wir die Ergebnisse anderer Studien bestätigen, bei welchen ein Erkrankungsalter von 4,5 Jahren (Catterall 1971), nach Stulberg et al. (1981) hingegen eines von 7,5 Jahren, jedoch der Altersgipfel meist bei 5 und 6 Jahren angegeben wird (Krauspe und Raab 1997, Niethard 1997, Schleberger und Krauspe 2005). Im Vergleichskollektiv der Coxitisgruppe lag das mittlere Erkrankungsalter mit 6,1 Jahren niedriger, gemäß dem Altersgipfel dieser Erkrankung von 5 bis 7 Jahren (Niethard 1997). Die gesunde Gruppe kann mit dem Mittelwert von 6,5 Jahren zum Vergleich herangezogen werden. Des Weiteren wird in der Altersgruppenverteilung deutlich, dass beim Morbus Perthes und in der gesunden Gruppe die überwiegende Anzahl der Hüften in der älteren Gruppe (Alter „gleich und älter als 6 Jahre“) vertreten war, die Coxitiskinder waren bevorzugt in der jüngeren Gruppe. Seit Jahren wird ein möglicher Zusammenhang zwischen der Coxitis fugax und dem Morbus Perthes diskutiert, mit noch immer uneinheitlichen Erkenntnissen (Wynne-Davies und Gormley 1978, Gershuni et al. 1983, De Pellegrin et al. 1997). Hier ist erneut der Einsatz der MRT-Untersuchung hervorzuheben, die einerseits zur Frühdiagnostik des Morbus Perthes, aber auch zur Abgrenzung einer Coxitis fugax erfolgreich eingesetzt werden kann (De Pellegrin et al. 1997).

5.2 Ergebnisanalyse

Durch die Diskussion der Ergebnisse der Analyse kann eine Prognoseaussage für eine Erkrankung an Morbus Perthes vorgenommen werden. Wir wollten unter Berücksichtigung verschiedener allgemeiner, morphometrischer und deskriptiver Faktoren Trends aufzeigen, Orientierungen und Entscheidungshilfen geben, um Prognoseaussagen treffen und sich für Zeitpunkt und Art der Therapie entscheiden zu können. Die morphometrischen, aber vor allem die deskriptiven Beobachtungskriterien sind oft schlecht vergleichbar und reproduzierbar (Schulitz und Dustmann 1998). Wir stellen unsere Ergebnisse demzufolge als Orientierungsrichtlinien dar, die besonders in der MRT-Analyse zur Anwendung kommen sollen. Für die Herausarbeitung prognoseaussagekräftiger Risikofaktoren mussten Endergebnisbeurteilungen für die Perthes-Erkrankungen abgegeben werden, um den Einfluss der möglichen Risikofaktoren auf dieses Ergebnis untersuchen zu können.

Im folgenden Kapitel sollen die verschiedenen Kriterien der postoperativen Röntgenbilder, die für die Endergebnisbeurteilung herangezogen wurden, diskutiert werden, um im nächsten Kapitel auf die möglichen relevanten Risikofaktoren eingehen zu können.

5.2.1 Ergebnisse der postoperativen Bilder

Kritisch anzumerken ist, dass die postoperativen Bilder im Schnitt nach 2 Jahren angefertigt worden sind und insofern Aussagen über den damaligen Zustand einer Hüfte gegeben werden konnten. Gleichwohl waren deutliche Unterschiede in den morphometrischen Daten zwischen der erkrankten und der gesunden Seite erkennbar:

Der Mittelwert der Schenkelhalsbreite der erkrankten Hüfte belief sich auf 33,8 mm, der gesunde lag bei 28,5 mm. Die Schenkelhalslänge lag bei 74,1 mm bei den Pertheskindern und 77,6 mm bei den Gesunden. Die geschilderten Werte zeigen den Trend eines verkürzten und verdickten Schenkelhalses als mögliche Deformierung am Ende einer Pertheserkrankung an. Deutlicher wird dies in der Angabe des Verplumpungsindizes, der im Mittel auf der erkrankten Seite bei 223,1 %, auf der gesunden bei 271,5 % lag. Besonders durch die Boxplotdarstellung (vgl. Diagramm 17) wird ersichtlich, dass die Pertheskinder zu 75 % einen Verplumpungsindex unter 250 % aufweisen, 75 % der gesunden Werte liegen hingegen über 250 %. Dieser von uns dargestellte Index zur Begutachtung der Schenkelhalsform kann demzufolge zur Betrachtung des postoperativen Zustandes der Hüfte herangezogen werden.

Ein weiterer Wert ist die artikulo-trochantäre Distanzmessung, die nach Edgren (1965) mit einem Normwert von 21 mm angegeben wird. Die Daten der gesunden Hüften liefern einen Mittelwert von 26,8 mm und zeigen folglich eine normale Trochanterhöhe an. Im Gegensatz dazu liegt der Mittelwert der Pertheshüften bei 10,5 mm. Ähnliches zeigte auch Hartmann (2006) mit einem Mittelwert von 11,5 mm bei 82 Pertheshüften. Leitch et al. (1991) sieht insbesondere die Distanz von 5 mm und darunter als Bezugswert für die Deformität eines Trochanterhochstandes, an welchem wir uns in der Endergebnisbeurteilung orientierten.

Um die Überdachung postoperativ einschätzen zu können, bedient man sich des Pfannen-Kopf-Indizes, der in der kranken Gruppe im Mittel niedriger (mit 86,1 %) als in der gesunden Gruppe (mit 91,3 %) ausfällt. Freilich zeigt dies eine verminderte Überdachung der erkrankten Hüfte an, nach Schulitz und Dustmann (1998) liegen Werte von 70 bis 90 % hingegen noch im Normbereich.

Ideal zur abschließenden Begutachtung der Sphärizität des Hüftkopfes ist nach Mose (1980) ein Zeitpunkt um das 16. Lebensjahr. Unsere im Schnitt 2-jährige Nachbeobachtung war damit eingeschränkter. In unserer Betrachtung wurde im Mittel eine Abweichung von 1,3

Moseringen festgestellt, demgemäß eine Gruppe 2 nach Mose, gefolgt von der Gruppe 1 mit weniger als einem 1 Ring Abweichung. In der Originalpublikation nach Mose (1980) sind keine Häufigkeitsangaben zu finden, bei Hartmann (2006) überwiegen in gleicher Weise die Gruppen 1 und 2 nach Mose.

Zur Feststellung der Deformität einer Coxa vara liegt der CCD-Winkel unter 120° (Niethard und Pfeil 2003), im Mittel lag bei unseren Daten ein Winkel von 122° vor, ähnlich der Untersuchung von Hartmann (2006) mit $129,3^\circ$. Die erkrankten Kinder haben daher im Durchschnitt diese Deformität nicht aufgewiesen, zudem besteht für sie noch die Möglichkeit der Remodellierung, so zeigte Talkhani et al. (2001), dass sich der CCD-Winkel im Verlauf der Zeit nach einer derotierenden Varisationsosteotomie noch erhöhen kann. Der Nachbeobachtungszeitraum belief sich hier auf 7 Jahre. Die Normwerte des CCD-Winkels im Perthesalter liegen bei $130-140^\circ$, unser Mittelwert der gesunden Seite spiegelt dies mit 140° wider.

Eine schlechte Endstadiumsbeurteilung, z.B. durch ein auftretendes „hinge abduction“-Phänomen, registrierten wir in unserer Analyse mit einer Häufigkeit von 30,2 %. Durch die postoperative Datenanalyse konnten wir in der überwiegenden Zahl unserer erkrankten Kinder allerdings eine positive Endergebniseinschätzung (56,4 %) ihrer Erkrankung abgeben, was in dem frühen Einsatz der verschiedenen radiologischen Verfahren in Eisenberg und demzufolge der rechtzeitigen Nekrose- und Risikofaktorenbeurteilung sowie der schnellen operativen Therapieentscheidung, begründet sein kann. Für die Endergebnisbeurteilung kann man sich vorwiegend an der abweichenden Moseringanzahl und dem Verplumpungsindex orientieren, da diese Daten am häufigsten als negativ einzustufen waren.

5.2.2 Ergebnisse der Risikofaktorenanalyse

allgemeine Faktoren:

In der Literatur wird vielfach gezeigt, dass bei weiblichem Geschlecht schlechtere Endergebnisse auftreten, was durch unsere Untersuchung gestützt werden kann. Das weibliche Geschlecht zeigte im Gegensatz zum männlichen ein signifikant schlechteres Ergebnis. Nach Catterall (1971), wie auch Hartmann (2006), kann dies an einer häufigeren Klassifizierung der Mädchen in höhere Catterall Klassen liegen, folglich einer schwereren Erkrankung. Schulitz und Dustmann (1998), sowie Brogard et al. (2007), sehen die geringere Skelettretardierung und kürzere Remodellierungsphase als Grund. Problematisch ist, wie schon in verschiedenen Studien gezeigt, der oftmals geringe Anteil des weiblichen Geschlechts am Patientengut (Hartmann 2006). Auf der anderen Seite zeigten Guille et al.

(1998), dass bei 105 untersuchten weiblichen und 470 männlichen Patienten kein signifikanter Unterschied bezüglich des Endergebnisses festzustellen war. Der prognostische Faktor des Geschlechts sollte demnach in weiteren Untersuchungen, insbesondere mit dem Charakteristikum hoher Fallzahlen, eruiert werden.

Ebenso steht der Faktor des bilateralen Befalls für weitere Studien offen, denn nach Bogaert et al. (1999) und Hartmann (2006) ist für bilateral Erkrankte mit einem schlechteren Outcome zu rechnen, wohingegen unsere Patienten, unabhängig davon ob eine ein- oder beidseitige Erkrankung vorlag, in der Mehrzahl der Fälle (60 %) ein gutes Outcome aufweisen konnten. Schon Catterall (1971) stellte keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich einer schlechten Prognose bilateral befallener Hüften fest. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang die Untersuchung von Guille et al. (2002), die zeigten, dass die Entwicklung eines bilateralen Befalls ein unabhängiges Ereignis ist; die Erkrankung der einen führt nicht zu einem Befall oder einer Verschlimmerung der anderen Seite. Unsere Ergebnisse sprechen für den notwendigen Einsatz des MRT, um den möglichen beidseitigen Befall in einem frühen Stadium zu erfassen, eingreifen zu können und zu einem guten Endergebnis beizutragen.

In der Multicenterstudie zur Therapie des Morbus Perthes von Blome (2006) wurden für die operativen Therapien bessere Ergebnisse erreicht als für die konservativen Verfahren.

Ein gutes Endergebnis durch ein operatives Verfahren (55,2%) trifft für unsere Fälle gleichermaßen zu, ein Vergleich zu konservativen ist aufgrund der geringen Fallzahl nicht möglich gewesen. Die 44,8 %, die trotz Operation ein schlechtes Endergebnis aufwiesen, können darin begründet liegen, dass durch die Retrospektivität der Studie der Großteil der Kinder letztlich einer Operation unterzogen wurde, unabhängig vom Ausgangsbefund. Dieser konnte schon bei Diagnosestellung so schlecht gewesen sein, dass durch die Operation nur eine geringfügige Verbesserung des Endergebnisses erzielt werden und es somit nicht als gut eingestuft werden konnte. Insbesondere mit Hilfe des MRT-Einsatzes, demzufolge einer Diagnosestellung in initialen Stadien, wird in Eisenberg eine frühzeitige operative Versorgung angestrebt, ohne ein Abwarten auf spätere röntgenologische Zeichen. Durch dieses Vorgehen können bessere Endergebnisse erzielt werden. Zudem wird die Operation in Eisenberg bevorzugt, um das Risiko der Verschlechterung unter konservativen Verfahren zu vermeiden. So auch Wiig et al. (2008), die angeben, die Orthesenbehandlung zu verlassen. Niedhart et al. (1999) betrachten ebenfalls die operative Therapie als die überlegenere. Nach Wild et al. (2003) ist die Verwendung von Orthesen nur dann gerechtfertigt, wenn dadurch eine Zentrierung des Gelenks möglich ist, anderenfalls ist eine chirurgische Therapie indiziert. Zu Bedenken sind neben dem Vorteil der kürzeren Behandlungsdauer, immer auch

die Risiken von operativen Verfahren. Den operativen Verfahren sollte jedoch der Vorzug gegeben werden, zudem aber eine Beurteilung weiterer im Folgenden vorgestellter Faktoren mit in die Entscheidung einfließen.

Weit verbreitet ist die Meinung des Einflusses des Lebensalters auf die Prognose der Erkrankung, unsere Ergebnisse unterstützen diese Beobachtung mit einem signifikant besseren Endergebnis in der Altersgruppe unter 6 Jahre. Die Grenze von 6 Jahren, unter der eine bessere Prognose zu erwarten ist, geben Spies und Hassenpflug (2003),

Rosenfeld et al. (2007), ebenso Canavese und Dimeglio (2008) an. Unabhängig von der Therapieart sieht auch Blome (2006) in seiner Metaanalyse bei Patienten unter 6 Jahren ein signifikant besseres Ergebnis. Die Altersgrenzen differieren in den Literaturangaben, Grzegorzewski et al. (2006) beobachteten eine schlechtere Prognose ab einem Alter über 9 Jahren, Brogard et al. (2007) hingegen ab 8 Jahren; Grasemann (1997) und Herring (2004) empfehlen eine operative Maßnahme ebenfalls ab einem Alter von 8 Jahren, was unserer Meinung nach für ein primär gutes Endergebnis zu spät ist. Die Erklärung für diesen wichtigen Faktor des Alters liegt nach Bowen (1982) und Schulitz und Dustmann (1998) in der günstigeren regenerativen Remodellierungspotenz jüngerer Kinder. Natürlich kann man das Alter nicht als alleinigen definitiven Faktor ansehen, denn auch junge Kinder können, bei bestehenden weiteren Risikofaktoren, schlechte Aussichten haben (Schulitz und Dustmann 1998).

morphometrische Faktoren:

In der Betrachtung des Risikofaktors der Lateralisation bzw. Gelenkspaltverbreiterung und der korrelierenden verminderten Überdachung bzw. Extrusion weisen unsere ermittelten Werte für die kranken Hüften sowohl röntgenologisch als auch im MRT durchweg eine eindeutige Tendenz zur Exzentrizität auf. Der Mittelwert für die Lateralisation Epiphyse im Röntgen betrug 9,5 mm, für den Femur 10,7 mm, die Extrusion lag bei 4,3 mm. Nach Schulitz und Dustmann (1998) spricht man von einem exzentrischen Hüftkopf ab einem Extrusionswert von 4 mm. Im Gegensatz dazu liegen die Mittelwerte für die gesunde Gruppe dieser Studie bei 7,7 mm für die Lateralisation Epiphyse, 8,6 mm für den Femur und 2,7 mm bei der Extrusion. Die Coxitisgruppe befindet sich mit ihren Werten zwischen diesen beiden Gruppen (Lateralisation Epiphyse 8,5 mm; Femur 9,4 mm, Extrusion 3,2 mm). Die Werte der MRT-Analyse liegen stets etwas höher im Vergleich zur Röntgenanalyse durch die Miteinbeziehung des Knorpels in die Messungen. Deutlich wird dies im Besonderen bei den Werten der Extrusion. Die erkrankte Gruppe präsentiert den Mittelwert von 10,8 mm für die

Lateralisation Epiphyse, 11,8 mm für den Femur und 9,9 mm für die Extrusion. Die gesunde Gruppe findet sich deutlich darunter mit 8,5 mm Lateralisation Epiphyse, 9,8 mm Femur und 7,2 mm für die Extrusion. Für die Coxitisgruppe ermittelten wir 10,5 mm Lateralisation Epiphyse, 11,3 mm Femur und 9,3 mm für die Extrusion. Auch die Ergebnisse der Indexangaben (siehe Tabelle 8) verhielten sich in dem Verhältnis: Hohe Werte in der Perthesgruppe, die niedrigsten in der gesunden und die Coxitisgruppe dazwischen. Der Extrusionsindex ist nach Reimers (1980) unter 10 % als regelrecht zu sehen, nach Miller (1997) unter 20 %.

Der Mittelwert der gesunden Gruppe liegt bei unseren Daten etwas darüber mit 22 %, überdies ist aber bei der Coxitisgruppe mit 28 % und der Perthesgruppe mit 30 % von einem Überdachungsdefizit auszugehen. Der Grund für die erhöhten Werte in der Coxitis – im Gegensatz zu der gesunden Gruppe – liegt in der Ergussbildung des Gelenks. Diese Erweiterung des Gelenkspaltes ist jedoch nicht in dem Maße ausgeprägt, wie sie bei der Pertheserkrankung zu finden ist. Eine mögliche Erklärung beim Perthes ist die ebenfalls flüchtige Synovitis mit Gelenksflüssigkeitsvermehrung (Schulitz und Dustmann 1998), aber schon Ueo et al. (1987) sahen eine Schwellung des Gelenkknorpels als Ursache. Grimm et al. (1991) vermuteten in ihrer MRT-Analyse gleichfalls eine Verdickung des Gelenkknorpels als Ursache der Lateralisation, dies bestätigte Schittich (2001). Singerhoff (2007) dokumentierte in einer MR-basierten Volumenbestimmung ein erhebliches Wachstum knorpeliger Anteile sowohl des Hüftkopfes als auch der Pfanne. Sie vermutete mögliche Wachstumsfaktoren in der, die Kapsel ausfüllenden, Flüssigkeit, verbunden mit der Frage, ob diese in der Synovialflüssigkeit oder in der ödematösen Flüssigkeitsansammlung vorkommen sollen.

Zur Betrachtung des prognostischen Wertes des Faktors der Subluxation wiesen schon Dickens und Menelaus (1978), ebenso Schmitz (1985) einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Lateralisation und der Schwere der Erkrankung nach. Schulitz und Dustmann (1998) schätzen den prognostischen Wert der Lateralisation als sehr hoch ein. Gigante et al. (2002) fanden eine epiphysäre Subluxation über 4 mm im Zusammenhang mit einem schlechten Ergebnis, Grzegorzewski et al. (2006) eine Femurkopfsubluxation von mehr als 20 %. Überdies ist durch die Dezentrierung das „hinge abduction“-Phänomen möglich, was nach Reinker (1996) ebenfalls mit einer schlechten Prognose verbunden ist. Brogard et al. (2007) sehen die laterale Subluxation als einen der entscheidenden Prognosefaktoren, die für sie als ein wesentliches Kriterium in der Operationsindikation dient. Mit unseren Daten der Röntgenanalyse unterstützen wir diese Erkenntnisse. Für die Mittelwerte Lateralisation Epiphyse, Femur und Extrusion ergibt sich in Bezug auf die Ergebnisbeurteilung eine

statistische Signifikanz, dabei ist mit einem guten Endergebnis zu rechnen bei folgenden Mittelwerten: Lateralisation Epiphyse 9,2 mm, Femur 9,8 mm und Extrusion 2,9 mm; mit einem schlechten Ausgang hingegen bei Lateralisation Epiphyse 10,1 mm, Femur 12,1 mm und Extrusion 6,5 mm. Da der p-Wert für die Lateralisation Femur am geringsten war, wurde dieser Faktor zu einer Richtwertfestlegung herangezogen. Ab einem Grenzwert von 11 mm kann nach unseren Daten ein signifikant schlechteres Ergebnis erwartet werden. Nach Meurer et al. (2004) ist die Lateralisation als Risikofaktor im MRT früher zu diagnostizieren und korreliert mit dem Endergebnis, Schittich (2001) stellte in ihrer MRT-Analyse fest, dass bei lateraler Subluxation und Kalzifikation bereits hochgradige Deformierungen der Epiphyse austraten, die durch eine operative Therapie nicht mehr wesentlich zu verändern waren und zählten diese Faktoren nicht mehr als Risikozeichen. Das Ausmaß der Lateralisierung als Faktor zur Therapieentscheidung wird bei Schittich (2001) weiterhin genannt, soll aber, durch die schnellere und einfachere Messung, auf dem Röntgenbild bestimmt werden.

Wir stellten in der MRT-Analyse lediglich für den Mittelwert Lateralisation Epiphyse in Bezug zur Ergebnisbeurteilung eine Signifikanz fest, wobei der p-Wert deutlich höher als in der Röntgenanalyse war. Für ein gutes Ergebnis lag der Mittelwert der Epiphysenlateralisation bei 10,5 mm, für ein schlechtes bei 11,5 mm. Für die Lateralisationsanalyse sehen wir, wie Schittich (2001), die röntgenologische Betrachtung als geeigneter und den Richtwert von 11 mm für die Lateralisation Femur als Orientierungsparameter für eine Prognoseabschätzung. Hingegen sehen wir in der Extrusionsbeurteilung den deutlichen Vorteil des MRT, besonders im Hinblick der Möglichkeit der Knorpelausmessungen. Eine statistische Signifikanz ergab sich, wie bei den Röntgendaten, für die einfache Bestimmung der Extrusion, ebenso für den Extrusionsindex des MRT. Bei einem guten Ergebnis lag der Mittelwert der Extrusion im MRT bei 9,1 mm, für ein schlechtes bei 11,8 mm. Der Index für ein gutes Ergebnis belief sich auf 0,28 bzw. 28 %, für ein schlechtes auf 0,33 bzw. 33 %. In der Grenzwertsuche stellte sich der Extrusionsindexwert von 0,32 bzw. 32 % heraus, über dem mit einem signifikant schlechteren Endergebnis gerechnet werden kann. Neben der röntgenologischen Lateralisationsanalyse, sehen wir in dieser Indexbestimmung an den MRT-Bildern eine Möglichkeit, schon in frühen Stadien die Subluxation abschätzen zu können und anhand des Grenzwertes eine Bezugsgröße zur Verfügung zu haben, um prognostische Aussagen treffen zu können.

Der prognostische Charakter der Herring Klassifikation wurde in vielen Studien untersucht und übereinstimmend festgestellt, dass eine präoperative Einstufung in hohe Herring Gruppen häufig mit einem schlechten Outcome korreliert (Grzegorzewski et al. 2006, Hartmann 2006,

Brogard et al. 2007, Rosenfeld et al. 2007, Wiig et al. 2008). Gigante et al. (2002) und Herring et al. (2004) bevorzugen die Betrachtung der „Lateral-Pillar“ Klassifikation in Kombination mit der Beachtung des Alters des Kindes. Gigante et al. (2002) unterstreicht die gute Anwendbarkeit der Herring Klassifikation, Sambandam et al. (2006) fanden für die Klassifikation eine gute Reliabilität. Kamegaya et al. (2005) kritisieren, dass die Anwendung im Fragmentationsstadium für die Therapieentscheidung mancher Patienten zu spät sein kann. Die alleinige Abschätzung der Herring Gruppen sehen Akgun et al. (2004) als problematisch und bevorzugen die genaue Abmessung der Höhe der lateralen Säule mit einem Lineal, Sambandam et al. (2006) favorisieren ebenfalls dieses Verfahren, um zusätzlich die Reliabilität zu erhöhen. In dieser Studie erfolgte die Abmessung der Höhe der lateralen Säule als Pfeiler senkrecht zur Epiphysenfuge (Abb. 13 i), bei der wir für die gesunde und die Coxitisgruppe im Schnitt einen Wert von 12 mm ermitteln konnten. Für die geringere Höhe der Säule in der erkrankten Gruppe spricht der Mittelwert von 8,9 mm. Zudem wurde eruiert, dass die Abhängigkeit des Endergebnisses von der Höhe der lateralen Säule statistisch signifikant ist. Der Mittelwert für ein gutes Ergebnis fand sich bei 9,7 mm, für ein schlechtes bei 7,9 mm. Zur präoperativen Begutachtung eines Röntgenbildes mit einem Orientierungswert ermittelten wir den Grenzwert von 8,5 mm, bei dem zwar der niedrigste p-Wert, jedoch keine Signifikanz nachzuweisen war. Jedoch ist der Trend ersichtlich, dass bei einer Höhe über 8,5 mm eher mit einem guten, mit einer Säulenhöhe darunter eher mit einem schlechten Ergebnis gerechnet werden kann. Unsere geschilderten Daten unterstützen die Erkenntnisse vieler Studien, die Schweregradeinteilung nach Herring, insbesondere als morphometrische Ausmessung, als prognostisch wegweisenden Risikofaktor zu verwenden und geben Orientierungshilfen in der präoperativen röntgenologischen Betrachtung.

Catterall (1971) vermutete in der Horizontalstellung der Wachstumsfuge ein Zeichen der drohenden Subluxation und vermerkte es als head-at-risk Zeichen. Demgegenüber fanden Loder et al. (1995) weder mit der Subluxation, noch den Catterall Gruppen oder den head-at-risk Zeichen einen statistisch signifikanten Zusammenhang, Schulitz und Dustmann (1998) sehen diesen Faktor ebenso als unbedeutend für die Prognose. Schittich (2001) betrachtete in der MRT-Analyse die Horizontalisierung weiterhin als Risikozeichen. Unsere ausschließlich röntgenologischen Ergebnisse deuten eine leichte Horizontstellung in der Perthesgruppe an mit einem Mittelwert von 31,1 °, im Gegensatz zu der gesunden Gruppe mit 30,6 ° und den Coxitiskindern mit 29,9 °. Außerdem wurde in dieser Studie ein Mittelwert für ein schlechtes Endergebnis bei 32 ° ermittelt, für ein gutes bei 29,5 °, es zeigt sich indes für die Abhängigkeit des Endergebnisses von dem Fugenwinkel kein statistisch signifikanter

Zusammenhang. Diese Fakten zeigen den Trend einer Horizontalisierung in der erkrankten Gruppe auf, der als alleiniger Risikofaktor und prognostischer Aussagepunkt nicht zu verwenden ist, da die Horizontalisierung, unter anderem im Rahmen von Änderungen von Scherkräften, ein komplexes Geschehen ist. In diesem Sinne ist ebenfalls eine Assoziation zu anderen Risikofaktoren wie der Lateralisierung denkbar. Demnach könnte die Verknüpfung und gegenseitige Beeinflussung mit anderen Faktoren im Hinblick auf die Prognose Gegenstand weiterer Forschungen sein.

In den Mittelpunkt der Betrachtung soll nun der in der MRT-Analyse erforschte Risikofaktor der Labrumwinkelvergrößerung rücken. Wir eruierten für den Winkel in der gesunden Gruppe einen Mittelwert von 46° , in der Coxitisgruppe von $48,7^\circ$ und den deutlich erhöhten Wert von $54,2^\circ$ in der Perthesgruppe. Erklärt werden kann dieses Phänomen durch das Zusammenspiel der Dezentrierung des Kopfes und die folgende Verdrängung der Labrumspitze im apikalen Bereich. Bei einem hohen Labrumwinkel ist mit statistischer Signifikanz von einem schlechten Ergebnis auszugehen, wobei wir einen Mittelwert von $57,7^\circ$ angeben können. Für ein gutes Ergebnis liegt der Mittelwert bei 52° . Um in der Begutachtung eines MRT-Bildes einen Orientierungswert zur Verfügung zu haben, konnten wir über die Ermittlung des niedrigsten p-Wertes einen Grenzwert von 55° festlegen.

Das Ergebnis der 55° -Grenze, bei deren Überschreitung mit einem signifikant schlechteren Ergebnis gerechnet werden kann, stellt einen neuen objektivierbaren Faktor in der MRT Betrachtung im Hinblick auf eine Prognoseaussage dar.

deskriptive Faktoren:

Der von Catterall (1971) beschriebene Risikofaktor der lateralen Kalzifikation war von uns in der Röntgen- und MRT-Analyse in 60 % der Fälle nicht nachzuweisen. Eine statistisch signifikante Abhängigkeit des Endergebnisses von den lateralen Kalzifikationen konnte allerdings nachgewiesen und dieses Zeichen nach unseren Untersuchungen als prognostischer Faktor gewertet werden, wobei zu 72 % ein gutes Endergebnis zu verzeichnen war, wenn keine Verkalkungen zu sehen waren. Dies traf für die Röntgen- und MRT-Analysen zu, die im Vergleich keinen Unterschied in der Beurteilung dieses Risikofaktors zeigten. Demzufolge können sowohl die Röntgen- als auch die MRT-Bilder zur Analyse herangezogen werden. Schon Dickens und Menelaus (1978) sahen die lateralen Kalzifikationen als reliablen Prognosefaktor, Engelhardt (1985) beobachtete das Zeichen häufiger bei älteren Kindern, wodurch zusätzlich die schlechten Endresultate erklärt werden könnten. Schulitz und Dustmann (1998) begründen den prognostischen Einfluss durch einen Zusammenhang der

Kalzifikationen mit einem exzentrischen Wachstum ohne Dezentrierung des Kopfes. In der MRT-Analyse von Schittich (2001) werden die Faktoren laterale Subluxation und Verkalkung nicht mehr als Risikozeichen gewertet, da sich dann bereits hochgradige Deformierungen feststellen ließen.

Auch unsere Daten zeigten, dass, wenn ein Befall zu sehen war, er zum überwiegenden Teil sehr deutlich zu erkennen war (starker Befall zu 31 %) und schließlich zu über 60 % mit einem schlechten Endergebnis gerechnet werden konnte. Infolgedessen sollten die lateralen Verkalkungen nicht als alleiniger Faktor betrachtet werden, die prognostische Bedeutung aber bewusst sein sollte, die auch in späteren Studien von Gigante et al. (2002) und Grzegorzewski et al. (2006) unterstrichen wird.

Ein weiterer von Catterall (1971) beschriebener Faktor soll das Gage Zeichen darstellen, welches nach Hartmann (2006) häufig als Risikofaktor beschrieben wird, der Stellenwert hingegen nur ungenügend untersucht wurde. Die Daten von Hartmann (2006) deuten darauf hin, dass das Gage Zeichen ein schlechtes Endergebnis ankündigen kann, da es gehäuft in hohen Catterall-Klassen auftrat. Ebenso Grzegorzewski et al. (2006) stellte dieses Zeichen als Faktor für eine schlechte Prognose dar. Engelhardt und Kaufmann (1982) halten es für einen „Ausdruck der bandförmigen metaphysären Osteoporose“ und zweifeln an der herausragenden prognostischen Bedeutung. Diese Auffassung teilen auch Schulitz und Dustmann (1998).

Wir fanden auf den Röntgenbildern zu 40,4 %, auf den MRT-Bildern zu 55,7 % kein Gage Zeichen. Hartmann (2006) konnte dieses Zeichen sogar zu 69,1 % nicht dokumentieren und unterstreicht die Problematik des Fehlens von Häufigkeitsangaben in der Literatur. In Bezug zum Endergebnis eruierten wir keine signifikante Abhängigkeit, dementsprechend konnte nach unseren Daten unabhängig davon ob ein Gage Zeichen zu finden war, in der überwiegenden Zahl der Fälle mit einem guten Ergebnis gerechnet werden. Schittich (2001) sieht dieses Zeichen ebenfalls nicht mehr als Risikozeichen, aufgrund der unterschiedlichen Beschreibungen in der Literatur und der Problematik der Definition dieses Zeichens im MRT, die wir gleichermaßen feststellten. Die Definitionsproblematik unterstreichen auch De Billy et al. (2002) und vermuten hingegen in der MRT-Analyse eine hilfreiche Anwendungsmöglichkeit. Wir sehen in dem Gage Zeichen einen Faktor, der näher untersucht werden kann, auch im Hinblick auf einen komplexen Zusammenhang mit anderen Faktoren wie lateraler Ossifikation und dem nach Catterall (1971) vermuteten Hinweis des Zeichens auf einen Segmenteinbruch und die laterale Verformung.

Die metaphysäre Beteiligung stellt ein wesentliches, in der Literatur mehrfach beschriebenes, prognostisches Zeichen dar (Katz und Siffert 1975, Stulberg 1981, Schulitz und Dustmann 1998, Niedhart et al. 1999, Schittich 2001). Song et al. (2000) fanden eine metaphysäre Beteiligung insbesondere in den hohen Catterall und Herring Klassen, Hartmann (2006) sahen ebenfalls die Hüften mit Zystenbildung in den höheren Schweregraden nach Catterall, Salter und Herring und beurteilten die Patienten mit metaphysären Zysten als tendenziell benachteiligt, was Prognose und Outcome betrifft. Einen vorzeitigen Schluss der Wachstumsfuge, der möglicherweise mit den metaphysären Läsionen in Verbindung steht, sahen schon Schulitz und Dustmann (1998) als prognostisch ungünstig und wurden von Grzegorzewski et al. (2006) bestätigt. Nach Kim et al. (2004) könnten ebenso Wachstumsstörungen des Hüftkopfes mit dem Vorhandensein von diffusen metaphysären Veränderungen verknüpft sein. Hartmann (2006) fand zu 48,1 % keine metaphysären Zysten. Unsere Daten liefern Ergebnisse der fehlenden metaphysären Beteiligung mit 49,7 % in der röntgenologischen Analyse und 46,7 % in der MRT-Analyse. Wenn es zu einem Befall gekommen war, war er zu rund 30 % stark zu sehen.

Wir können die Meinung vieler Studien, dass eine metaphysäre Beteiligung als Risikozeichen gesehen werden kann, teilen, da wir eine statistisch signifikante Abhängigkeit des Endergebnisses von der metaphysären Beteiligung nachweisen konnten. Zu über 70 % ist in beiden radiologischen Verfahren ein gutes Endergebnis zu dokumentieren gewesen, wenn kein Befall zu eruieren war, demgegenüber steht zu über 60 % ein schlechtes Ergebnis bei starkem Befall. Sowohl die Röntgen- als auch die MRT-Bilder sind zur Analyse geeignet. Wenn es um die Beurteilung des Ortes des Metaphysenbefalls geht, favorisieren wir die MRT-Analyse, da sich die Signalminderungen sowohl auf verschiedenen Wichtungen, als auch Richtungen wie sagittal und axial beurteilen lassen. Aufgrund der geringen Fallzahlen in der Analyse des Ortes des Befalls können wir keine statistisch signifikanten Angaben machen, immerhin aber Trends aufzeigen. Dabei stellten wir röntgenologisch und magnetresonanztomographisch für einen Befall zentral in der Metaphyse in der überwiegenden Zahl ein gutes Endergebnis fest, für einen lateralen Befall und einen Befall der gesamten Metaphyse ein schlechtes Ergebnis. Schittich (2001) kam zu ähnlichen Ergebnissen, mit einer festgestellten schlechten Prognose bei diffus unscharf begrenzten lateralen Defekten und guter Prognose bei scharf begrenzten ventralen oder zentralen Defekten. Bei einem medialen Befall ist das Verhältnis gutes oder schlechtes Endergebnis bei unseren Daten ausgeglichen, in der MRT-Analyse auch bei einem Befall entlang der Epiphysenfuge. De Sanctis et al. (2000) zeigen in ihrer MRT-Untersuchung in der

Mitbeteiligung der Epiphysenfuge einen prognostisch bedeutenden Faktor auf, was wir hingegen nur in der röntgenologischen Analyse anhand eines überwiegend schlechten Ergebnisses bei Befall entlang der Fuge bestätigen konnten.

Die metaphysäre Beteiligung kann anhand der Ergebnisse verschiedener Studien als Zeichen für einen schweren Verlauf gesehen werden, was unsere Daten unterstützen können, jedoch sollte sie als Gegenstand weiterer Forschungen, besonders im Hinblick auf die gegenseitige Beeinflussung mit anderen Faktoren, sowie Studien mit größeren Fallzahlen über den Ort des Befalls mit Sicht auf die Endergebnisbetrachtung, beachtet werden.

Die subchondrale Fraktur, von Salter und Thompson (1984) beschrieben, markiert den Beginn der Erkrankung und korreliert in ihrem Ausmaß mit dem Ausmaß der Femurkopfbeteiligung und der nachfolgenden Resorption. Daraus hervorgehend, wird sie nicht nur nach Niethard (1997) oder Song et al. (1999) als prognostischer Faktor angesehen, Agus et al. (2004) bevorzugen zudem diese Klassifizierung gegenüber der nach Herring. Hartmann (2006) fand zu 70,4 % ihrer Fälle eine subchondrale Frakturlinie, was mit unseren Daten mit 71,6 % gefundener Fraktur in der Röntgendarstellung und 76,3 % in den MRT-Bildern annähernd übereinstimmt. Ein Vergleich mit den Literaturangaben zeigt die hohe Präsenz der Fraktur in unseren Fällen, da Salter und Thompson (1984), aber auch Wiig et al. (2004) lediglich in 23 % der Fälle eine Fraktur nachweisen konnten. Begründet werden kann dieses Phänomen durch die Tatsache der Retrospektivität unserer Studie und dem immer früheren und häufigeren Einsatz der radiologischen Verfahren, demzufolge einer hohen Anzahl an zu beurteilenden Bildern. Neben Wiig et al. (2004) weisen auch Sambandam et al. (2006) auf die Problematik des notwendigen frühen Einsatzes der bildgebenden Verfahren bei dieser Klassifikation hin, um die Fraktur in der kurzen Zeit (im Schnitt 3-9 Monate), in der sie in den frühen Stadien sichtbar ist, beurteilen zu können. Bos et al. (1991) sahen in der MRT-Analyse, besonders in den frühen Phasen, eine gute Beurteilungsmöglichkeit der subchondralen Frakturlinie. Auf der anderen Seite kritisieren Song et al. (1999) einen eingeschränkten Nachweis der subchondralen Fraktur im MRT, was wir anhand unseres Datenvergleichs der beiden Verfahren nicht unterstützen können, denn die MRT-Analyse konnte in 38,5 % eine subchondrale Fraktur finden, wohingegen im Röntgen kein Befall zu verzeichnen war.

Im Hinblick auf die prognostische Aussage können wir für beide Verfahren eine statistisch signifikante Abhängigkeit des Endergebnisses von der subchondralen Fraktur nachweisen, dabei ist zu rund 80 % von einem guten Ergebnis auszugehen, wenn keine Fraktur nachzuweisen war. Die Fälle, die eine Fraktur aufweisen konnten, wurden von uns in der

Mehrzahl in den höheren Schweregrad B nach Salter eingeteilt, was bereits von Salter und Thompson (1984), Wiig et al. (2004) und Hartmann (2006) beobachtet wurde.

Die Gruppeneinteilung nach Salter A und B in Bezug zur Endergebnisbetrachtung zeigte ebenfalls eine Signifikanz, bei der zu rund 60 % mit einem schlechten Endergebnis beim Schweregrad B gerechnet werden muss. Diesen prognostischen Einfluss konnte auch Hartmann (2006) aufzeigen. In der Beurteilung Salter A und B zum Endergebnisbezug muss nach unseren Daten der MRT-Analyse aufgrund eines niedrigeren p-Wertes der Vorzug gegeben werden. Obwohl das Phänomen der subchondralen Fraktur kein regelhafter Parameter beim Morbus Perthes ist, sehen wir anhand der MRT-Analyse eine Möglichkeit, in frühen Stadien diesen Faktor finden und beurteilen zu können und ihn in den Komplex verschiedener Risikozeichen im Hinblick auf eine Prognoseaussage mit einzubeziehen.

In der Literatur ist im Besonderen die Ausdehnung der Epiphysennekrose als prognostisch wegweisender Einflussfaktor mehrfach beschrieben worden, vorzugsweise im Zusammenhang mit der Catterall-Klassifizierung (Dickens und Menelaus 1978, Niethardt 1997, Spies und Hassenpflug 2003, Grzegorzewski et al. 2006, Hartmann 2006, Brogard et al. 2007, Wiig et al. 2008). Die aufgeführten Studien betonen den Zusammenhang hoher Catterall-Stadien mit einem schlechten Outcome. Kritisch zu sehen ist die, oft aufgeführte Schwierigkeit, der Klassifizierung nach Catterall in frühen Stadien der Erkrankung, die problematische Anwendbarkeit in der Hand unerfahrener Untersucher, sowie eine schlechte Reliabilität (De Billy et al. 2002, Hipp et al. 2003, Agus et al. 2004, Sambandam et al. 2006). Schon Heuck et al. (1988) und Bos et al. (1991), aber auch De Sanctis et al. (2000) favorisieren den Einsatz der MRT-Untersuchung aufgrund der Früherkennung, sowie präziseren Beurteilung des Ausmaßes der Nekrose. Schittich (2001) stellte fest, dass in der MRT-Analyse eine genaue Ausdehnung der Nekrose bereits früh sichtbar ist, im Verlauf keine weitere Zunahme der Nekrose zu verzeichnen war und beobachtete regelmäßig eine größere Ausdehnung der Nekrose als bei den Catterall-Gruppierungen. Sie hielt insofern ein Verlassen der Catterallklassen für sinnvoll und entwickelte eine MRT-Typeneinteilung, die zudem als Faktor für die Therapieentscheidung berücksichtigt werden soll.

In diesem Sinne entschieden wir uns in der Nekrosebetrachtung ebenfalls für die MRT-Analyse.

Aus unseren Daten der Nekroseausdehnung geht hervor, dass in der summatorischen Sektorenbetrachtung vorwiegend 2 Sektoren befallen waren und in der Größenbetrachtung dominierte ebenfalls der initiale Nekrosebefall. Erklärt werden kann dies durch den frühen Einsatz der MRT-Untersuchung in Eisenberg, der folglich die Erkrankung im Initialstadium

zeigt. Möglichst zu diesem Zeitpunkt sollte eine Therapieentscheidung getroffen werden, denn je geringer das Nekroseausmaß, desto bessere Endergebnisse sind zu erwarten.

Diese Abhängigkeit des Endergebnisses von der Größe der Nekrose im MRT konnten wir statistisch signifikant nachweisen und bestätigen damit auch De Sanctis et al. (2000).

Wir wollen nun auf den Ort des Nekrosebefalls näher eingehen, der in den bisherigen Studien noch wenig Beachtung gefunden hat, dementsprechend vergleichende Daten nicht vorhanden sind. Wir beobachteten einen vorrangig nekrotischen Befall des Hüftkopfes im oberen lateralen Bereich (Sektor 2 und 3, vgl. Tab. 11). In Bezug auf die Ergebnisbetrachtung wurde von uns eine statistisch signifikante Abhängigkeit des Endergebnisses vom Befall der Sektoren 2, 3 und 6 beobachtet. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei einem vorrangig lateralen nekrotischen Befall des Kopfes, unabhängig von der Größe der Nekrose, mit einem schlechten Ergebnis gerechnet werden muss. Um nun das Ausmaß der Nekrose mit einzubeziehen, beurteilten wir die Sektoren im Initialstadium. Die Resultate im Hinblick auf die Endergebnisbeurteilung haben aufgrund der geringen Fallzahlen nur einen hinweisenden Charakter und zeigen den Trend auf, dass bei einer lateralen und sich kappenförmig ausbreitenden initialen Nekrose sich überwiegend schlechte Endergebnisse darstellen.

Die vornehmlich im Initialstadium in Erscheinung tretenden Bereiche medial und zentral (Sektorenkombination 1 + 4 und 2 + 5, vgl. Tab. 12) sind eher mit guten Ergebnissen verbunden. Darüber hinaus ist tendenziell mit einem guten Endergebnis zu rechnen, wenn die metaphysennahen Sektoren 4, 5 und 6 nicht befallen sind. Schittich (2001) teilte ebenfalls bei kleinen zentralen Defekten die betroffene Hüfte in den Typ 1 ein, der eine gute Prognose aufweist, und stellt bei zusätzlicher metaphysärer Nekrose einen Risikotyp (Typ 5) auf. Zudem stellte Schittich (2001) fest, dass bei einem noch bestehenden vitalen dorsalen Anteil eine höhere und damit besser Typeneinteilung möglich ist. Auch in unserer axialen MRT-Analyse ergab sich der Trend, dass bei ausschließlich ventralen Befall ein besseres Ergebnis zu erwarten ist, als bei Befall ventral und dorsal.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass man sich für eine verlässliche Prognoseaussage nicht an einzelnen Risikofaktoren orientieren kann, sondern viele verschiedene Faktoren als Begutachtungspunkte berücksichtigt werden müssen. Schon Mc Andrew und Weinstein (1984), auch Kamegaya et al. (2005) und Grzegorzewski et al. (2006) stellten die Kombination verschiedener Faktoren als für prognoseaussagekräftiger dar.

6 Schlussfolgerungen

Die individuelle Betrachtung des Kindes, die röntgenologischen und insbesondere die magnetresonanztomographischen Bilder sehen wir als die wichtigsten Begutachtungsverfahren an, die möglichst in den frühen, initialen Stadien der Erkrankung zur Anwendung kommen sollten. Unter Berücksichtigung der folgenden, in der vorliegenden Arbeit gewonnenen, Daten, die einen orientierenden Charakter haben, soll eine Prognoseaussage erfolgen:

Für die allgemeinen Faktoren sind das weibliche Geschlecht, sowie ein Alter über 6 Jahre als prognostisch ungünstige Zeichen statistisch signifikant nachzuweisen.

Für die morphometrischen Faktoren sollte die Begutachtung des Risikofaktors „Lateralisation“ in der Röntgenanalyse erfolgen, mit dem statistisch ermittelten Grenzwert für die Lateralisation Femur von 11 mm. Weiterhin kann in der röntgenologischen Ausmessung eine verminderte Höhe der lateralen Säule mit dem statistisch festgestellten Grenzwert von 8,5 mm als Risikofaktor berücksichtigt werden. Bei der Extrusionsbetrachtung kommt hingegen die MRT-Analyse zur Anwendung, mit einem eruierten Extrusionsindex von über 0,32 als Risikozeichen. Auch ein Labrumwinkel größer als die statistisch berechnete Grenze von 55 ° wird als solches Zeichen beachtet. In der Betrachtung der deskriptiven Faktoren erwies sich die laterale Verkalkung als Risikozeichen, wobei kein Unterschied in der radiologischen Verfahrenswahl besteht. Ebenso zeigte sich die metaphysäre Beteiligung im Röntgen und MRT als Risikopunkt. Der Ort sollte allerdings im MRT, im Speziellen der laterale Befall und der gesamte Befall der Metaphyse im Hinblick auf ein schlechtes Outcome, evaluiert werden. In gleicher Weise kann die subchondrale Fraktur (Salter B) im MRT analysiert werden.

Bei der magnetresonanztomographischen Nekrosebetrachtung korreliert in erster Linie ein hohes Ausmaß der Nekrosegröße mit einem schlechten Endergebnis, ebenso die Nekroselokalisation lateral, kappenförmig, metaphysennahe sowie ventral und dorsal.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten Trends in der Begutachtung von Risikofaktoren zur Möglichkeit einer prognostischen Aussage aufzeigen. Sie bieten zudem neue Ansatzpunkte für weitere Forschungsmöglichkeiten, unter anderem die nähere Betrachtung der Orte der epiphysären und metaphysären Nekrose im Hinblick auf den Verlauf der Erkrankung. Wir konnten darstellen, dass das MRT als ein unverzichtbares Standardverfahren in der Frühdiagnostik, Verlaufsbeurteilung, Risikofaktoren- und damit Prognoseeinschätzung eingesetzt werden kann.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

Abbildungs-, Diagramm- und Tabellenverzeichnis

Agus H, Kalenderer O, Eryanilmaz G, Ozcalabi IT. 2004. Intraobserver and interobserver reliability of Catterall, Herring, Salter-Thompson and Stulberg classification systems in Perthes disease. *J Pediatr Orthop B*, 13: 166-169.

Akgun R, Yasici M, Aksoy MC, Cil A, Alpaslan AM, Tumer Y. 2004. The accuracy and reliability of estimation of lateral pillar height in determining the Herring grade in Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 24 (6): 651-653.

Batory I. 1982. Die Ätiologie des Morbus Perthes und seine Beziehung zu der Dysplasia capitis femoris. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 120 (6): 833-849.

Blome KH. 2006. Metaanalyse zur Therapie des Morbus Perthes [Dissertation]. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität.

Bogaert van den G, Rosa de 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.

Bos CFA, Bloem JL, Bloem RM. 1991. Sequential Magnetic Resonance Imaging in Perthes' disease. *J Bone Joint Surg Br*, 73: 219-224.

Bowen JR, Schreiber FC, Foster BK, Wein BK. 1982. Premature femoral neck physcal closure in Perthes disease. *Clin Orthop*, Nov-Dec (171):24-29.

Brogard P, Wolf L, Hofmann A, Schmitt D, Meurer AM. 2007. Mittelfristige Ergebnisse nach Varisationsosteotomie bei Morbus Perthes [Meeting Abstract]. Mainz: Universitätsklinik Mainz (<http://www.egms.de/en/meetings>)

Calvé J. 1910. Sur une forme particulière de pseudo-coxalgie greffée sur des déformations caractéristiques de l'extrémité supérieure du fémur. *Revue de chirurgie*, 42: 54-84.

Canavese F, Dimeglio A. 2008. Perthes' disease: prognosis in children under six years of age. *J Bone Joint Surg Br*, 90 (7): 940-950.

Catterall A. 1971. The natural history of Perthes disease. *J Bone Joint Surg Br*, 53: 37-53.

Czerny C, Nöbauer-Huhmann IM, Imhof H. 2005. MRT des Hüftgelenks. *Radiologie up2date*, 4: 337-353.

De Billy B, Viel JF, Monnet E, Garnier E, Aubert D. 2002. Interobserver reliability in the interpretation of radiological signs in Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop B*, 11: 10-14.

De Pellegrin M, Del Maschio A, Minio Paluello G, Portinaro N. 1996. Perthes disease and Meyer's dysplasia – The role of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis. *J Bone Joint Surg Br*, 78: 66.

- De Pellegrin M, Fracassetti D, Ciampi P. 1997. Coxitis fugax. Die Rolle der bildgebenden Verfahren. *Der Orthopäde*, 26: 858-867.
- De Sanctis N, Rega AN, Rondinella F. 2000. Prognostic evaluation of Legg-Calvé-Perthes disease by MRI. Part I: The role of physal involvement. *J Pediatr Orthop*, 20: 455-462.
- De Sanctis N, Rondinella F. 2000. Prognostic evaluation of Legg-Calvé-Perthes disease by MRI. Part II: Pathomorphogenesis and new classification. *J Pediatr Orthop*, 20: 463-470.
- Edgren W. 1965. 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 Orthop Scand*, 84: 1-129.
- Engelhardt P. 1985 Die Spätprognose des Morbus Perthes: Welche Faktoren bestimmen das Arthroserisiko? *Z. Orthop*, 123: 168-181.
- Engelhardt P, Kaufmann L. 1982. Synopsis diagnostischer und prognostischer Begriffe beim Morbus Perthes. *Der Orthopäde*, 11: 3-10.
- Farsetti P, Tudisco C, Caterini R, Potenza V, Ippolito E. 1995. The Herring lateral pillar classification for prognosis in Perthes disease. *J Bone Joint Surg Br*, 77 (5): 739-742.
- Gershuni DH, Hargens AR, Lee YF, Greenberg EN, Zapf R, Akeson WH. 1983. The questionable significance of hip joint tamponade in producing osteonecrosis in Legg-Calvé-Perthes syndrome. *J Pediatr Orthop*, 3: 280-286.
- 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: 345-349.
- Grasemann H, Nicolai RD, Patsalis T, Hövel M. 1997. The treatment of Legg-Calvé-Perthes disease. To contain or not to contain. *Arch Orthop Trauma Surg*, 116 (1-2): 50-54.
- Grimm J, Haist J, Higer HP. 1991. Zur Diagnostik des Morbus Perthes durch Magnetresonanztomographie. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 129: 151-155.
- Grzegorzewski A, Synder M, Kozłowski P, Szymczak W, Bowen RJ. 2006. The role of the acetabulum in Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, May-Jun 26 (3): 316-321.
- Grzegorzewski A, Szymczak W, Synder M, Drobniewski M. 2006. The prognostic factors in Perthes disease. *Chir Narzadow Ruchu Orthop Pol*, 71 (3): 177-182.
- Guille JT, Lipton GE, Szöke G, Bowen JR, Harcke HAT, Glutting JJ. 1998. Legg-Calvé-Perthes-Disease in girls. A comparison of the results with those seen in boys. *J Bone Joint Surg*, 80 (9): 1256-1263.
- Guille JT, Lipton GE, Tsirikos AI, Bowen JR. 2002. Bilateral Legg-Calvé-Perthes disease: presentation and outcome. *J Pediatr Orthop*, Jul-Aug 22 (4): 458-463.
- Hall DJ. 1986. Genetic aspects of Perthes disease. A critical review. *Clin Orthop*, 163: 141-147.

- Hartmann C. 2006. Risikofaktoren beim Morbus Perthes und ihre Auswirkungen auf das klinische und radiologische Ergebnis [Dissertation]. Marburg: Philipps- Universität.
- Herring JA, Neustadt JB, William JJ, Early JS, Browne RH. 1992. The lateral pillar classification of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 12 (2): 143-150.
- Herring JA, Kim HT, Browne R. 2004. Legg-Calvé-Perthes disease. Part I: Classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classifications. *J Bone Joint Surg Am*, 86 (10): 2103-2120.
- Herring JA, Kim HT, Browne R. 2004. Legg-Calvé-Perthes disease. Part II: Prospective multicenter study of the effect of treatment on outcome. *J Bone Joint Surg Am*, 86 (10): 2121-2134.
- Heuck A, Lehner K, Schittich I, Reiser M. 1988. Value of MR for diagnosis, differential diagnosis and the therapy follow-up of Perthes` disease. *Fortschr Röntgenstr*, 148 (2): 189-194.
- Hipp EG, Plötz W, Thiemel G. 2003. Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Ismail AM, Macnicol MF. 1998. Prognosis in Perthes` disease – A comparison of radiological predictors. *J Bone Joint Surg Br*, 80 (2): 310-314.
- Kamegaya M, Saisu T, Miura Y, Moriya H. 2005. A proposed prognostic formula for perthes disease. *Clinical Orthopaedics and related research*, 440: 205-208.
- Katz JF, Siffert RS. 1975. Capital necrosis, metaphyseal cyst and subluxation in coxa plana. *Clin Orthop*, Jan-Feb 106:75-85.
- Kim HKW, Skelton DN, Quigley EJ. 2004. Pathogenesis of metaphyseal radiolucent changes following ischemic necrosis of the capital femoral epiphysis in immature pigs. *J Bone Joint Surg Am*, 86 (1): 129-135.
- Konermann W, De Pellegrin M. 1993. Die Differentialdiagnose des kindlichen Hüftschmerzes im Sonogramm. *Der Orthopäde*, 22: 280-287.
- Konermann W, Gruber G. 2002. Hüftgelenkerkrankungen im Kindes- und Jugendalter – sonographische Differentialdiagnosen. *Der Orthopäde*, 31: 288-292.
- Kramer J, Hofmann S, Scheurecker A, Tschauer C. 2002. Morbus Perthes. *Der Radiologe*, 6 (42): 432-439.
- Krauspe R, Raab P. 1997. Morbus Perthes. *Der Orthopäde*, 26(3): 289-302.
- Leitch JM, Paterson DC, Foster BK. 1991. Growth disturbance in Legg-Calvé-Perthes disease and the consequences of surgical treatment. *Clin Orthop Relat Res*, 262: 178-184.
- Loder RT, Farley FA, Hensinger RN. 1995 a. Physeal slope in Perthes` disease. *J Bone Joint Surg Br*, 77(5): 736-738.

- Loder RT, Farley FA, Herring JA, Schork MA, Shyr Y. 1995 b. Bone age determination in children with Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 15(1): 90-94.
- Mc Andrew MP, Weinstein SL. 1984. A long-term follow-up of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Bone Joint Surg Am*, 66 (6): 860-869.
- Meiss AL. 2001. MRT zur Diagnostik des Containment-Verlustes beim M. Perthes. *Med Orth Tech*, 121: 47-54.
- Meurer A, Moeckl T, Kreitner K. 2004. Hat die MRT Einfluss auf die Prognose bei Morbus Perthes? [Meeting Abstract] Mainz: Johannes Gutenberg Universität, Orthopädische Klinik. (<http://www.egms.de/en/meetings>)
- Meurer A, Böhm B, Decking J, Heine J. 2005. Analyse der Pfannenveränderungen bei Morbus Perthes mittels Radiomorphometrie. *Z Orthop*, 143: 100-105.
- Miller F, Cardoso Dias R, Dabney K, Lipton G, Triana M. 1997. Soft-tissue release for spastic hip subluxation in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*, 17(5): 571-584.
- Mose K. 1980. Methods of measuring in Legg-Calvé-Perthes disease with special regard to the prognosis. *Clinical Orthopaedics and related research*, 150: 103-109.
- Niedhart C, Weber M, Kraft R, Kaps P, Niethard FU. 1999. Der Einfluss von Risikofaktoren und der Therapie auf die mittelfristige Hüftdeformität beim M. Perthes. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 137: 403-408.
- Niethard FU. 1997. *Kinderorthopädie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Niethard FU, Pfeil J. 2003. *Orthopädie*. Vierte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Reimers J. 1980. The stability of the hip in children, a rad. study of the results of muscle surgery in cerebral palsy. *Acta Orthop Scan Suppl*, 184: 1-100.
- Reinker KA. 1996. Early diagnosis and treatment of hinge abduction in Legg-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 16: 3-9.
- Reiser M, Heuck A. 1997. Hüftgelenk und Becken. In: Vahlensick M, Reiser M. *MRT des Bewegungsapparats*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 143-167.
- Rosenfeld SB, Herring JA, Chao JC. 2007. Legg-Calvé-Perthes disease: a review of cases with onset before six years of age. *J Bone Joint Surg Am*, 89 (12): 2712-2722.
- Salter RB, Thompson GH. 1984. Legg-Calvé-Perthes disease. The prognostic significance of subchondral fracture and a two-group classification of the femoral head involvement. *J Bone Joint Surg Am*, 66 (4): 479-489.
- Sambandam SN, Gul A, Shankar R, Goni V. 2006. Reliability of radiological classifications used in Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop B*, 15: 267-270.

- Singerhoff S. 2007. MR-basierte Volumetrie des Hüftkopfes und der Hüftpfanne beim Morbus Perthes und einem Normalkollektiv [Dissertation]. Hamburg-Eppendorf: Universitätsklinikum.
- Schittich I, Gradinger R, Hipp E. 1990. Legg-Calvé-Perthes'sche Erkrankung im MRI. Möglichkeiten und Grenzen. *Z Orthop*, 128: 404-410.
- Schittich I. 2001. MRT für die Diagnose und Behandlung des Morbus Perthes und der Epiphyseolysis capitis femoris. *Der Orthopäde*, 30: 519-527.
- Schleberger R, Krauspe R. 2005. Morbus Perthes. <http://www.awmf.de> (AWMF-online. Leitlinien Orthopädie. Register Nr. 033/047).
- Schmitz B. 1985. Die Lateralisation des Hüftkopfes – Ihre Bedeutung für die Pathogenese, Diagnose, Therapie und Verlauf der Perthes'schen Erkrankung. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 123: 156-162.
- Schulitz K.-P., Dustmann H.-O. 1998. Morbus Perthes. Zweite Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Song HR, Lee SH, Na JB, Cho SH, Jeong ST, Ahn BW, Koo KH. 1999. Comparison of MRI with subchondral fracture in the evaluation of extent of epiphyseal necrosis in the early stage of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 19: 70-75.
- Song HR, Dhar S, Na JB, Cho SH, Ahn BW, Ko SM, Suh SW, Koo KH. 2000. Classification of metaphyseal change with MRI in Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop*, 20: 557-561.
- Specchiulli F, Scialpi L. 1997. Catterall versus Herring classification in Perthes' disease. *Chir. Organi Mov*, 82: 289-293.
- Spies A, Hassenpflug J. 2003. Morbus Perthes: Klinische und radiologische Langzeitergebnisse. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 141.
- Stulberg SD, Cooperman DR, Wallenstein R. 1981. The natural history of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Bone Joint Surg Am*, 63 (7): 1095-1108.
- Stücker MHF, Buthmann J, Meiss AL. 2005. Evaluation of Hip Containment in Legg-Calvé-Perthes disease: A Comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging. *Ultraschall in Med*, 26 (5): 406-410.
- Talkhani IS, Moore DP, Dowling FE, Fogarty EE. 2001. Neck-shaft angle remodelling after derotation varus osteotomy for severe Perthes- disease. *Acta Orthop Belg*, Jun 67 (3): 248-251.
- Ueo T, Tsutsumi S, Yamamuro T, Okumura H. 1987. Biomechanical analysis of Perthes' disease using the finite element method: the role of swelling of articular cartilage. *Arch Orthop Trauma Surg*, 106 (4): 202-208.

Perthes GC. 1910. Über Arthritis deformans juvenilis. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, 107: 111-159.

Waldenström H. 1922. The definite form of the coxa plana. Acta Radiologica, 1: 384-394.

Wenger DR, Ward WT, Herring JA. 1991. Current concepts review: Legg-Calvé-Perthes disease. J Bone Joint Surg Am, 73 (5): 778-788.

Wiig O, Svenningsen S, Terjesen T. 2004. Evaluation of the subchondrale fracture in prediction the extent of femoral head necrosis in Perthes disease: a prospective study of 92 patients. J Pediatr Orthop, 13(5): 293-298.

Wiig O, Terjesen T, Svenningsen S. 2008. Prognostic factors and outcome of treatment 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. Die nichtoperative Therapie des Morbus Perthes. Der Orthopäde, 32: 139-145.

Wörtler K, Link TM, Rummeny EJ. 2003. Radiologische Diagnostik und Differentialdiagnostik der Osteonekrose. Arthroscopie, 16: 15-22.

Wynne-Davies R, Gormley J. 1978. The aetiology of Perthes disease. Genetic, epidemiological and growth factors in 310 Edinburgh and Glasgow patients. J Bone Joint Surg Br, 60 (1): 6-14.

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Durchblutung des kindlichen Hüftkopfes (modifiziert nach Niethard FU, Pfeil J.2003. Orthopädie).....	5
Abb.2: Pathomorphologischer Befund (modifiziert nach Niethard FU.1997. Kinderorthopädie).....	6
Abb.3: „hinge abduction“-Phänomen (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	7
Abb.4: Initialstadium rechts (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes).	10
Abb.5: Kondensationsstadium links (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	10
Abb.6: Fragmentationsstadium rechts (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	11
Abb.7: Gutes Endstadium nach M. Perthes rechts (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes).....	12
Abb.8: Aspärische Inkongruenz (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	12
Abb.9: Catterall Gruppen (Schemazeichnung).....	13
Abb.10: Salter Typ A und Salter Typ B (Schemazeichnung)	14
Abb.11: Herring Klassifikation (Schemazeichnung)	15
Abb.12: M. Perthes rechts (a+b: koronare MRT Bilder, modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes.; c: sagittales MRT Bild, modifiziert nach Schittich I.2001. MRT für die Diagnose und Behandlung des Morbus Perthes und der Epiphyseolysis capitis femoris)	17
Abb.13: Analyse präoperativ (Schemazeichnung zur Verdeutlichung der eigenen Messungen).....	30
Abb.14: Winkelbestimmungen (Schemazeichnung zur Verdeutlichung der eigenen Messungen).....	30
Abb.15: Labrumwinkel bei M. Perthes links (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes; zur Verdeutlichung der eigenen Messungen)	30
Abb.16: Nekrosesektoren im MRT (Schemazeichnung zur Verdeutlichung der eigenen Messungen)	32
Abb.17: Bsp. MRT, M. Perthes links (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	33
Abb.18: MRT axial; M. Perthes links (modifiziert nach Schulitz K.-P., Dustmann H.-O.1998. Morbus Perthes)	33
Abb.19: Horizontaler Nekrosebefall (Schemazeichnung zur Verdeutlichung der eigenen Messungen)	33
Abb.20: Analyse postoperativ (Schemazeichnung zur Verdeutlichung der eigenen Messungen)	34
Abb.21: Bestimmung der Sphärizität nach Mose (modifiziert nach Niethard FU.1997. Kinderorthopädie).....	36

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Geschlechtsverteilung	39
Diagramm 2: Boxplot Altersverteilung	40
Diagramm 3: Boxplot Lateralisation Epiphyse Rö	42
Diagramm 4: Boxplot Lateralisation Femur Rö	42
Diagramm 5: Boxplot Extrusion Rö	43
Diagramm 6: Boxplot Laterale Säule	43
Diagramm 7: Boxplot Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel	44
Diagramm 8: Laterale Verkalkung Rö	44
Diagramm 9: Gage Zeichen Rö	44
Diagramm 10: Metaphysäre Beteiligung Rö	45
Diagramm 11: Subchondrale Frakturlinie Rö	46
Diagramm 12: Boxplot Lat. Epiphyse MRT	47
Diagramm 13: Boxplot Lat. Femur MRT	47
Diagramm 14: Boxplot Extrusion MRT	48
Diagramm 15: Boxplot Labrumwinkel	49
Diagramm 16: Laterale Verkalkung MRT	49
Diagramm 17: Gage Zeichen MRT	49
Diagramm 18: Metaphysäre Beteiligung MRT	50
Diagramm 19: Subchondrale Frakturlinie MRT	51
Diagramm 20: Summatorische Nekrosebereiche	52
Diagramm 21: Größe der Nekrose	52
Diagramm 22: Horizontaler Nekrosebefall	52
Diagramm 23: Boxplot Schenkelhalsbreite	54
Diagramm 24: Boxplot Schenkelhalslänge	54
Diagramm 25: Boxplot Verplumpungsindex SH	55
Diagramm 26: Boxplot AT-Distanz	55
Diagramm 27: Boxplot Pfannen-Kopf-Index	56
Diagramm 28: Anzahl Moseringe	56
Diagramm 29: Boxplot CCD-Winkel	57
Diagramm 30: Geschlecht + Endergebnis	59
Diagramm 31: Befall + Endergebnis	59
Diagramm 32: Altersgruppe + Endergebnis	60
Diagramm 33: Lat. Epiphyse + Endergebnis	61
Diagramm 34: Lat. Femur + Endergebnis	61
Diagramm 35: Lat. Epiphyse MRT + Endergebnis	62
Diagramm 36: Extrusionsindex + Endergebnis	63

Diagramm 37: Laterale Säule + Endergebnis.....	64
Diagramm 38: Epiphysenfugen-Pfanneneingangswinkel + Endergebnis	65
Diagramm 39: Labrumwinkel + Endergebnis	65
Diagramm 40: Lat. Verkalk.MRT + Endergebnis.....	67
Diagramm 41: Metaphyse MRT + Endergebnis	69
Diagramm 42: Ort des Metaphysenbefalls im Rö + Endergebnis	70
Diagramm 43: Ort des Metaphysenbefalls im MRT + Endergebnis	71
Diagramm 44: Subch. Fraktur + Endergebnis.....	72
Diagramm 45: Summat. Bereiche + Ergebnis.....	74
Diagramm 46: Größe Nekrose + Endergebnis	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: MRT-Verlauf des Morbus Perthes	11
Tabelle 2: MRT-Typeneinteilung nach Ausdehnung der Nekrose.....	12
Tabelle 3: Geschlechtsverteilung	38
Tabelle 4: Behandlungsvorgehen	40
Tabelle 5: Altersgruppen	41
Tabelle 6: Metaphysenbefall Röntgen.....	45
Tabelle 7: Subchondrale Frakturlinie Röntgen.....	46
Tabelle 8: Indizes	48
Tabelle 9: Metaphysenbefall MRT.....	50
Tabelle 10: Subchondrale Frakturlinie MRT	51
Tabelle 11: Nekrosesektoren	51
Tabelle 12: Nekrosegröße 1, initialer Sektorenbefall.....	53
Tabelle 13: Nekrosegröße 2, initialer Sektorenbefall.....	53
Tabelle 14: Postoperative Einschätzung.....	57
Tabelle 15: Geschlecht + Endergebnis	58
Tabelle 16: Befall + Endergebnis	59
Tabelle 17: Behandlungsvorgehen + Endergebnis	60
Tabelle 18: Altersgruppe + Endergebnis	60
Tabelle 19: Grenzwert Lateralisation Femur.....	62
Tabelle 20: Grenzwert Extrusionsindex	63
Tabelle 21: Grenzwert laterale Säule	64
Tabelle 22: Grenzwert Labrumwinkel	66
Tabelle 23: Lat. Verkalk. im Rö + Endergebnis.....	66
Tabelle 24: Lat. Verkalk. im MRT + Endergebnis.....	66
Tabelle 25: Vergleich Röntgen und MRT für Risikofaktor Laterale Verkalkung.....	67
Tabelle 26: Gage Zeichen im Röntgen + Endergebnis.....	68
Tabelle 27: Gage Zeichen im MRT + Endergebnis.....	68
Tabelle 28: Metaphyse im Rö + Endergebnis	68
Tabelle 29: Metaphyse im MRT + Endergebnis	68
Tabelle 30: Vergleich Röntgen und MRT für Risikofaktor metaphysäre Beteiligung.....	69
Tabelle 31: Ort des Metaphysenbefalls im Röntgen + Endergebnis	70
Tabelle 32: Ort des Metaphysenbefalls im MRT + Endergebnis	71
Tabelle 33: Subch. Fraktur im Röntgen + Endergebnis	72
Tabelle 34: Subch. Fraktur im MRT + Endergebnis	72
Tabelle 35: Salter Einteilung Röntgen + Endergebnis	73
Tabelle 36: Salter Einteilung MRT + Endergebnis	73

Tabelle 37: Vergleich Röntgen und MRT für subchondrale Frakturlinie	73
Tabelle 38: Nekrosebereiche Hüftkopf + Ergebnis	74
Tabelle 39: Größe Nekrose + Endergebnis	76
Tabelle 40: Horizontaler Nekrosebefall + Endergebnis	76

8 Anhang

Chi-Quadrat- Test- und T-Test- Ergebnisse:

Signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$) sind mit einem * gekennzeichnet.

Chi-Quadrat-Test: Geschlecht und Ergebnis

	Wert	Df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,9	1	,009 *		
Kontinuitätskorrektur	5,9	1	,015		
Likelihood-Quotient	6,8	1	,009		
Exakter Test nach Fisher				,010	,008
Zusammenhang linear-mit-linear	6,8	1	,009		
Anzahl der gültigen Fälle	149				

Chi-Quadrat-Test: Befall und Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	,4	1	,493		
Kontinuitätskorrektur	,3	1	,604		
Likelihood-Quotient	,5	1	,492		
Exakter Test nach Fisher				,508	,302
Zusammenhang linear-mit-linear	,5	1	,494		
Anzahl der gültigen Fälle	149				

Chi-Quadrat-Test: Behandlungsvorgehen und Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	3,2	1	,075		
Kontinuitätskorrektur	1,6	1	,203		
Likelihood-Quotient	4,7	1	,031		
Exakter Test nach Fisher				,132	,098
Zusammenhang linear-mit-linear	3,2	1	,075		
Anzahl der gültigen Fälle	149				

Chi-Quadrat-Test: Altersgruppe und Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	10,1	1	,002 *		
Kontinuitätskorrektur	9,1	1	,003		
Likelihood-Quotient	10,3	1	,001		
Exakter Test nach Fisher				,002	,001
Zusammenhang linear-mit-linear	9,9	1	,002		
Anzahl der gültigen Fälle	149				

T-Test: Lateralisation Epiphyse + Ergebnis, Röntgen:

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Sg	T	df	Sg. (2-seitig)	mDf	SF der Df	95% CI der Df	
									untere	obere
Lat. Epi.	V =	,07	,8	-2,4	95	,017 *	-,9	,4	-1,6	-,17
	V ≠			-2,5	86,1	,015	-,9	,4	-1,6	-,18

T-Test: Lateralisation Femur + Ergebnis, Röntgen:

Lat. Fem.	V =	10,3	,002	-4,8	95	,000 *	-2,3	,5	-3,3	-1,4
	V ≠			-4,5	59,8	,000	-2,3	,5	-3,4	-1,3

T-Test: Lateralisation Epiphyse + Ergebnis, MRT:

Lat. Epi.	V =	,7	,4	-2	90	,047 *	-1,0	,5	-1,9	-,01
	V ≠			-1,9	54,3	,058	-1,0	,5	-2,0	,03

T-Test: Lateralisationsindex Epiphyse + Ergebnis, MRT:

Lat Epi Idx	V =	,09	,8	-,6	113	,515	0	,01	-,04	,02
	V ≠			-,6	96,4	,519	0	,01	-,04	,02

T-Test: Lateralisation Femur + Ergebnis, MRT:

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Sg	T	df	Sg.(2-seitig)	mDf	SF der Df	95% CI der Df untere obere	
Lat. Fem.	V=	,2	,7	-1,4	90	,161	-,7	,5	-1,6	,4
	V≠			-1,3	50,8	,192	-,7	,5	-1,6	,3

T-Test: Lateralisationsindex Femur + Ergebnis, MRT:

Lat. Fem. Idx	V=	,9	,3	-,3	113	,734	0	,01	0	0
	V≠			-,4	106,9	,727	0	,01	0	0

T-Test: Extrusion + Ergebnis, Röntgen:

Extr.	V=	30,8	0	-4,2	94	,000 *	-3,6	,8	-5,2	-1,9
	V≠			-3,7	46,8	,0001	-3,6	,9	-5,5	-1,6

T-Test: Extrusion + Ergebnis, MRT:

Extr.	V=	6,4	,01	-3,4	90	,001 *	-2,7	,8	-4,3	-1,1
	V≠			-2,7	35,9	,010	-2,7	1	-4,7	-,73

T-Test: Extrusionsindex + Ergebnis, MRT:

Extr. Idx	V=	2,4	,13	-3,8	113	,000 *	-,05	,01	-,08	-,03
	V≠			-3,7	87,7	,000	-,05	,01	-,08	-,02

T-Test: Laterale Säule + Ergebnis, Röntgen:

Lat. Säule	V=	3,6	,1	2,4	95	,019 *	1,8	,7	,3	3,3
	V≠			2,5	93,6	,014	1,8	,7	,4	3,2

T-Test: Epiphysenfugen-Pfannenwinkel + Ergebnis, Röntgen:

Winkel	V=	2,2	,1	1,5	97	,138	2,5	1,6	-,8	5,8
	V≠			1,4	70,9	,151	2,5	1,7	-,9	5,9

T-Test: Labrumwinkel + Ergebnis, MRT:

Labrum	V=	7,3	,01	-4	113	,000 *	-5,7	1,4	-8,5	-2,9
	V≠			-3,7	72	,000	-5,7	1,5	-8,8	-2,7

Chi-Quadrat-Test: Lat Verkalkung+Ergebnis, Rö:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	26,4	2	,000 *
Likelihood-Quotient	27,1	2	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	24,6	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	147		

Chi-Quadrat-Test: Lat Verkalkung+Ergebnis, MRT:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	11,9	2	,002 *
Likelihood-Quotient	12,1	2	,002
Zusammenhang linear-mit-linear	10,6	1	,001
Anzahl der gültigen Fälle	115		

Chi-Quadrat-Test: Gage Zeichen+Ergebnis, Rö:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,3	2	,5
Likelihood-Quotient	1,3	2	,5
Zusammenhang linear-mit-linear	1	1	,3
Anzahl der gültigen Fälle	147		

Chi-Quadrat-Test: Gage Zeichen+Ergebnis, MRT:

	Wert	df	Asymptotische Sg(2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,6	2	,7
Likelihood-Quotient	,6	2	,7
Zusammenhang linear-mit-linear	,4	1	,5
Anzahl der gültigen Fälle	115		

Chi-Quadrat-Test: Metaphyse+Ergebnis, Rö:

	Wert	df	Asymptotische Sg(2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	20,5	2	,000 *
Likelihood-Quotient	21,1	2	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	15,7	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	147		

Chi-Quadrat-Test: Metaphyse+Ergebnis, MRT:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	11,5	2	,003 *
Likelihood-Quotient	11,6	2	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	10,8	1	,001
Anzahl der gültigen Fälle	115		

Chi-Quadrat-Test: Subch Fraktur+Ergebnis, Rö:

	Wert	df	Asymptotische Sg(2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	25,5	2	,000 *
Likelihood-Quotient	27,4	2	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	24,1	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	147		

Chi-Quadrat-Test: Subch Fraktur+Ergebnis, MRT:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	19,6	2	,000 *
Likelihood-Quotient	21,5	2	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	17,9	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	115		

Chi-Quadrat-Test: Salter A/B und Ergebnis, Röntgen:

	Wert	Df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	5,1	1	,02 *		
Kontinuitätskorrektur	4,2	1	,04		
Likelihood-Quotient	5,1	1	,02		
Exakter Test nach Fisher				,03	,02
Zusammenhang linear-mit-linear	5,1	1	,02		
Anzahl der gültigen Fälle	106				

Chi-Quadrat-Test: Salter A/B und Ergebnis, MRT:

	Wert	Df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	8,5	1	,004 *		
Kontinuitätskorrektur	7,3	1	,007		
Likelihood-Quotient	8,8	1	,003		
Exakter Test nach Fisher				,004	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	8,4	1	,004		
Anzahl der gültigen Fälle	89				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 1 und Ergebnis:

	Wert	Df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,9	1	,088		
Kontinuitätskorrektur	2,3	1	,129		
Likelihood-Quotient	2,9	1	,086		
Exakter Test nach Fisher				,12	,06
Zusammenhang linear-mit-linear	2,9	1	,089		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 2 und Ergebnis:

	Wert	Df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	8	1	,005 *		
Kontinuitätskorrektur	6,6	1	,010		
Likelihood-Quotient	9,3	1	,002		
Exakter Test nach Fisher				,004	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	7,9	1	,005		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 3 und Ergebnis:

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg (2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	12,8	1	,000 *		
Kontinuitätskorrektur	11,4	1	,001		
Likelihood-Quotient	13,4	1	,000		
Exakter Test nach Fisher				0	0
Zusammenhang linear-mit-linear	12,7	1	,000		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 4 und Ergebnis:

Chi-Quadrat nach Pearson	3,3	1	,070		
Kontinuitätskorrektur	2,6	1	,106		
Likelihood-Quotient	3,3	1	,071		
Exakter Test nach Fisher				,080	,053
Zusammenhang linear-mit-linear	3,3	1	,071		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 5 und Ergebnis:

Chi-Quadrat nach Pearson	,6	1	,424		
Kontinuitätskorrektur	,4	1	,543		
Likelihood-Quotient	,6	1	,424		
Exakter Test nach Fisher				,4	,3
Zusammenhang linear-mit-linear	,6	1	,426		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Chi-Quadrat-Test: Nekrosebereich 6 und Ergebnis:

Chi-Quadrat nach Pearson	9,4	1	,002 *		
Kontinuitätskorrektur	8,3	1	,004		
Likelihood-Quotient	9,4	1	,002		
Exakter Test nach Fisher				,004	,002
Zusammenhang linear-mit-linear	9,3	1	,002		
Anzahl der gültigen Fälle	116				

Summat. Nekrosebefall+Ergebnis, Kreuztabelle: Chi-Quadrat-Test: summat Nekrosebefall+Ergebnis:

	Ergebnis		Gesamt
	Gut	Schlecht	
Summat Nekrose befall	9	2	11
	81,8%	18,2%	100%
2	28	8	36
	77,8%	22,2%	100%
3	11	8	19
	57,9%	42,1%	100%
4	10	12	22
	45,5%	54,5%	100%
5	2	2	4
	50%	50%	100%
6	8	16	24
	33,3%	66,7%	100%
Gesamt	68	48	116
	58,6%	41,4%	100%

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	15,9	5	,007
Likelihood-Quotient	16,5	5	,006
Zusammenhang linear-mit-linear	14,7	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	116		

Initialer Nekrosebefall Bereich 1+4 +Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
1+4	Kein Befall	30	9	39
		76,9%	23,1%	100%
	Befall	10	3	13
		76,9%	23,1%	100%
Gesamt		40	12	52
		76,9%	23,1%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 1+4 +Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg(1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	0	1	1,0		
Kontinuitätskorrektur	0	1	1,0		
Likelihood-Quotient	0	1	1,0		
Exakter Test nach Fisher				1	,6
Zusammenhang linear-mit-linear	0	1	1,0		
Anzahl der gültigen Fälle	52				

Initialer Nekrosebefall Bereich 2+5 +Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
2+5	Kein Befall	11	2	13
		84,6%	15,4%	100%
	Befall	17	3	20
		85%	15%	100%
Gesamt		28	5	33
		84,8%	15,2%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 2+5 +Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg(1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	0	1	,9		
Kontinuitätskorrektur	0	1	1,0		
Likelihood-Quotient	0	1	,9		
Exakter Test nach Fisher				1,0	,7
Zusammenhang linear-mit-linear	0	1	,9		
Anzahl der gültigen Fälle	33				

Initialer Nekrosebefall Bereich 3+6 +Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
3+6	Kein Befall	32	7	39
		82,1%	17,9%	100%
	Befall	5	5	10
		50%	50%	100%
Gesamt		37	12	49
		75,5%	24,5%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 3+6 +Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg(1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	4,4	1	,035		
Kontinuitätskorrektur	2,9	1	,091		
Likelihood-Quotient	3,9	1	,046		
Exakter Test nach Fisher				,05	,05
Zusammenhang linear-mit-linear	4,3	1	,037		
Anzahl der gültigen Fälle	49				

Initialer Nekrosebefall Bereich 1+2+3 +Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
1+2+3	Kein Befall	4	0	4
		100%	0%	100%
	Befall	10	8	18
		55,6%	44,4%	100%
Gesamt		14	8	22
		63,6%	36,4%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 1+2+3 +Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg(1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,8	1	,095		
Kontinuitätskorrektur	1,2	1	,273		
Likelihood-Quotient	4,1	1	,043		
Exakter Test nach Fisher				,3	,1
Zusammenhang linear-mit-linear	2,7	1	,102		
Anzahl der gültigen Fälle	22				

Initialer Nekrosebefall Bereich 4+5+6+Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
4+5+6	Kein Befall	19	12	31
		61,3%	38,7%	100%
Gesamt		19	12	31
		61,3%	38,7%	100%

Kein Chi-Quadrat Test möglich, da kein Fall gefunden wurde mit Betroffenheit dieser Bereichskombination 4+5+6

Initialer Nekrosebefall Bereich 2+3+6 +Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
2+3+6	Kein Befall	10	2	12
		83,3%	16,7%	100%
	Befall	3	5	8
		37,5%	62,5%	100%
Gesamt		13	7	20
		65%	35%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 2+3+6+Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg(1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	4,4	1	,035		
Kontinuitätskorrektur	2,6	1	,104		
Likelihood-Quotient	4,5	1	,034		
Exakter Test nach Fisher				,06	,05
Zusammenhang linear-mit-linear	4,2	1	,040		
Anzahl der gültigen Fälle	20				

Initialer Nekrosebefall Bereich 1+2+4+Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
1+2+4	Kein Befall	8	0	8
		100%	0%	100%
	Befall	3	1	4
		75%	25%	100%
Gesamt		11	1	12
		91,7%	8,3%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 1+2+4+Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	2,2	1	,140		
Kontinuitätskorrektur	,1	1	,712		
Likelihood-Quotient	2,4	1	,122		
Exakter Test nach Fisher				,3	,3
Zusammenhang linear-mit-linear	2	1	,157		
Anzahl der gültigen Fälle	12				

Initialer Nekrosebefall Bereich 2+3+Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
2+3	Kein Befall	11	2	13
		84,6%	15,4%	100%
	Befall	15	14	29
		51,7%	48,3%	100%
Gesamt		26	16	42
		61,9%	38,1%	100%

Chi-Quadrat-Test: Bereich 2+3 +Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	4,1	1	,042		
Kontinuitätskorrektur	2,8	1	,092		
Likelihood-Quotient	4,5	1	,034		
Exakter Test nach Fisher				,08	,04
Zusammenhang linear-mit-linear	4	1	,045		
Anzahl der gültigen Fälle	42				

Initialer Nekrosebefall Bereich 1+2+Ergebnis

		Ergebnis		Gesamt
		Gut	Schlecht	
1+2	Kein Befall	8	0	8
		100%	0%	100%
	Befall	15	10	25
		60%	40%	100%
Gesamt		23	10	33
		69,7%	30,3%	100%

Chi-Quadrat-Tests: Bereich 1+2+Ergebnis

Chi-Quadrat nach Pearson	4,6	1	,032		
Kontinuitätskorrektur	2,9	1	,089		
Likelihood-Quotient	6,8	1	,009		
Exakter Test nach Fisher				,07	,03
Zusammenhang linear-mit-linear	4,4	1	,035		
Anzahl der gültigen Fälle	33				

Chi-Quadrat-Test: Größe Nekrose+Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	18	3	,0 *
Likelihood-Quotient	18,9	3	,0
Zusammenhang linear-mit-linear	17,5	1	,0
Anzahl der gültigen Fälle	116		

Chi-Quadrat-Test: Horizontaler Nekrosebefall+Ergebnis

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,3	2	,026
Likelihood-Quotient	8,5	2	,014
Zusammenhang linear-mit-linear	6,9	1	,009
Anzahl der gültigen Fälle	116		

Chi-Quadrat-Test: Lateralisation Femur Grenzwert von 11mm

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	11	1	,001 *		
Kontinuitätskorrektur	9,8	1	,002		
Likelihood-Quotient	11,2	1	,001		
Exakter Test nach Fisher				,002	,001
Zusammenhang linear-mit-linear	11,1	1	,001		
Anzahl der gültigen Fälle	97				

Chi-Quadrat-Test: Extrusionsindex MRT Grenzwert von 0,32

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	8,5	1	,004 *		
Kontinuitätskorrektur	7,4	1	,007		
Likelihood-Quotient	8,5	1	,004		
Exakter Test nach Fisher				,006	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	8,4	1	,004		
Anzahl der gültigen Fälle	115				

Chi-Quadrat-Test: Laterale Säule Grenzwert 8,5mm

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	3,5	1	,062		
Kontinuitätskorrektur	2,8	1	,097		
Likelihood-Quotient	3,5	1	,061		
Exakter Test nach Fisher				,067	,048
Zusammenhang linear-mit-linear	3,5	1	,063		
Anzahl der gültigen Fälle	97				

Chi-Quadrat-Test: Labrumwinkel Grenzwert 55°

	Wert	df	Asymptotische Sg (2-seitig)	Exakte Sg(2-seitig)	Exakte Sg (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	23,5	1	,000 *		
Kontinuitätskorrektur	21,6	1	,000		
Likelihood-Quotient	23,9	1	,000		
Exakter Test nach Fisher				,000	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	23,3	1	,000		
Anzahl der gültigen Fälle	115				

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. R.-A. Venbrocks, ärztlicher Direktor des Lehrstuhls für Orthopädie der FSU- Jena, gilt mein besonderer Dank für die Möglichkeit der Promotion im Bereich der Kinderorthopädie des Waldkrankenhauses „Rudolf-Elle“ GmbH in Eisenberg.

Mein herzlichster Dank gebührt an dieser Stelle Herrn OA Dr. med. A. Sachse für die Überlassung des spannenden Themas und seiner stets herzlichen und motivierenden Art. Ohne seine engagierte und hilfreiche Unterstützung, wären die Durchführung und das Zustandekommen dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Im Besonderen der ansteckende Enthusiasmus und engagierte Umgang mit den kleinen Patienten haben einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen. Vielen Dank!

Bei den Schwestern der Kinderorthopädie, der Ambulanz sowie den Mitarbeiterinnen der radiologischen Abteilung des Waldkrankenhauses „Rudolf-Elle“ GmbH in Eisenberg und der radiologischen Praxis Dr. med. N. Sieber möchte ich mich für die stets freundliche und hilfsbereite Unterstützung bei der Bereitstellung der Untersuchungsmaterialien bedanken, die einen entscheidenden Beitrag dieser Arbeit bildete.

Frau Dr.-Ing., M. Sc. Epidemiology H. Hoyer und Herrn Dr. rer. pol. T. Lehmann spreche ich für die hilfreiche statistische Beratung meine Dankbarkeit aus.

Meine besondere Anerkennung und Danksagung gilt meinen Eltern und Christopher, die mich nicht nur während der gesamten Zeit des Studiums, sondern auch bei der Erstellung dieser Arbeit stets so liebevoll unterstützten und ermutigten. Ohne Eure stetige Kraftspende und fortwährendes Verständnis wäre so vieles nicht möglich gewesen.

Danke.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönliche Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes unterstützt haben:

- Herr Prof. Dr. med. R.- A. Venbrocks
- Herr OA Dr. med. A. Sachse
- Herr Dr. rer. pol. T. Lehmann
- Frau Dr.-Ing., M. Sc. Epidemiology H. Hoyer,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Gera,

