

Aus der Klinik für Orthopädie

der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. Rüdiger Krauspe

**Beurteilung der Knorpelqualität an Hüftgelenken mittels des MRT-  
Verfahrens *delayed Gadolinium Enhanced Magnetic Resonance  
Imaging of Cartilage (dGEMRIC)* im Langzeitverlauf nach  
Epiphysenlösung**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Johannes Schultz

2019

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen

Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan:

Erstgutachter:

Zweitgutachter:

## **Publikationen**

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

„Significance of clinical and radiographic findings in young adults after slipped capital femoral epiphysis“ Zilkens C, Bittersohl B, Jäger M, Miese F, Schultz J, Kircher J, Westhoff B, Krauspe R.

Int Orthop. 2011 Sep;35(9):1295-301. Epub 2010 Aug 8.

Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC), after slipped capital femoral epiphysis Zilkens C, Miese F, Bittersohl B, Jäger M, Schultz J, Holstein A, Kim YJ, Millis MB, Mamisch TC, Krauspe R.

Eur J Radiol. 2011 Sep;79(3):400-6. Epub 2010 May 26.

## **Zusammenfassung**

Die Coxarthrose ist in Industrieländern ein Hauptgrund für Invalidität und Schmerzen bei der erwachsenen Bevölkerung und verursacht erhebliche Kosten für das Gesundheitssystem. Bei mehr als 20 % der über 50 jährigen sind bis zum Jahr 2017 Totalendoprothesen des Hüftgelenkes verbaut worden. Wenige Behandlungsstrategien hingegen zielen bislang auf einen gelenkerhaltenden Ansatz als auf den endoprothetischen Ersatz hin.

Verschiedene Faktoren wie Instabilität und Impingement verursachen eine Coxarthrose. Grundlage für die Entwicklung einer frühzeitigen Coxarthrose ist das Konzept des femoroazetabulären Impingements (FAI) als mechanische Ursache. Die Epiphyseolysis capitis femoris führt zu einer Deformierung des heranwachsenden Hüftkopfes und zu einem solchen FAI. Sie ist eine häufige Erkrankung des Heranwachsenden, bedarf immer einer operativen Therapie und führt häufig zu einer sekundären Coxarthrose. Durch die frühzeitige Diagnose dieser präarthrotischen Deformität ist es möglich, im Rahmen einer Korrekturosteotomie die Entwicklung einer Coxarthrose aufzuhalten bzw. zu verhindern.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Kohorte von 35 Patienten im Langzeitverlauf nach ECF klinisch und radiologisch untersucht. Als bildgebendes Verfahren wurde dGEMRIC angewandt, ein nicht invasives und biochemisch sensibles MRT Verfahren, welches es ermöglicht in-vivo den Gehalt an Glykosaminoglykanen im Knorpel zu messen und damit die Knorpelqualität im Hüftgelenk zu untersuchen

Ziel der Arbeit war die Untersuchung der langfristigen Auswirkungen einer im Kindes und Jugendalter stattgehabten ECF.

Hierzu wurden die Auswirkung der Offsetstörung im Röntgenbild mit klinischen und den in der MRT erhobenen Parametern zu verglichen.

Wir konnten zeigen, dass bei Patienten mit einem höhergradigen Abrutsch der Epiphyse die Knorpelqualität im Vergleich zu Patienten ohne Abrutsch vermindert ist. Auch im Vergleich von medialem zu lateralem Knorpelanteil konnten wir einen statistisch signifikanten Abfall der T1-Gd Werte, also einen zunehmenden Grad an Arthrose, feststellen. Die Analyse der klinischen Daten offenbart, dass alle unserer Patienten an den betroffenen Hüften erste Anzeichen einer Arthrose aufweisen, dass allerdings kein linearer Zusammenhang zum Ausmaß der Offset Pathologie besteht. Nicht nur die jeweils betroffene Hüfte, sondern auch 68,9 % der kontralateralen Hüften weisen solche Anzeichen auf, wohingegen das Bewegungsausmaß lange im Normalbereich bleibt.

## **Summary:**

### **Assessment of cartilage quality on hip joint with *delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC)* in long-term follow-up after slipped femoral capital epiphysis**

Osteoarthritis of the hip joint is a major cause of disability and pain in the population of developed countries and causes significant costs to the healthcare system. More than 20% of the over 50-year-old persons have been undergone to surgical hip joint endoprosthesis until the year 2017. So far, only a few treatment strategies have focused on a joint-preservation surgery rather than on endoprosthetic replacement.

Osteoarthritis is caused by various reasons such as instability and impingement. The concept of femoroacetabular impingement as a mechanical cause forms the basis for the development of early Osteoarthritis.

The slipped capital femoral epiphysis (SCFE) leads to a deformation of the growing femoral head and to such an femoroacetabular impingement (FAI). SCFE is a common disease of adolescents which always requires surgical treatment and often leads to secondary Osteoarthritis. The early diagnosis of this pre-arthritic deformity can prevent or stop the development of Osteoarthritis by performing joint preservation surgery.

In this long-term follow-up study, a cohort of 35 SCFE patients were examined clinically and radiologically. Delayed gadolinium enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC) is a non-invasive biochemically sensitive MRI procedure, sensitive to the glycosaminoglycan content in cartilage in vivo. Hence, the dGEMRIC technique is a new diagnostic procedure for the early diagnosis of Osteoarthritis.

The aim of this study was to investigate the long-term effects of SCFE in the adolescence. For this purpose, the effect of the head-neck-offset in the X-ray was compared with clinical and MRI parameters. In this study cartilage quality is reduced in patients with a higher grade of capital slippage compared to patients without. In comparison of medial to lateral cartilage, we also found statistically significant lower T1-Gd values in the lateral portion, i.e. an increasing grade of osteoarthritis. Analysis of the clinical data reveals that all of our patients show first signs of osteoarthritis on the affected hips, but that there is no linear relationship to the extent of offset pathology. Not only do the affected hips have such signs, but also 68.9 % of the contralateral hips, whereas the range of motion remains in the normal range for a long time.

## Abkürzungsverzeichnis

a.p.	Anterior-posterior
AVN	Avaskuläre Nekrose
CCD	Caput collum Diaphysenwinkel
CDT	Centrotrochantäre Distanz
dGEMRIC	Delayed Gadolinium-Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage
ECF	Epiphyseolysis capitis femoris
FHEI	Femoral head extrusion index
FHR	Femoral head ratio
FOV	Field of view
HNI	Head neck index
MRT	Magnetresonanztomographie
ROI	Region of interest
ROM	Range of Motion
SCFE	Slipped capital femoral epiphysis
TA	Aquisitionszeit
TE	Echozeit
TI	Inversionszeit
TR	Repetitionenzeit

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Epiphyseolysis capitis femoris (ECF).....	1
1.1.1	Epidemiologie.....	1
1.1.2	Ätiologie.....	1
1.1.3	Pathogenese.....	2
1.1.4	Klassifikationen.....	2
1.1.5	Klinische Zeichen und Symptome.....	3
1.1.6	Diagnostik.....	4
1.1.6.1	Sonographische Diagnostik.....	4
1.1.6.2	Röntgenologische Diagnostik.....	4
1.1.6.3	Magnetresonanztomographie.....	5
1.1.7	Therapie.....	5
1.1.7.1	Therapie der akuten ECF.....	6
1.1.7.2	Therapie der chronischen ECF.....	6
1.1.7.3	Therapie der instabilen ECF.....	6
1.1.7.4	Therapie der stabilen ECF.....	6
1.1.7.5	Operationen.....	7
1.1.7.5.1	In-situ Fixation.....	7
1.1.7.5.2	Osteotomien.....	8
1.1.8	Komplikationen.....	8
1.1.9	Prognose.....	9
1.2	Delayed Gadolinium Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage (dGEMRIC).....	10
1.3	Ziel der Arbeit.....	11
2	Material und Methoden.....	12
2.1	Ein- und Ausschlusskriterien.....	12
2.2	Patienten.....	12
2.2.1	Patientenrekrutierung.....	12
2.2.2	Zusammensetzung des Kollektivs.....	12
2.3	Anamnese und Klinik.....	13
2.4	Harris-Hip-Score.....	14
2.5	Bewegungsausmaß.....	14
2.6	Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm.....	14
2.7	Radiologische Untersuchung.....	15
2.7.1	Alpha-Winkel.....	15
2.7.2	Tönnis-Index.....	16
2.7.3	Femoral-head-ratio nach Murray.....	16
	.....	16
2.7.4	Sharp-Winkel.....	17
2.7.5	Joint space width JSW.....	17
2.7.6	Tönnisgrad.....	17
2.7.7	Subluxation.....	19
2.7.8	Centrotrochantäre Distanz CDT.....	19
2.7.9	Caput-Collum-Diaphysen-Winkel CCD.....	20
2.8	MRT Untersuchung.....	21
2.8.1	Sequenzen.....	21
2.8.2	dGEMRIC.....	22

2.9	Statistische Auswertung:.....	23
2.10	Gesundheitsbezogener Fragebogen SF-36.....	23
3	Ergebnisse.....	24
3.1	Allgemein.....	24
3.2	dGEMRIC-Befunde im Vergleich zu klinischen und Röntgenbefunden.....	24
3.3	Vergleich der Klinischen Daten HHS, TLS, OA (nach Tönnis) und SF-36.....	26
4	Diskussion.....	35
4.1	Allgemein.....	35
4.2	dGEMRIC Index.....	36
4.3	Vergleich der klinischen Daten HHS, TLS, OA (nach Tönnis) und SF-36.....	38
5	Literaturverzeichnis.....	42
6	Anhang.....	50
6.1	Harris-Hip-Score.....	50
6.2	Tegner Lysholm.....	53

# 1 Einleitung

## 1.1 *Epiphyseolysis capitis femoris (ECF)*

### 1.1.1 Epidemiologie

Die Inzidenz der Epiphyseolysis capitis femoris liegt bei etwa 4-5 / 100000 Jugendlicher. Jungen erkranken 2 - 3 mal häufiger als Mädchen. Der Erkrankungsgipfel liegt bei Jungen bei 14 - 16 Jahren, der von Mädchen etwa 3 Jahre darunter im vergleichbaren Pubertätsstadium.<sup>1,2</sup> Schwarze erkranken im Schnitt doppelt so häufig wie Angehörige der kaukasischen Rasse. Bei Anwohnern der pazifischen Inseln liegt der Anteil noch höher.<sup>3</sup> Bis zu 63 % aller Patienten weisen einen bilateralen Abrutsch auf,<sup>4-6</sup> etwa 50 - 60 % bereits bei Erstdiagnose. Die Hälfte aller Patienten liegt mit ihrem Gewicht über der 95. Perzentile, und auch das Erkrankungsalter scheint mit dem Grad an Fettsucht zu sinken<sup>3</sup>.

### 1.1.2 Ätiologie

Die Ätiologie der ECF ist bislang nicht hinreichend geklärt. Als prädisponierende Faktoren zählen:

1. Adipositas,
2. männliches Geschlecht,
3. afroamerikanisches Genom,
4. familiäre Häufung.

Ausserdem werden Scherkräfte innerhalb der Wachstumsfuge als Ursache diskutiert<sup>2</sup>.

Endokrine Faktoren scheinen als ein wesentlicher Faktor ursächlich für die Gefügelockerung zu sein. So werden beim Auftreten einer Epiphyseolysis capitis femoris untypische Alter unterhalb vom zehnten Lebensjahr und oberhalb des sechzehnten gehäuft in

Zusammenhang mit endokrinologischen Erkrankungen wie Hypogonadismus, Hypothyreose, Hyperparathyreoidismus gefunden.<sup>1</sup> Auch Patienten, die wegen Kleinwuchses mit Hormonen behandelt wurden, tragen ein erhöhtes Risiko.<sup>1,7-9</sup> Bereits Harris et al.<sup>10</sup> hat 1950 in einem Experiment mit Wachstumsfugen an Ratten einen relativen Wachstumshormon-Überschuss als Ursache diskutiert. Wachstumshormone wie Somatotropin führen zu einer Hypertrophie des vergleichsweise instabilen Säulenknorpels. Überdurchschnittlich viele Patienten hatten in den Monaten vor dem Abrutsch einen Wachstumsschub.<sup>11</sup> Auch werden mechanische Faktoren wie femorale Retroversion und eine senkrechte Stellung der Wachstumsfuge für den Abrutsch verantwortlich gemacht.<sup>12</sup> Aufgrund der Häufung der Erkrankung in bestimmten Bevölkerungsgruppen werden auch genetische Ursachen diskutiert. Diese Häufungen spiegeln allerdings das unterschiedliche Durchschnittsgewicht der jeweiligen Bevölkerungsgruppe wieder<sup>3</sup>, was die Adipositas als ätiologisch bedeutenden Faktor hervorhebt.

### **1.1.3 Pathogenese**

Während die Ätiologie der ECF nicht hinreichend geklärt ist, lässt sich die Pathogenese der ECF durch biomechanische Einflüsse gut interpretieren. Durch Scherkräfte innerhalb der im proximalen Femur zur Belastungsachse schräg laufenden Wachstumsfuge, kommt es durch die Gefügelockerung in der hypertrophen Knorpelzone zu einem Abrutsch der Epiphyse von der Metaphyse nach dorsomediokaudal.<sup>2</sup>

Die gestörte physiologische Anordnung in diesem Bereich führt zu einer Fehlverteilung von Proteoglykanen und Glykoproteinen und einer gestörten Quervernetzung der Kollagenfibrillen.<sup>1</sup>

### **1.1.4 Klassifikationen**

Die ECF wird anhand ihres Verlaufs in eine akute, eine chronische und eine akut-auf-chronische Form eingeteilt. Anhand der Belastbarkeit werden stabile und instabile Erscheinungsformen unterschieden. Nach röntgenmorphologischen Parametern spricht man von einer milden, einer moderaten und einer schweren Krankheitsform.

Die akute Form der Epiphyseolysis capitis femoris kommt in etwa 10 % der Fälle vor und äußert sich durch einen plötzlichen Symptombeginn. Ein knöchernes Remodeling ist im Röntgenbild nicht zu erkennen.

Bei der chronischen Verlaufsform sind geringe episodentartige Beschwerden von länger als 3 Wochen zu beobachten. Die Häufigkeit ihres Auftretens liegt bei etwa 75 % und es zeigen sich röntgenologisch knöcherne Umbauprozesse als Zeichen einer Knochenheilung.

Der akut-auf-chronische Verlauf der Epiphyseolysis capitis femoris ist durch eine massive Symptomverschlechterung nach chronischer Vorgeschichte gekennzeichnet. In diesem Fall sind röntgenologisch knöcherne Umbauprozesse nachweisbar.<sup>2</sup>

Die Einteilung der Stabilität nach Loder betrachtet die Geh- und Stehfähigkeit der Patienten. Insbesondere instabile Abrutsche gehen mit einer erhöhten Gefahr von avaskulärer Nekrose einher.<sup>3</sup> Röntgenologisch wird die Epiphyseolysis capitis femoris nach dem Ausmaß des Abrutsches der Epiphyse vom Schenkelhals beurteilt: Grad I: unter 30°, Grad II: 30° - 50° und Grad III: über 50°. <sup>2,13,14</sup>

### **1.1.5 Klinische Zeichen und Symptome**

Die Patienten leiden oft an Schmerzen in der Leistengegend, allerdings können sich diese Schmerzen auch auf das Knie projizieren und die Diagnose verzögern.<sup>1</sup> Die Diagnose erfolgt im Mittel erst zweieinhalb Monate nach Auftreten der ersten Symptome.<sup>15</sup> Ursächlich für den Schmerz werden ein intraartikuläres Hämaton oder Gelenkerguss, durch das Kompartiment verursachte Ischämie des Knochens sowie eine Synovitis und muskuläre Dysbalance verantwortlich gemacht.<sup>2</sup> Bei der körperlichen Untersuchung fällt zunächst eine verminderte Innenrotation auf.<sup>3</sup> Durch das anteriore metaphysäre Impingement kommt es bei Hüftbeugung zu einer Außenrotation, dem Drehmann-Zeichen.<sup>2</sup>

## **1.1.6 Diagnostik**

Bis heute haben sich keine einheitlichen diagnostischen und radiometrischen Standards durchgesetzt um den Grad der Dislokation bei der ECF zu erfassen.<sup>16</sup> Die Röntgenuntersuchung stellt noch immer den Standard in der Operationsplanung dar.<sup>17</sup> Aber auch die Sonographie und MRT haben ihren Stellenwert in der Diagnostik der ECF.

### **1.1.6.1 Sonographische Diagnostik**

Die Sonographie hat den Vorteil der leichten Durchführbarkeit und schnellen Wiederholbarkeit. Aufgrund der geringen knöchernen Überdachung ist der Hüftkopf sonographisch gut einsehbar. Ein auch nur geringer Abrutsch ist früher feststellbar als mit Hilfe der Röntgendiagnostik.<sup>17</sup> Krauspe et al.<sup>1</sup> beschreiben eine Stufenbildung in Höhe der Metaphyse nahe des Hüftgelenks und bei akutem Geschehen einen intraartikulären Erguss.

### **1.1.6.2 Röntgenologische Diagnostik**

Die Diagnose der ECF erfolgt mittels Röntenaufnahmen in zwei Ebenen. Stets ist zur Vergleichbarkeit auch eine Beckenübersichtsaufnahme zu machen. Bereits auf der anterior-posterior-Aufnahme kann man einen Abrutsch erkennen, allerdings kann dieser auch durch ein Gleiten der Epiphyse nach hinten und unten verschleiert sein. Die Wachstumsfuge kann in der Frühphase geweitet und aufgelockert erscheinen. Durch Überlagerung von Metaphyse und Epiphysenplatte kann es zu einer Doppelkontur, der sogenannten "Blanch-Line" kommen<sup>18</sup>. Die Tangente am lateralen Schenkelhals, "Klein's-Line", genannt, sollte die Epiphyse schneiden. Tut sie das nicht, ist ein Abrutsch der Epiphyse wahrscheinlich.

Zur besseren Quantifizierung des Abrutschwinkels ist eine Imhäuser-Aufnahme geeignet. Hierzu zieht man von dem in der Übersichtsaufnahme gemessenen Caput-Collum-Diaphysen-Winkel  $90^\circ$  ab und abduziert das Bein in  $90^\circ$  Hüftflexion um diesen Betrag. An dieser auch Lauenstein-Aufnahme oder "Frog-leg-view" genannten Aufnahme lassen sich in reproduzierbarer Art und Weise Diagnostik, Winkelmessung und Schwere des Abrutsches klassifizieren.<sup>1,2</sup> Der Abrutschwinkel ist der Winkel zwischen der Senk-

rechten zur Schenkelhalsachse und der Epiphysenbasisachse.<sup>1</sup>

Der Alphawinkel nach Nötzli<sup>19</sup> ist ein Maß für die Offsetstörung. Durch die Hüftkopfmitte, die anhand von Mose-Ringen ermittelt werden kann, wird eine Linie longitudinal zum Schenkelhals gezogen. Nun wird von der Hüftkopfmitte aus eine Linie zu dem Punkt gezogen, an dem die Kontur des Hüftkopfes im anterioren Bereich die Kreisform verlässt. Der Winkel zwischen diesen Linien wird als Alpha-Winkel bezeichnet.

Das femorale Head-Neck-Offset ist die Differenz aus dem Radius von Hüftkopf und Schenkelhals in einer Ebene. Sie ist beim cam-type Femoro-acetabulären Impingment typischerweise im anterioren bis superioren Bereich erniedrigt.<sup>20</sup>

### **1.1.6.3 Magnetresonanztomographie**

Aufgrund der hohen Kosten und der geringen Verfügbarkeit spielt die Magnetresonanztomographie in der Diagnose der Epiphyseolysis capitis femoris bislang eine untergeordnete Rolle. Allerdings lassen sich pathologische Vorgänge innerhalb der Wachstumsfuge sowie Komplikationen, wie die avaskuläre Hüftkopfnekrose oder die Chondrolyse am frühesten mittels MRT darstellen.<sup>16</sup>

### **1.1.7 Therapie**

Die Epiphyseolysis capitis femoris bedarf immer einer zeitnahen operativen Therapie.<sup>1,6</sup> Konservative Behandlungen werden heutzutage nicht mehr empfohlen.<sup>3</sup>

Die akute Epiphyseolysis capitis femoris stellt einen orthopädischen Notfall dar, weil die Gefahr einer avaskulären Nekrose der Epiphyse besteht.<sup>2</sup>

Auch werden die Folgezustände und Spätfolgen der Epiphyseolysis capitis femoris operativ behandelt. Primäres Ziel ist die Verhinderung eines fortschreitenden Abrutschen des Hüftkopfes. In späteren Operationen kann durch Osteotomien das Risiko von degenerativen Folgeerkrankungen reduziert werden. Die Einteilung der Stabilität nach Loder ist hinsichtlich der Prognose und des Risikos, eine avaskuläre Nekrose zu entwickeln, von Bedeutung.<sup>3</sup> Instabile Abrutsche haben grundsätzlich ein erhöhtes Risiko eine avaskuläre Nekrose zu entwickeln. Bei schweren Abrutschen hingegen ist

das Arthroserisiko erhöht.<sup>2</sup>

#### **1.1.7.1 Therapie der akuten ECF**

Bei der akuten Epiphyseolysis capitis femoris besteht eine erhöhte Gefahr der avaskulären Nekrose, da die retrograde Blutzufuhr des Hüftkopfes durch den Abrutsch behindert ist. Daher stellt sie einen orthopädischen Notfall dar. Krauspe et al. empfehlen die sofortige Reposition und Transfixation mittels Kirschner-Drähten in Händen eines erfahrenen Operations-Teams.<sup>1</sup> Sollten die Bedingungen die sofortige Operation nicht erlauben, empfiehlt sich, das Bein in Extension gewichtsabhängig unter 5-10 kg Zug zu lagern und baldmöglichst zu operieren. Bei der akut-auf-chronischen Form der Epiphyseolysis capitis femoris empfehlen Krauspe et al. ebenfalls geschlossen zu reponieren, allerdings lässt sich dadurch nur der akute Anteil des Abrutsches erfassen. In Abhängigkeit von der Deformität sind weitere Eingriffe notwendig.

#### **1.1.7.2 Therapie der chronischen ECF**

Die Therapie der stabilen chronischen Epiphyseolysis capitis femoris beinhaltet zunächst die *in-situ* Fixation und je nach Abrutschwinkel unter Berücksichtigung des sekundären Arthroserisikos ein zweizeitiges Vorgehen in Form einer Osteotomie oder der Wiederherstellung des femoralen Offsets.<sup>2,21</sup>

#### **1.1.7.3 Therapie der instabilen ECF**

Bei der instabilen Epiphyseolysis capitis femoris wird eine *in-situ* Fixation empfohlen. Je nach Abrutschwinkel wird unter Berücksichtigung des Risikos, eine avaskuläre Nekrose zu entwickeln, eine geschlossene Reposition in Narkose vorgenommen und anschließend fixiert. Bei schwerem Abrutsch kann aufgrund der AVN-Gefahr auf die Reposition verzichtet und eine Osteotomie durchgeführt werden.<sup>2</sup>

#### **1.1.7.4 Therapie der stabilen ECF**

Bei der stabilen ECF ist eine *in-situ* Fixation erforderlich. Das Risiko der Hüftkopfnekrose ist gering, allerdings besteht bei einem moderaten oder schweren Abrutsch ein erhöhtes Arthroserisiko. Eine engmaschige Nachsorge ist erforderlich, und bei Auftreten

von Symptomen sollte eine Osteotomie oder Impingement-Operation erfolgen.<sup>22</sup> Die prophylaktische Spickung der Gegenseite wird in Europa standardmäßig durchgeführt. In den USA werden noch nicht betroffene Hüften aus medicolegalen Gründen nicht regelhaft operativ fixiert.<sup>23-25</sup> In einer Studie traten bei 109 prophylaktisch gespickten Hüften keine Komplikation auf.<sup>26</sup>

### **1.1.7.5 Operationen**

#### **1.1.7.5.1 In-situ Fixation**

Bei einem milden Abrutsch der Epiphyse muss diese gegen ein weiteres Abgleiten fixiert werden, ohne ihr Wachstum durch iatrogene Maßnahmen zu gefährden. Die Reposition der Epiphyse empfehlen Krauspe et al.<sup>1</sup> durch Innenrotation, Beugung und Abduktion des Beines unter Zug, da jede weitere Komprimierung der Gefäßversorgung die Gefahr einer AVN erhöht.<sup>27</sup> Ob die Transfixation mittels 3-4 Kirschner-Drähten, Nägeln oder mit 1-2 Schrauben durchgeführt werden soll, ist umstritten. Ihr Erfolg ist stark von der Erfahrung des Operateurs mit der jeweiligen Technik abhängig.

Schrauben erlauben eine stabile Fixation, bergen jedoch das erhöhte Risiko einer Schädigung oder eines vorzeitigen Schlusses der Wachstumsfuge sowie der Entwicklung einer Hüftkopfnekrose.<sup>1,28,29</sup> Kirschner-Drähte zeigten sich auch in Bezug auf die künftige Sphärizität des Hüftkopfes und in Bezug auf das klinische Ergebnis der Schraubenfixation überlegen.<sup>28</sup> Die Patienten müssen allerdings erneut operiert werden, wenn bei Längenwachstums des Schenkelhalses die Epiphyse über die distal fixierten Kirschner-Drähte hinweggewachsen ist.

Neuerdings besteht auch die Möglichkeit einer dynamischen Schraubenfixierung. Hierbei wird eine kanülierte Gleitschraube über einen Kirschner-Draht senkrecht zur Epiphysenfuge eingebracht. Dabei ist der Gewindeteil vollständig in der Epiphyse zu versenken und darauf zu achten, dass der Schraubenkopf etwa 15-20 mm lateral übersteht.<sup>30</sup> Somit kombiniert man die Vorteile von Schrauben, die eine höhere Stabilität gewährleisten, und K-Drähten, die weiteres Wachstum ermöglichen.

### **1.1.7.5.2 Osteotomien**

Bei moderatem oder schwerem Abrutsch ist eine Korrektur-Osteotomie indiziert. Diese kann subkapital, basozervikal, intertrochantär oder subtrochantär erfolgen. Je näher die Rekonstruktion am Ort der Deformität stattfindet, desto geringer ist das Risiko der Entwicklung einer Arthrose.<sup>31-33</sup> Allerdings steigt das Risiko einer avaskulären Hüftkopfnekrose mit zunehmender Nähe zur Epiphysenfuge.<sup>34-36</sup>

Die Imhäuser- oder Southwick-Osteotomie bieten als intertrochantäre Osteotomien ein hohes Maß an Sicherheit, erlauben jedoch keine adäquate Wiederherstellung der Morphologie. Im Unterschied dazu scheint die Ganz-Prozedur mit chirurgischer Hüftluxation und modifizierter Dunn-Osteotomie mit subperiostaler Reduktion der stabilen Trochanterbasis bis auf das dorsale Schenkelhalsniveau vielversprechende Ergebnisse zu liefern.<sup>37-41</sup> Von Nachteil hierbei ist die hohe Invasivität. Es handelt sich, vereinfacht gesagt, um eine subkapitale Korrekturosteotomie mit vollständiger Kallusresektion, Ausdünnung des Schenkelhalses und anatomisch korrekter Femurkopfposition unter Schonung der retrograd führenden Gefäße. Dadurch vermindert sich das AVN-Risiko. Die verbesserte Sphärizität des Hüftkopfes und Taillierung des Schenkelhalses führt zu einem verringerten Arthroserisiko, was hauptsächlich auf die verbesserte acetabuläre und femorale Gelenkmechanik zurückzuführen ist.<sup>41</sup>

### **1.1.8 Komplikationen**

Typische Komplikationen der Epiphyseolysis capitis femoris sind die avaskuläre Nekrose des Femurkopfes, die Chondrolyse und eine sekundäre Arthrose, unter anderem aufgrund des femoroacetabulären Impingements. Durch die operative Therapie kann es zu Infektionen, Thrombosen, Materialbrüchen oder -wanderungen sowie Frakturen kommen.

Das Risiko eine Hüftkopfnekrose zu entwickeln hängt von der Schwere des Abrutsches ab. Während es bei einer chronischen Epiphyseolysis capitis femoris äußerst selten zu einer avaskulären Hüftkopfnekrose kommt, liegt das Risiko bei schweren Abrutschen bei bis zu 50 %.<sup>27</sup> Wiederholte Repositionsversuche oder Operationen können das Risiko ebenfalls erhöhen. Bei manifester avaskulärer Hüftkopfnekrose sind Operationen

zur Entlastung des betroffenen Areals indiziert, in schweren Fällen kann es zu einer frühzeitigen Totalendoprothese der betroffenen Hüfte kommen. Zur Therapie von Knochenmarködemen und AVN hat jüngst eine Studie den positiven Nutzen von Iloprost, einem Prostaglandinanalogen, nachgewiesen.<sup>42,43</sup>

Die Chondrolyse entsteht meist iatrogen durch einen penetrierenden Kirschner-Draht in das Hüftgelenk. Dieser kann auch nach initial extraartikulärer Lage nach einem Einbruch in das Gelenk bei einer Hüftkopfnekrose zur Chondrolyse führen. Ein scharfkantiger Abrutsch ist als Grund einer Chondrolyse ebenfalls wahrscheinlich. Bei einer Inzidenz von etwa 7 % versucht man durch entlastende Gelenkmobilisation ihr Fortschreiten zu beeinflussen.

Sekundäre Coxarthrosen treten in der Regel zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr auf. Beim Auftreten von Komplikationen jedoch ist nicht selten der Gelenkersatz schon in der 2. und 3. Lebensdekade indiziert.<sup>1</sup> Das Risiko, an einer Arthrose zu erkranken, hängt von der Schwere des initialen Abrutsches ab.<sup>2,44</sup>

In vorangegangenen Studien konnte der Zusammenhang zwischen femoralem Offset als Folge einer ECF und der Entwicklung einer Arthrose gezeigt werden. Ein so entstandenes femoroacetabuläres cam-type-Impingement kann zu einem Anschlag am Labrum führen. Bei leichteren Abrutschen kann der sogenannte Nockenwelleneffekt Schäden am acetabulären Knorpel verursachen.<sup>45-48</sup>

### **1.1.9 Prognose**

Die Epiphyseolysis capitis femoris hat insgesamt eine gute Prognose. Leichte epiphysäre Abrutsche mit einem Winkel von unter 30° weisen in Langzeitstudien ein gutes Ergebnis bei über 80% der Betroffenen auf.<sup>44</sup> Bei schweren Abrutschen ist mit einer sekundären Hüftarthrose bereits nach 20 - 30 Jahren zu rechnen.<sup>1</sup> Regelmäßige Nachuntersuchungen können frühzeitig auf die Entwicklung einer präarthrotischen Deformität hinweisen. Bei Entwicklung eines femoroacetabulären Impingements sollte frühzeitig operativ, entweder offen oder arthroskopisch, eine regelrechte Taillierung des Schenkelhalsses erreicht werden.<sup>37,41,49</sup>

## **1.2 Delayed Gadolinium Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage (dGEMRIC)**

Anhand konventioneller Röntgenbilder und selbst in hochauflösenden MRT-Aufnahmen können Arthrose und Knorpeldegeneration erst nach Auftreten morphologisch manifester Schäden dargestellt werden. Durch dGEMRIC, einem nichtinvasiven biochemisch sensiblen Messverfahren, ist es möglich, *in-vivo* den Gehalt an Glykosaminoglykanen im Knorpel zu messen, und damit Rückschlüsse auf die Knorpelqualität selbst zu ziehen.<sup>50,51</sup>

Glykosaminoglykane (GAG) sind innerhalb der extrazellulären Matrix des Knorpels eingebettet und tragen an ihren langen Seitenketten negativ geladene Kohlenstoff- und Schwefelgruppen. Nach systemischer Gabe des MRT-Kontrastmittels Gadopentat-Dimenglummin, welches auch in der klinischen Routine Anwendung findet, kommt es zur reziprok-proportionalen Verteilung des gelösten, negativ geladenen Kontrastmittelan-teils ( $\text{Gd-DTPA}^{2-}$ ) in die negativ geladene Knorpelmatrix. Der Anteil an  $\text{Gd-DTPA}^{2-}$  im gesunden Knorpel ist niedriger als im vorgeschädigten, an Glykosaminoglykanen ärmeren Knorpel. Da  $\text{Gd-DTP}^{2-}$  die T1-Zeit im MRT verkürzt, kann indirekt auf den Gehalt an Glykosaminoglykanen und somit auf die Knorpelqualität geschlossen werden.<sup>52–54</sup> Der Zusammenhang von Glykosaminoglykangehalt und Knorpelqualität, wie auch die Vergleichbarkeit von dGEMRIC Messungen *in-vivo* und *in-vitro*, wurden in vorangegangenen Studien belegt.<sup>50,55–57</sup>

Bislang nicht in der klinischen Routine angewandt, ist dieses Verfahren in Bezug auf die Frühdiagnose von degenerativen Gelenkerkrankungen nach derzeitiger Studienlage ein vielversprechendes diagnostisches Mittel.<sup>45,51,58,59</sup> Die dGEMRIC-Technik kann problemlos an Standard-MRT-Geräten durchgeführt werden, ein erheblicher zusätzlicher Zeitaufwand zur normalen MRT-Aufnahme ist besteht nicht.<sup>51</sup>

### **1.3 Ziel der Arbeit**

Die ECF ist eine häufige Erkrankung des Heranwachsenden. Sie bedarf immer einer operativen Therapie und führt häufig zu einer sekundären Coxarthrose. Bislang gibt es nur unzureichende Untersuchungen von Patienten, die in der Kindheit wegen einer Epiphyseolysis capitis femoris behandelt wurden, und bei denen eine klinische Untersuchung, der Harris-Hip-Score und der Tegner-Lysholm-Aktivitätsscore sowie die Befragung anhand des gesundheitsbezogenen Fragebogens SF-36 Anwendung fanden. Des Weiteren wurden bislang keine konventionellen röntgenologischen Aufnahmen mit denen von dGEMRIC, einem biochemisch sensiblen MRT-Verfahren zur Bestimmung der Knorpelqualität, verglichen

Ziele dieser Studie waren,

1. die Auswirkung der Offsetstörung im Röntgenbild mit klinischen und weiteren röntgenologischen Parametern zu vergleichen;
2. mittels dGEMRIC-Verfahren die Qualität des Hüftknorpels zu beurteilen und mit konventionellen diagnostischen Methoden zu vergleichen sowie
3. mittels dGEMRIC-Verfahren bereits messbare, aber in etablierten Messmethoden morphologisch noch nicht sichtbare Knorpeldefekte nachzuweisen.

## **2 Material und Methoden**

Für die vorliegende Studie wurden erwachsene Patienten nach in der Kindheit behandelter Epiphyseolysis capitis femoris untersucht. Im Verlauf der Routinekontrolle wurde zusätzlich eine dGEMRIC-Untersuchung durchgeführt. Die Studie wurde zuvor von der medizinischen Fakultät durch ein positives Ethikvotum (Studiennummer: 3035) zugelassen .

### **2.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

Einschlusskriterien waren eine in der Vergangenheit diagnostizierte und mindestens auf einer Seite behandelte ECF sowie Volljährigkeit und schriftliche Einwilligung nach umfassender Aufklärung. Ausschlusskriterien waren eine fortgeschrittene Hüftgelenksarthrose, Hüftoperationen, die weiter als die *in-situ* Fixation (Kirschner-Drähte, 1 oder 2 Schrauben) und sonstige Hüftgelenkserkrankungen. Kontraindikationen, die gegen die Durchführung einer d-GERMIC sprechen waren insbesondere Allergien, Nierenerkrankungen, metallhaltige Tätowierungen sowie fester Schmuck, Implantate nach chirurgischen Eingriffen, Schwangerschaft und Stillzeit.

### **2.2 Patienten**

#### **2.2.1 Patientenrekrutierung**

Die Patientenrekrutierung erfolgte über die Ambulanz sowie das Archiv der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf und des allgemeinen Krankenhauses Viersen.

#### **2.2.2 Zusammensetzung des Kollektivs**

Im Zeitraum vom 01. Januar 2008 bis 31. Dezember 2008 wurden von 28 Patienten

insgesamt 32 Hüften, davon 17 männliche, 11 weibliche mit einem durchschnittlichen Alter von 23,8 Jahren eingeschlossen. Die Patienten waren zwischen 18,1 und 30,5 Jahre alt und wurden, unabhängig von ihrer Symptomatik, in die Studie einbezogen. Alle Patienten wurden in der Vergangenheit wegen einer milden ECF (10 Hüften, Abrutsch kleiner 30°) oder einer moderaten ECF (22 Hüften, Abrutsch zwischen 30° und 60°) operativ behandelt.

5 Patienten wurden wegen einer akuten Epiphysolysis capitis femoris, 4 Patienten wegen einer chronischen Epiphyseolysis capitis femoris und 13 Patienten aufgrund einer akut-auf-chronischen Epiphyseolysis capitis femoris behandelt. Davon wurden 2 Krankheitsbilder als instabile und 21 Krankheitsbilder als stabile ECF diagnostiziert. Bei 9 Hüften konnte die Epiphyseolysis capitis femoris weder als stabile noch als instabile ECF eingeteilt werden. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum nach Spickung betrug 11,1 Jahre (3,6 -19,5 Jahre).

Als Kontrollkollektiv für die MRT- und dGEMRIC-Untersuchung wurden 10 gesunde freiwillige Probanden, zwischen 19 und 29 Jahren, durchschnittlich 23,9 Jahre alt, 3 weiblich, 7 männlich, ohne bekannte Hüftschäden, untersucht. In Bezug auf Alter und Geschlecht bestand kein signifikanter Unterschied zum Patientenkollektiv.

Für die Gesundheitsbefragung SF-36 wurden die Normwerte von der Testzentrale zugrunde gelegt.

## **2.3 Anamnese und Klinik**

Die Anamnese der Patienten wurde anhand standardisierter Fragebögen, dem Harris-Hip-Score, dem Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm und dem gesundheitsbezogenen Fragebogens SF-36, erfasst.<sup>60, 61, 62</sup>

In der klinischen Untersuchung wurde das Bewegungsausmaß sowie der Body-Mass-Index bestimmt.

## **2.4 Harris-Hip-Score**

Die 1969 von Harris<sup>60</sup> veröffentlichte Skala fasst vier verschiedene Einflussfaktoren zu einem Zahlenwert zusammen, wobei die Parameter Schmerz und Funktion außerordentlich stark gewichtet werden. In dem Punkteschema kann die Schmerzsymptomatik mit maximal 44 Punkten, die Funktion mit maximal 47 Punkten, die Deformität mit 4 Punkten und die Beweglichkeit mit 5 Punkten angegeben werden. Ein schmerzfreies bewegungsuneingeschränktes Hüftgelenk kommt somit auf 100 Punkte. Harris bezeichnet einen Wert von über 90 Punkten als exzellent, zwischen 81 - 90 Punkten als gut, zwischen 71 - 80 Punkten als mittelmäßig und unter 70 Punkten als schlecht.<sup>60</sup> Aufgrund seiner Anwendbarkeit auf verschiedene Hüfterkrankungen ist der Harris-Hip-Score sehr gut vergleichbar (siehe Appendix 6.1).

## **2.5 Bewegungsausmaß**

Das Bewegungsausmaß der Patienten in Hüft- und Kniegelenk wie auch die Beinlänge wurden im Rahmen der klinischen Untersuchung mittels Goniometer erhoben und dokumentiert. Zur Berechnung der Range of Motion (ROM) wurden die Maße für Hüftflexion, -extension, -abduktion, -adduktion, -innenrotation (in 90° Flexion) und -ausenrotation (in 90° Flexion) herangezogen. Die Summe dieser Größen wurde zum Gesamtbewegungsausmaß addiert.

## **2.6 Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm**

Mit dem Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm werden das Niveau von Sportaktivität sowie Arbeitsaktivität mit Punktwerten von 0 - 10 skaliert. Dabei stehen 0 Punkte für Berufsunfähigkeit aufgrund des Gelenks, 3 Punkte für leichte Arbeit oder im Wald spazieren, 5 Punkte für regelmäßiges Joggen. Alle Werte größer als 6 setzen leistungsorientierten Sport voraus (siehe Appendix 6.2).

## 2.7 Radiologische Untersuchung

Die röntgenradiologische Untersuchung umfasste eine Standard-Beckenübersichtsaufnahme im anterioposterioren Strahlengang im Liegen, sowie eine Lauenstein-Aufnahme der jeweils betroffenen Hüfte. Durch leichte Innenrotation wurde in der Beckenübersichtsaufnahme die femorale Antetorsion ausgeglichen, um eine mögliche Deformität im Schenkelhals besser darstellen zu können.

### 2.7.1 Alpha-Winkel

Die Alpha-Winkel-Messung wurde an der Lauenstein-Aufnahme durchgeführt. Der Alpha-Winkel gibt das Ausmaß des Abrutsches von Hüftkopf zu Schenkelhals wieder und dient als Parameter für die klinische Manifestation der Impingement-Symptomatik<sup>19</sup>. Der Alpha-Winkel ist nach Nötzli<sup>19</sup> ein Maß für die Offsetstörung. Durch die Hüftkopfmittle, die anhand von Mose-Ringen ermittelt werden kann, wird eine Linie longitudinal zum Schenkelhals und eine weitere von der Hüftkopfmittle durch den Punkt gezogen, an dem die Kontur des Hüftkopfes im anterioren Bereich die Kreisform verlässt. Der Winkel zwischen diesen Linien wird als Alpha-Winkel bezeichnet.<sup>58</sup> Die Werte des Alpha-Winkels wurden herangezogen, um die untersuchten Hüften in drei Gruppen, abhängig vom Grad des Offsets, zu unterteilen:

- Gruppe 1: normales Offset  $<50^\circ$ ;
- Gruppe 2: leichtes Offset  $50 - 60^\circ$ ;
- Gruppe 3: mangelhafte Abgrenzung von Kopf zu Hals

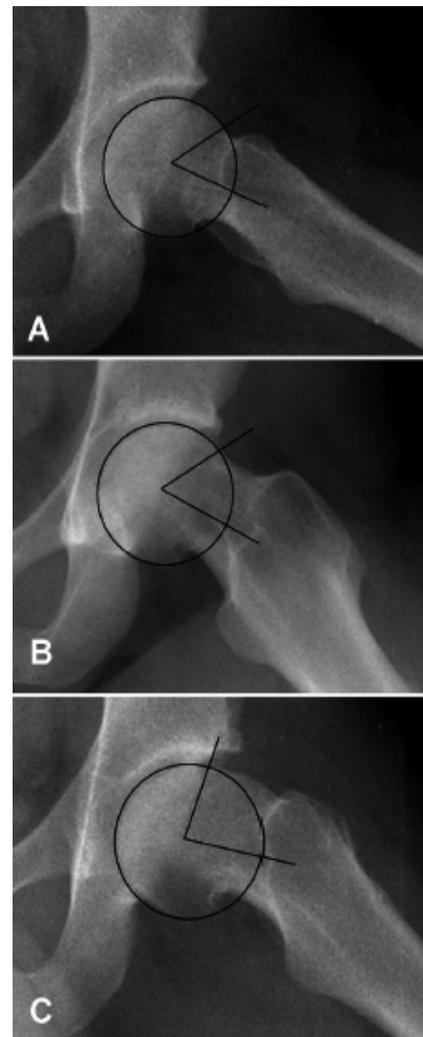


Abb. 1: Erläuterung Alpha-Winkel

A: Gruppe 1:  $<50^\circ$ ;

B: Gruppe 2:  $50-60^\circ$ ;

C: Gruppe 3: mangelhafte Abgrenzung

## 2.7.2 Tönnis-Index

Der Tönnis-Index ist definiert als der Winkel zwischen der Horizontalen und der Neigung des Pfannendachs. Die Horizontale bestimmt man mittels Ausrichtung an der Köhlerschen Tränenform oder durch Anlegen der Hilgenreiner-Linie. Die Neigung des Pfannendachs ist definiert als Linie durch den lateralen Pfannenerker und die Fuge zwischen Os Ischium und Os Ilium. Sie ist beim Erwachsenen als medialer Anteil der Sklerosezone zu sehen.<sup>63</sup> Während bei Kindern Werte von über 20° als normal gelten, sprechen Werte von über 10° beim Erwachsenen für eine Dysplasie.

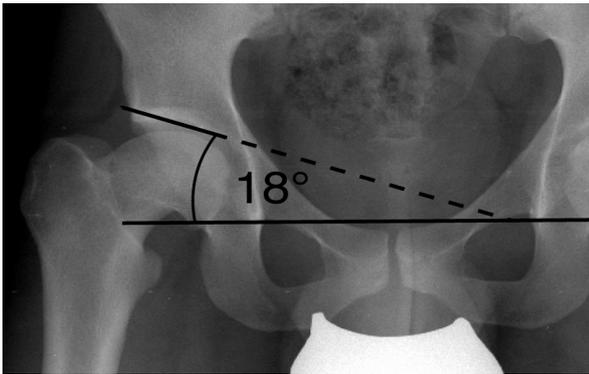


Abb. 2: Tönnis-Index

## 2.7.3 Femoral-head-ratio nach Murray

Das femoral-head-ratio nach Murray, dient als Ausdruck der Epiphysenneigung. Sie errechnet sich aus dem Quotienten zwischen lateralem und medialem Anteil einer Linie durch die Mitte des Femurkopfes in Bezug auf die dazu orthogonal verlaufende Verbindungslinie zwischen Schenkelhalsmitte und der Mitte der Trochanteren. Normwerte für Frauen sind 0,92 (0,66-1,36) und für Männer 1,17 (0,62-1,92)<sup>64</sup>

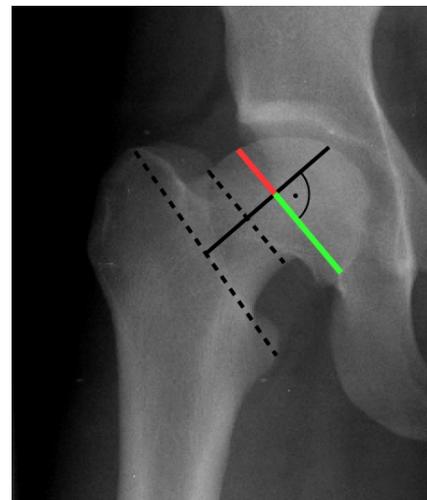


Abb 3: Femoral-head-ratio nach Murray

## 2.7.4 Sharp-Winkel

Als Sharp-Winkel wird der Winkel zwischen der Horizontalen und der Linie zwischen dem lateralen Pfannenerker und der Köhlerschen Tränenform bezeichnet.

Winkel über  $43^\circ$  sprechen für eine Minderüberdachung des Kopfes im Sinne einer Dysplasie<sup>65</sup>; der Normalwert liegt zwischen  $33^\circ - 38^\circ$ .

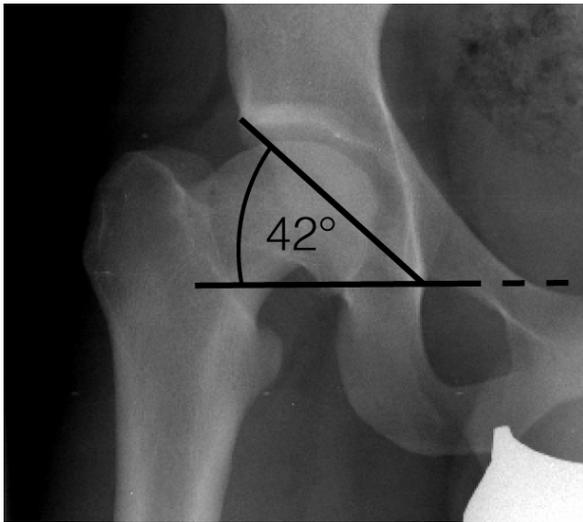


Abb. 4: *Sharp Winkel*

## 2.7.5 Joint space width JSW

Die minimale Gelenkspaltweite wird in der Beckenübersichtsaufnahme im anterioposterioren Strahlengang als kleinster Abstand zwischen Femurkopf und Pfanne in der Belastungszone gemessen. Werte unter 1,5 mm sprechen für eine Arthrose. Der Normalwert liegt bei größer als 2,5 mm.<sup>66</sup>

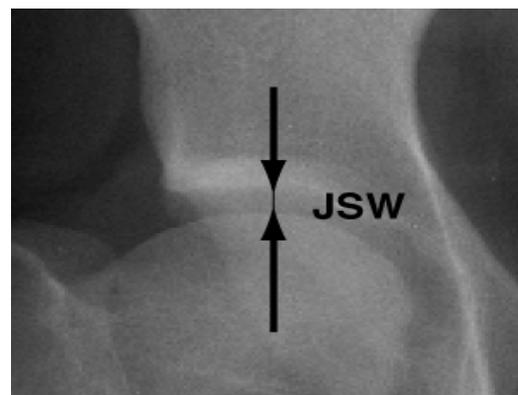


Abb. 5: *Joint Space Width*

## 2.7.6 Tönnisgrad

Die Einteilung der Patienten in vier unterschiedliche Grade der Coxarthrose anhand einer röntgenologischen Untersuchung erfolgt laut Tönnis mit Hilfe folgender Tabelle:<sup>67</sup>

<b>Grad</b>	<b>Röntgenologischer Befund</b>
0°	Normalbefund
1°	Sklerosierung von Pfanne und Hüftkopf; Verschmälerung des Gelenkspaltes um weniger als 1 mm; geringe osteophytäre Randanbauten;
2°	Kleine subchondrale Zystenbildung; starke Sklerosierung; Verschmälerung des Gelenkspaltes um 1 bis 3 mm; ausgeprägte osteophytäre Anbauten;
3°	Große Zystenbildung; ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung; völlige Aufhebung des Gelenkspaltes; starke Kopfentrundung;

### 2.7.7 Subluxation

Die Shenton-Menard-Linie (Shenton's line) beschreibt einen kreisförmigen Bogen, der sich kontinuierlich vom pubikalen Anteil des Foramen obturatorium zum inneren Rand des Schenkelhalses, dem sogenannten Adamsbogen, zieht (hier rot dargestellt). Eine Unterbrechung dieser Linie gilt als Subluxationszeichen (grün).

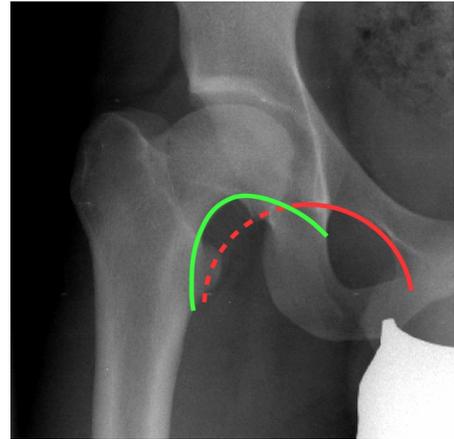


Abb. 6: Shenton Menard Linie

### 2.7.8 Centrotrochantäre Distanz CDT

Die centrotrochantäre Distanz gibt den Abstand der Femurkopfmittle zum Trochanter major in der Horizontalebene an. Dieser sollte beim Hüftgesunden über dem Trochanter liegen und 5-10 mm betragen. Bei negativen Werten liegt die Hüftkopfmittle unterhalb des Trochanters. Man spricht von einem Trochanertiefstand.

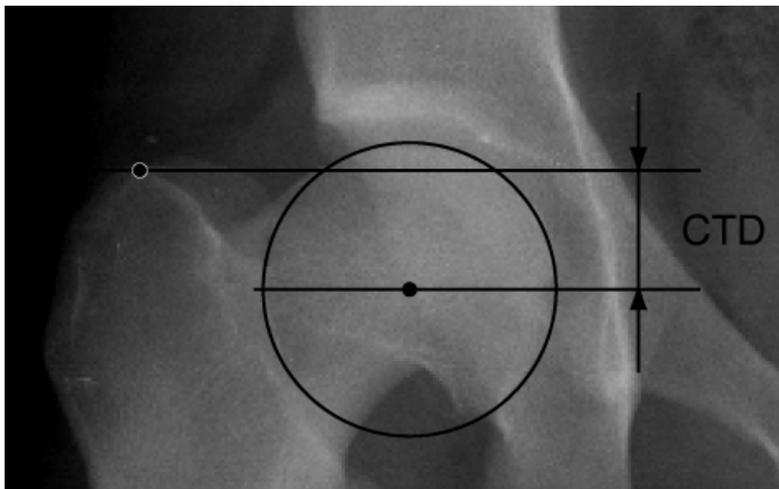


Abb 7: Centrotrochanträre Distanz

### 2.7.9 Caput-Collum-Diaphysen-Winkel CCD

Der Caput-Collum-Diaphysen-Winkel beschreibt den Winkel zwischen Femurschaft und Schenkelhals. In der zur Bestimmung des CCD-Winkels verwendeten Röntgenaufnahme im antero-posterioren Strahlengang ist zu beachten, dass es sich um einen projizierten Winkel handelt, der abhängig vom Antetorsionswinkel ist.<sup>68</sup>

Der Normwert liegt bei  $126^\circ$  (Kinder  $140^\circ$ , Greise  $115^\circ$ ). Bei Werten über  $140^\circ$  bzw unter  $120^\circ$  spricht man von einer Coxa valga, bzw Coxa vara.

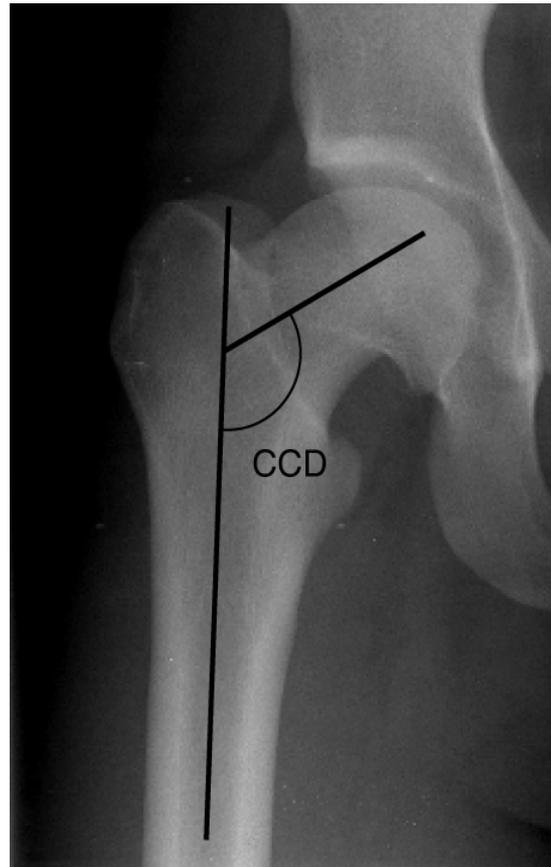


Abb. 8: CCD-Winkel

## **2.8 MRT Untersuchung**

Die morphologische MRT-Bildgebung sowie die dGERMIC Sequenzen wurden mit einem 1,5 Tesla System (Avanto, Siemens Medical Solution, Erlangen, Germany) durchgeführt. Für die Untersuchung wurde mittig über dem jeweiligen Hüftgelenk eine Standard Oberflächenspule benutzt.

Die Patienten erhielten das Gadopentat-Dimenglumin enthaltende Kontrastmittel Magnevist (Schering, Berlin, Germany). Das Kontrastmittel wurde 35 - 45 Minuten vor der dGEMRIC-Messung in einer Dosierung von 0,4 ml/kg Körpergewicht intravenös appliziert, und die Patienten wurden angehalten, sich nach der Gabe für 15 min aktiv zu bewegen. Dieses Vorgehen entspricht den Empfehlungen zuvor durchgeführter Studien.<sup>56,69</sup>

### **2.8.1 Sequenzen**

Zur Planung diente eine T2 gewichtete TRUFI-Sequenz (T2 weighted true fast imaging with steady precession; field of view (FOV): 160mm, slices: 60, slice thickness: 1,3 mm, matrix: 128 x 128, Repetitionszeit TR: 2,43 ms, Echozeit TE: 4,19 ms, bandwidth: 230Hz/pixel, flip angle: 30°). Die Akquisitionszeit betrug 0,48 min. pro Hüfte. Die Bilder wurden in drei Ebenen entlang und senkrecht zum Schenkelhals umgewandelt und dienten als Vorlage für die radiäre 2D protonengewichtete PD Sequenz (FOV: 160 mm, slices: 12, slice thickness: 4 mm, matrix: 448 x 448, TR: 2,590 ms, TE: 13 ms, bandwidth: 190 Hz/Pixel, flip angle: 150°) zur morphologischen Beurteilung des Hüftkopfes.<sup>70</sup> Die Akquisitionszeit betrug 5,23 min pro Hüfte. Anschließend wurden coronare T1 Schnitte mit einer 3D Dual-Flip-Winkel Gradientenecho (GRE) FLASH-Sequenz (fast low angle shot, FOV: 380 mm, slices: 12, slice thickness: 4 mm, TR: 20 ms, Bildauflösung 0,7 mm x 0,7 mm x 0,4 mm, TE: 4,75 ms, flip angle: 6°) zur biochemischen Beurteilung des Hüftkopfes angefertigt. Die Akquisitionszeit betrug 4,13 min pro Hüfte.<sup>58</sup>

## 2.8.2 dGEMRIC

Die T1-GD Datensätze wurden an einem Leonardo Bildbearbeitungsarbeitsplatz weiterbearbeitet. Die dGEMRIC Karten wurden zur Auswertung der T1 Zeiten farbkodiert. Von dunkelblau für kurze T1 Zeiten über grün bis rot für lange T1 Zeiten. Die vier coronaren Schichten, welche die Hauptbelastungszone des Hüftknorpels am besten abbildeten, wurden weiter in zwei gleich große Bereiche, hier ROI (region of interest) genannt, eingeteilt. Eine mediale im



Abb. 9: Vergleich Röntgen, MRT und dGEMRIC

Bereich von Fovea bis zum Gelenkzentrum und eine laterale vom Gelenkzentrum bis zum Labrum acetabuli. Zur korrekten Lokalisierung der farbkodierten ROIs, wurden diese mit den entsprechenden morphologischen FLASH-Schichten abgeglichen, wobei es darauf ankam, dass der Messbereich für die Farbkodierung nur in den Knorpel und nicht in das umliegende Gewebe gelegt wurde. Zur statistischen Bearbeitung wurden Größe der ROI, ihre Mittelwerte und die Standardabweichung herangezogen. Zur Sicherung der Inter- und Intraklassenreproduzierbarkeit wurde die Auswertung von einer weiteren dGEMRIC erfahrenen Person durchgeführt. Nach vier Wochen erfolgte eine nochmalige Auswertung.

## **2.9 Statistische Auswertung:**

Der student's t-test wurde an den Messwerten des Arthrogrades nach Tönnis, des Harris Hip Scores, des Alpha-Winkels in der Lauenstein-Aufnahme, des Flektionsgrades, der internen Rotation sowie an den Werten der Sequenzen T1-GD und 2D TSE PDW, jeweils als Mittelwert und Standardabweichung, verwendet, um statistische Signifikanzen nachzuweisen.<sup>71</sup> Um die Inter- und Intraklassenreproduzierbarkeit der Studie zu gewährleisten, wurde eine Intraklassenkorrelation mit einem 95% Konfidenzintervall angewandt. Bei allen Messungen wurde als Ergebnis des statistischen Signifikanztests ein  $p < 0.05$  als statistisch signifikant angesehen. Werte des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten von über 0,75 gaben eine gute Reproduzierbarkeit, Werte zwischen 0,75 und 0,40 eine moderate und Werte unter 0,4 eine schlechte Reproduzierbarkeit wieder.<sup>58</sup> Für die statistische Auswertung wurde SPSS Software 16.0 und 17.0.0 (SPSS Institute, Chicago, IL, USA) verwendet.

## **2.10**

### ***Gesundheitsbezogener Fragebogen SF-36***

Der SF-36 (Bullinger & Kirchberger, 1998) ist ein krankheitsübergreifendes Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten. Der SF-36 erfasst 8 Dimensionen, die sich in die Bereiche körperliche und psychische Gesundheit einordnen lassen: körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden.

Die Patienten haben die computergestützte Version dieses Fragebogens beantwortet. Die Bearbeitungsdauer für 36 Fragen lag bei 10 Minuten. Für die Normierung der Kontrollgruppe liegen Werte für verschiedene Altersstufen und Patientengruppen getrennt nach Geschlecht vor.<sup>62,72</sup> Die innere Konsistenz (Cronbach's Alpha) der Subskalen liegt zwischen  $r = 0.57$  und  $r = 0.94$ .<sup>73</sup>

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Allgemein

Zur Erhebung der Daten wurde ein Patientenkollektiv von 38 Patienten herangezogen. Davon wurden 28 Patienten mittels dGEMRIC-MRT untersucht. Teile dieser Arbeit wurden bereits veröffentlicht.

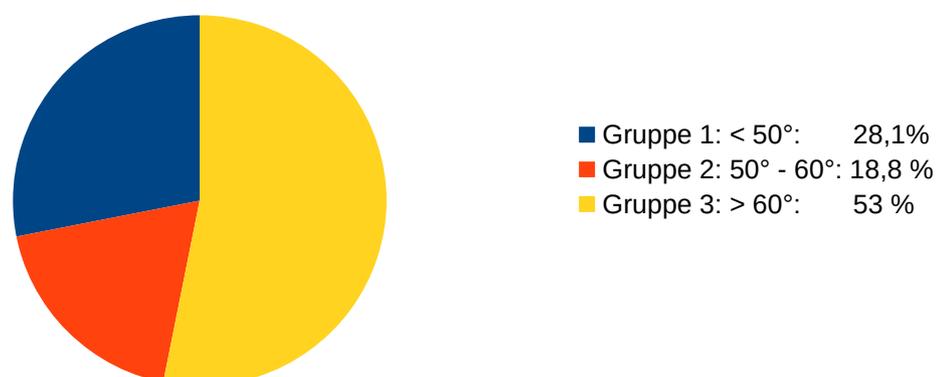
## 3.2 dGEMRIC-Befunde im Vergleich zu klinischen und Röntgenbefunden

Von 28 Patienten konnten 32 erkrankte Hüften mittels MRT beurteilt und dem Alpha-Winkel nach in drei Gruppen, abhängig vom Grad des Offsets, unterteilt:

- Gruppe 1: normaler Offset  $<50^\circ$ , neun Hüften (28,1 %);
- Gruppe 2: leichter Offset  $50 - 60^\circ$ , sechs Hüften (18,8 %);
- Gruppe 3: mangelhafte Abgrenzung von Kopf zu Hals,  $> 60^\circ$

siebzehn Hüften (53 %);

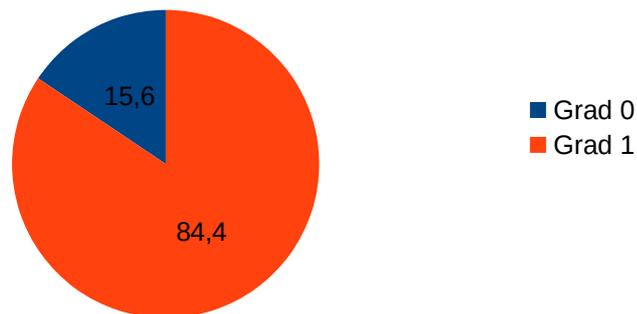
Übersicht nach Grad des Offsets



Durch die Beurteilung des Arthrosegrades nach Tönnis wurden

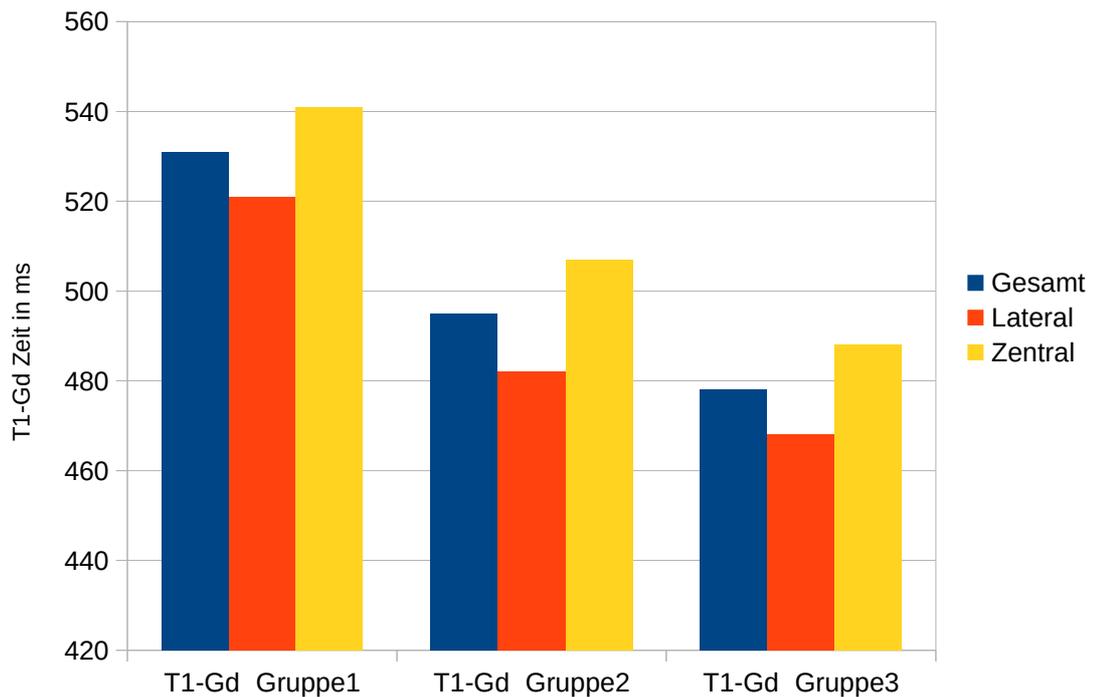
- 5 Fälle (15,6 %) mit Grad 0° und
- 27 Fälle (84,4 %) in Grad 1° klassifiziert.

*Verteilung des Arthrosegrades im Kollektiv*



Eine Übersicht der Ergebnisse nach Alpha-Winkel, Tönnisgrad, Harris-Hip-Score, Flexion und Innenrotation in 90° (IRO), Aussenrotation (ERO), ROM und den T1-Gd Werten, lateral, medial und gesamt sind in Tabelle 2 aufgelistet. Als statistisch signifikant erwiesen sich die Unterschiede in den T1-dG-Werten zwischen lateralen und zentralen Messungen in Gruppe 1 ( $p = 0,038$ ) und in Gruppe 3 ( $p = 0,041$ ). Des Weiteren hatten die lateralen ROIs aller T1-Gd Messungen statistisch signifikant niedrigere Werte als die medialen ROIs ( $p < 0,001$ ).

Vergleich T1-Gd Zeiten



Die Korrelationen zwischen allen anderen Parametern wiesen keine statistische Signifikanz auf. Die Analyse des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten ergab eine gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei Werten für den Intra-Reader von 0,95 und für den Inter-Reader von 0,87.

### **3.3 Vergleich der Klinischen Daten HHS, TLS, OA (nach Tönnis) und SF-36**

Von 38 Patienten wurden

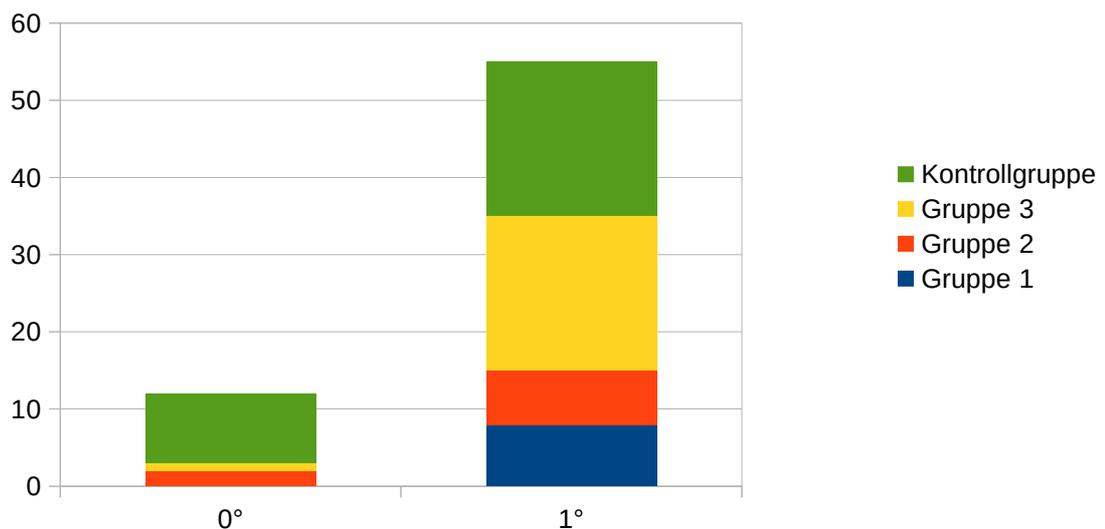
- 8 Hüften (21,1 %) der Gruppe 1,
- 9 Hüften (23,7 %) der Gruppe 2 und
- 21 Hüften (55,3 %) der Gruppe 3 zugeordnet.

Neun der kontralateralen Hüften (23,6 %) zeigten einen Abrutsch von über 60° und

wurden von der Kontrollgruppe ausgeschlossen. Somit blieben 29 Hüften für die Kontrollgruppe übrig.

- Der Befund Tönnisgrad 0° konnte in 9 Hüften der Kontrollgruppe und in den nicht betroffenen Hüften (9/29) nachgewiesen werden, in keiner aus Gruppe 1 (0/8), in zwei Hüften aus Gruppe 2 (2/9) und in einer Hüfte aus Gruppe 3 (1/21).
- Tönnisgrad 1° konnte nachgewiesen werden in 20 Hüften der Kontrollgruppe/ nicht betroffenen Hüften (20/21), in 8 Hüften aus Gruppe 1 (8/8), in 7 Hüften aus Gruppe 2 (7/9) und in 20 Hüften aus Gruppe 3 (20/21).

*Verteilung nach Tönnisgrad*



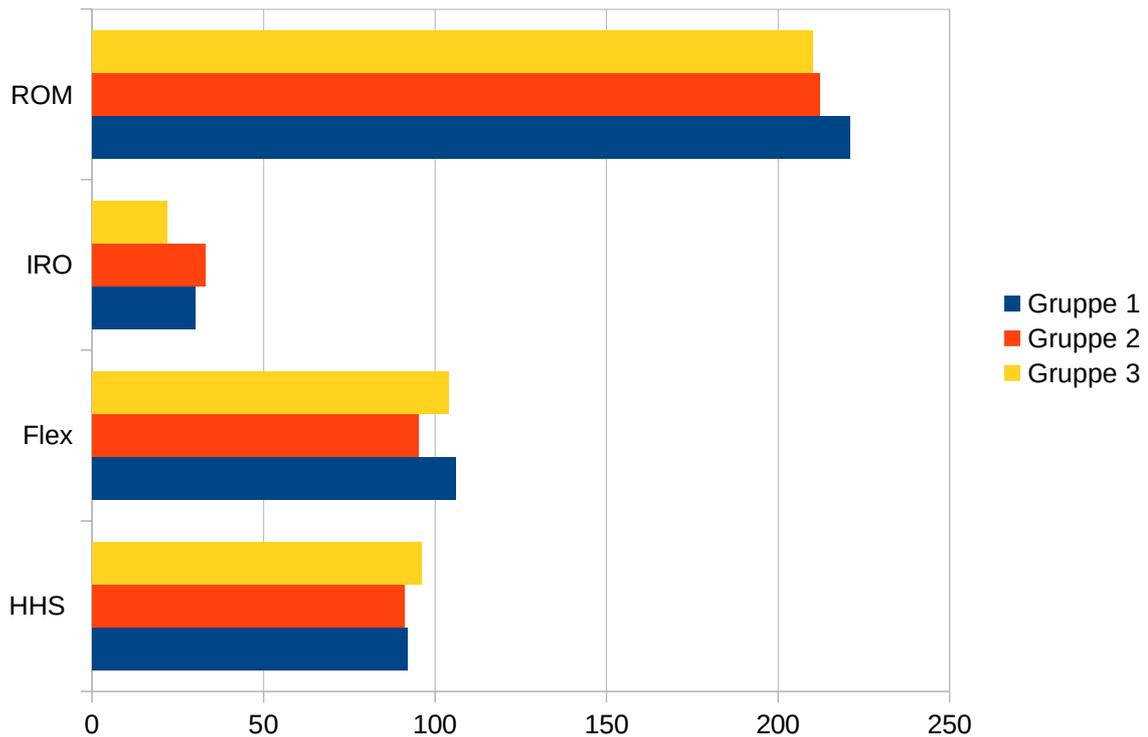
Die mittlere minimale Gelenkspaltweite in der Hauptbelastungszone betrug 3,2 mm (0,6 mm SD) bei der Kontrollgruppe sowie bei den nicht betroffenen Hüften. In Gruppe 1 betrug sie 3,6 mm (0,5 mm SD), in Gruppe 2 betrug sie 3,3 mm (0,7 mm SD) und in Gruppe 3 betrug sie 4 mm (0,5 mm SD). Es bestand keine statistische Signifikanz zwischen Tönnisgrad und der minimalen Gelenkspaltweite.

Das Bewegungsausmaß zur Berechnung der Range of Motion (ROM) wurde mithilfe der Maße für Hüftflexion, -extension, -abduktion, -adduktion, -innenrotation (in 90° Flexion) und -außenrotation (in 90° Flexion) beschrieben.

- Das Bewegungsausmaß der Gruppe 1 (8 Hüften) betrug für die Extension 15,0° (7,5° SD), Flexion 105,6° (8,6° SD), Abduktion 31,8° (13,1° SD), Adduktion 17,5° (7,5° SD), Innenrotation 31,8° (7,4° SD) und Außenrotation 40,6° (5,6° SD).
- Das Bewegungsausmaß der Gruppe 2 (9 Hüften) betrug für die Extension 12,2° (3,6° SD), Flexion (100,0° (30,7° SD), Abduktion 26,1° (5,4° SD), Adduktion 13,9° (6,5° SD), Innenrotation 31,1° (9,6° SD) und Außenrotation 39,4° (10,4° SD).
- Das Bewegungsausmaß der Gruppe 3 (21 Hüften) betrug für die Extension 14,5° (7,5° SD), Flexion 104,1° (8,1° SD), Abduktion 28,3° (5,3° SD), Adduktion 14,3° (4,2° SD), Innenrotation 22,4° (11,0° SD) und Außenrotation 40,0° (6,1° SD).
- Das Bewegungsausmaß der Kontrollgruppe / nicht betroffene Hüfte (29 Hüften) betrug für die Extension 15,3° (7,1° SD), Flexion 106,9° (7,7° SD), Abduktion 28,9° (6,2° SD), Adduktion 16,5° (3,8° SD), Innenrotation 28,9° (9,4° SD) und Außenrotation 40,2° (7,7° SD).

Es konnte keine statistische Signifikanz zwischen den Gruppe 1-3 und der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Im Hinblick auf die Innenrotation gab es einen Trend für Grad des Offsets zu eingeschränkter Hüftrotation ( $p = 0,064$ ). Dieser reichte für eine statistische Relevanz jedoch nicht aus.

### Vergleich Bewegungsmaß und Harris Hip Score



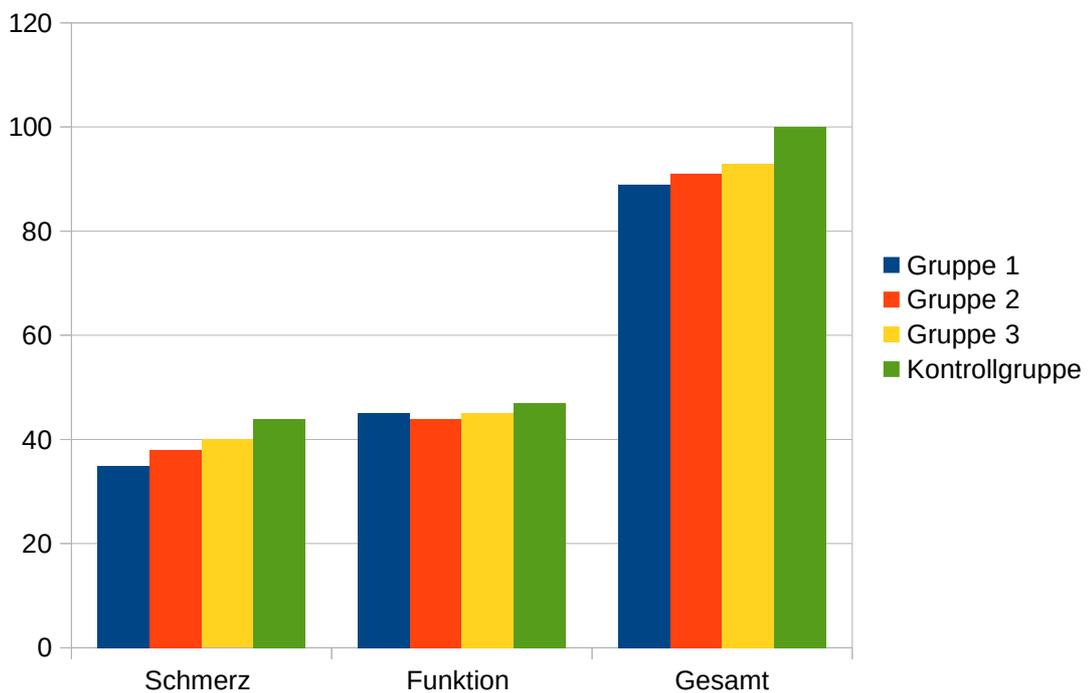
Beim Harris-Hip-Score wurden die Werte Schmerz, Funktion und Gesamtpunktezahl der Gruppen 1-3 mit der oben beschriebenen Kontrollgruppe aus 10 gesunden Probanden verglichen.

- Die Werte der Gruppe 1 (n = 8) betragen in Bezug auf Schmerz 35,3 Punkte (9,0 SD), in Bezug auf Funktion 44,5 Punkte (2,9 SD) und in der Gesamtsumme 88,5 (11,9 SD).
- Die Werte der Gruppe 2 (n = 9) betragen in Bezug auf Schmerz 38,4 Punkte (8,2 SD), in Bezug auf Funktion 44,3 Punkte (4,9 SD) und in der Gesamtsumme 91,6 (13,0 SD).
- Die Werte der Gruppe 3 (n = 21) betragen in Bezug auf Schmerz 40,0 Punkte (0,0 SD), in Bezug auf Funktion 44,7 Punkte (4,0 SD) und in der Gesamtsumme 93,4 (8,2 SD).

- Die Werte der Kontrollgruppe (n = 10) betragen in Bezug auf Schmerz 44 Punkte (0,0 SD), in Bezug auf Funktion 47 Punkte (0,0 SD) und in der Gesamtsumme 100 (11,9 SD). Somit hatte die Kontrollgruppe in allen Bereichen die maximale Punktzahl angegeben.

Bis auf Gruppe 2 haben in Bezug auf Funktion ( $p=0,054$ ) alle Werte statistisches Signifikanzniveau. Die Gesamtsumme der Gruppe 3 ist im Vergleich mit der der Kontrollgruppe sogar höchst signifikant.

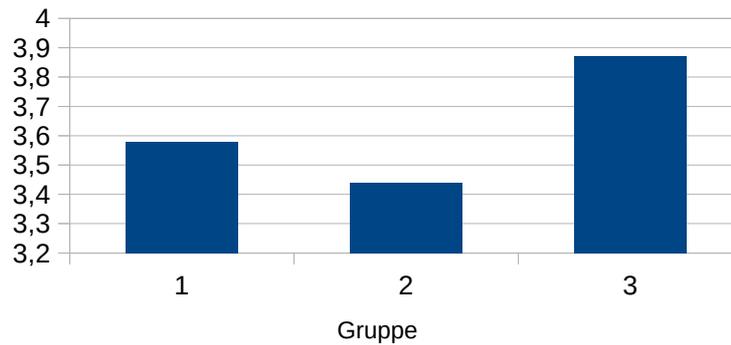
*Harris Hip Score*



Der Tegner-Lysholm-Score betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

- in der Gruppe 1: 3,58 Punkte,
- in der Gruppe 2: 3,44 Punkte und
- in der Gruppe 3: 3,87 Punkte.
- In der Kontrollgruppe betrug der Wert 4,6 Punkte.

### Tegner Lysholm Score



Bei Gruppe 1 ( $p = 0,024$ ), Gruppe 2 ( $p = 0,035$ ) und Gruppe 3 ( $p = 0,001$ ) konnte eine Signifikanz nachgewiesen werden.

Der SF-36 untersuchte das Patientenkollektiv ( $n=38$ ) in den 8 Dimensionen körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden. Für das gesamte Patientenkollektiv ( $n = 38$ ) ergab sich ein Durchschnittswert bei

- körperlicher Funktionsfähigkeit von 86,7 (13,0 SD), Median 90;
- körperlicher Rollenfunktion 78,9 (33,7 SD), Median 100;
- körperlicher Schmerzen 81,5 (20,7 SD), Median 88;
- allgemeine Gesundheitswahrnehmung 65,0 (20,9 SD) Median 71;
- Vitalität 62,2 (14,7 SD), Median 60;
- soziale Funktionsfähigkeit 95,0 (9,4 SD), Median 100;
- emotionale Rollenfunktion 92,9 (19,2 SD), Median 100 und

- psychisches Wohlbefinden 77,3 (15,2 SD), Median 78.

Für die Gruppe 1 (n = 8) ergab sich in puncto

- körperlicher Funktionsfähigkeit ein Durchschnittswert von 86,2 (12,4 SD),
- körperlicher Rollenfunktion 68,7 (39,5 SD),
- körperlicher Schmerzen 75,5 (22,2 SD),
- allgemeine Gesundheitswahrnehmung 61,0 (25,1 SD),
- Vitalität 63,7 (17,2 SD);
- soziale Funktionsfähigkeit 93,7 (13,3 SD),
- emotionale Rollenfunktion 79,1 (35,3 SD) und
- psychisches Wohlbefinden 82,5 (11,9 SD).

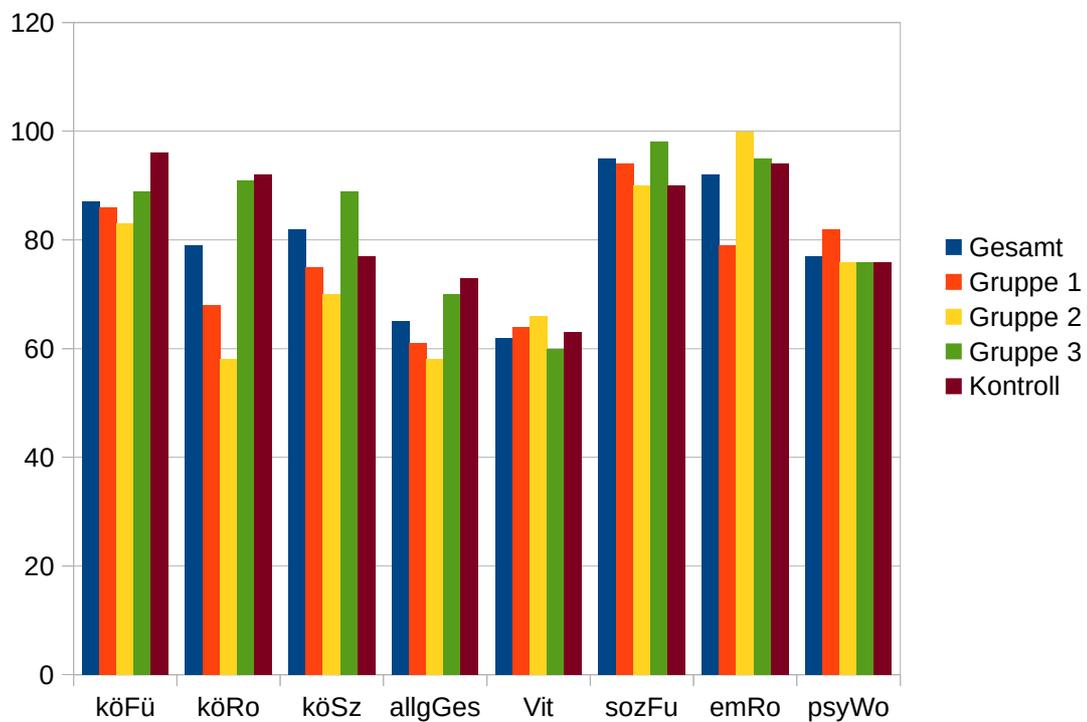
Für die Gruppe 2 (n = 9) ergab sich in puncto

- körperlicher Funktionsfähigkeit ein Durchschnittswert von 82,7 (14,3 SD),
- körperlicher Rollenfunktion 58,3 (41,4 SD),
- körperlicher Schmerzen 70,2 (29,3 SD),
- allgemeine Gesundheitswahrnehmung 57,6 (24,3 SD),
- Vitalität 66,1 (19,3 SD);
- soziale Funktionsfähigkeit 90,2 (10,4 SD),
- emotionale Rollenfunktion 100 (0,0 SD) und
- psychisches Wohlbefinden 76,4 (10,4 SD).

Für die Gruppe 3 (n = 21) ergab sich in puncto

- körperlicher Funktionsfähigkeit ein Durchschnittswert von 88,5 (12,9 SD),
- körperlicher Rollenfunktion 91,6 (21,4 SD),
- körperlicher Schmerzen 88,5 (13,5 SD),
- allgemeine Gesundheitswahrnehmung 69,7 (17,2 SD),
- Vitalität 60,0 (11,5 SD);
- soziale Funktionsfähigkeit 97,6 (6,3 SD),
- emotionale Rollenfunktion 95,2 (11,9 SD) und
- psychisches Wohlbefinden 75,8 (17,8 SD).

*Vergleich SF-36 Normwerte mit jeweiliger Patientengruppe*



Die Normwerte für die Kontrollgruppe sind von der Fa. Hogrefe Testsystem ermittelt und betragen für ein Kollektiv aus Deutschland (gesamt), altersspezifisch zwischen 21-30 Jahren bei

- körperlicher Funktionsfähigkeit ein Durchschnittswert von 95,6 (9,2 SD),
- körperlicher Rollenfunktion 92,0 (20,7 SD),
- körperlichen Schmerzen 77,1 (23,0 SD),
- allgemeiner Gesundheitswahrnehmung 73,2 (15,8 SD),
- Vitalität 63,2 (15,4 SD);
- sozialer Funktionsfähigkeit 90,7 (14,9 SD),
- emotionaler Rollenfunktion 94,2 (18,2 SD) und bei
- psychischem Wohlbefinden 75,7 (13,9 SD).

Es zeigten sich erheblich Unterschiede zwischen den Gruppen insbesondere bei körperlicher Funktionsfähigkeit und körperlicher Rollenfunktion, die jedoch nicht für eine statistische Signifikanz ausreichen.

# 4 Diskussion

## 4.1 Allgemein

Die Epiphyseolysis Capitis Femoris ist eine häufige Erkrankung des Adoleszenten mit bislang nicht endgültig geklärter Ätiologie. Diagnostisch stellt sie im Alltag aufgrund der Variabilität der Symptome eine Herausforderung dar und wird gehäuft verzögert diagnostiziert.<sup>15</sup>

Verschiedene Therapiekonzepte werden von Stabilität und Akuität der Epiphyseolysis abhängig gemacht. Kurzfristiges Ziel der Therapie ist die Vermeidung einer avaskulären Nekrose. Auf lange Sicht gilt es eine sekundäre Arthrose aufgrund der Deformität zu vermeiden. Mehrere Studien weisen auf den Zusammenhang von vermindertem femoralem Offset als Folge der ECF und der Arthrose hin.<sup>46,74</sup>

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Faktoren im Langzeitverlauf nach ECF im Kindesalter untersucht. Insbesondere durch die erstmalige Anwendung des dGEMRIC-Verfahrens in der Nachuntersuchung von behandelten Patienten, bestand die Hoffnung, röntgenologisch noch nicht sichtbare präarthrotische Deformitäten nachweisen zu können.

Im Laufe der klinischen Untersuchungen wurden erstmals Daten zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten mit einer Epiphyseolysis capitis femoris erhoben.

Die Rekrutierung von Patienten erfolgte über die Ambulanz sowie das Archiv der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf und des AKH Viersen.

Patienten mit einem höhergradigen Abrutsch oder bereits röntgenologisch sichtbaren Zeichen einer Arthrose ( $>T\ddot{o}nnis\ 2^\circ$ ) wurden unabhängig von Ihrer Symptomen von der Studie ausgeschlossen. Des Weiteren hatten alle Patienten röntgenologisch eine minimale Gelenkspaltweite von 3 mm in der Hauptbelastungszone. Fast alle Patienten hatten einen Harris-Hip-Score von über 80 Punkten.

## 4.2 dGEMRIC Index

Der dGEMRIC-Index misst indirekt den Anteil an Glykosaminoglykanen im Knorpel. Venn et al. haben den Zusammenhang von abnehmendem Glykosaminoglykangehalt und zunehmendem Grad der Arthrose gezeigt.<sup>50</sup>

In der vorliegenden Studie wollten wir degenerative Veränderungen in Form von einem verminderten Glykosaminoglykangehalt nachweisen, ohne dass bereits röntgenologische Anzeichen einer Arthrose erkennbar sind. Deshalb wurden aus der Studienpopulation 28 Patienten, JSW > 3 mm, Tönnisgrad 0-1, in Subkohorten abhängig vom femoralen Offset (Gruppe 1: kein Abrutsch, Gruppe 2: milder Abrutsch, Gruppe 3: höhergradiger Abrutsch) eingeteilt.

In vorangegangenen Studien konnte der Zusammenhang zwischen femoralem Offset als Folge einer ECF und der Entwicklung einer Arthrose nachgewiesen werden.<sup>46,74,75</sup> Im Gegensatz zu klinischen und herkömmlichen röntgenologischen Untersuchungen konnten wir zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 einen statistisch signifikanten Abfall der T1Gd Werte feststellen ( $p = 0,038$  und  $p = 0.041$ ). Auch im Vergleich von medialem zu lateralen Knorpelanteil ist ein statistisch signifikanten Abfall der T1-Gd Werte zu konstatieren.

Diese Ergebnisse decken sich mit denen früherer Untersuchungen. Kim et al. haben in ihrer Dysplasie-Studie den Zusammenhang zwischen niedrigen dGEMRIC-Werten und dem Schweregrad der Dysplasie festgestellt.<sup>76</sup> Die Werte, wie auch die Abstufungen innerhalb der Subkohorte, decken sich mit unseren Messungen. Ähnliches wurde von Bittersohl et al. beim femoroacetabulären Impingement gemessen, wie auch von Zilkens et al. bei Patienten mit Morbus Perthes.<sup>45, 59</sup> Bittersohl et al. konnten in ihrer Studie zum femoroacetabulären Impingement ebenfalls einen statistisch signifikanten Abfall der T1-Gd Werte in lateraler Richtung beobachten.<sup>45</sup>

Nach Tiderius kann bei Patienten mit asymptomatischen Hüften (591 ms) ein Abfall des dGEMRIC-Index um 36% gegenüber Hüften mit leichter Arthrose (381 ms) als normal angesehen werden.<sup>77</sup>

Jessel et al. stellten an Patienten mit femoroacetabulären Impingement fest, dass zwar ein signifikanter Zusammenhang zwischen Schmerz, Alpha-Winkel und den T1-Gd-Werten besteht, nicht aber zwischen Alter, Geschlecht, Arthrosegrad nach Tönnis, Gelenkspaltweite und üblichen radiologischen Untersuchungstechniken.<sup>78</sup> Auch dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.

Die erwähnten Übereinstimmungen mit Literaturangaben können nicht über einige Schwachpunkte der vorliegenden Arbeit hinwegtäuschen. Zum einen war die untersuchte Kohorte relativ klein, sie wurde unabhängig von den Symptomen untersucht und war daher inhomogen. Auf der anderen Seite konnte dadurch eine große Spannweite an klinischen Symptomen und relevanten Daten gewonnen werden. Da sich unsere Daten allerdings relativ gut mit denen der oben genannten Studien aus der Literatur decken, ist davon auszugehen, dass sie auch mit denen größerer Studienpopulationen vergleichbar sind.

Problematisch ist, dass in der Diagnostik der ECF ein Evaluierungsstandard fehlt, wie beispielsweise eine histologische Validierung oder radiologische Verfahren zur Beurteilung der Aspherität des Kopf-Halsüberganges am proximalen Femur.<sup>79</sup>

Auch ist die Auflösung der Bilder mit dem 1,5 Tesla System nicht hoch genug, um zwischen femoralem und acetabulärem Knorpel zu unterscheiden. Deshalb wurden Acetabulum und Femurknorpel gemeinsam in einer ROI gemessen. Kleinere Läsionen und Gelenkflüssigkeit, die die Werte verfälschen, sind möglicherweise in den ROIs mit erfasst worden. Eine ausführlichere Kartographie des Knorpels wäre durch das Anfertigen von radiären dGEMRIC Schichten möglich gewesen, wir haben aber nur über koronare Schichten verfügt.

Dennoch konnten wir nachweisen, dass dGEMRIC offensichtlich in der Lage ist, einen Verlust an Glykosaminoglykanen nach Epiphyseolysis capitis femoris zu zeigen, auch wenn sich noch keine radiologischen Anzeichen einer Arthrose oder Gelenkspaltverengung bemerkbar machen. Darüberhinaus ist dGEMRIC in der Lage, regionale Unterschiede in der Knorpelqualität an einem Gelenk festzustellen und einen Verlust an Glykosaminoglykanen am lateralen Anteil des Hüftgelenks möglicherweise verursacht durch ein femoroacetabuläres Impingement frühzeitig zu detektieren.

Wir konnten zeigen, dass bei Patienten mit einer Epiphyseolysis capitis femoris in einer mittel- und längerfristigen Folgeuntersuchung bereits ohne röntgenologischen oder klinischen Nachweis einer Arthrose, mittels MRT präarthrotische Schädigungen im Knorpel zu finden sind. Gegenstand zukünftiger Studien sollte eine genauere Kartographieierung des Hüftgelenkknorpels mit höherer Auflösung sein, um die biomechanischen Mechanismen der Fröhschädigung im Knorpel besser zu verstehen.

### **4.3 Vergleich der klinischen Daten HHS, TLS, OA (nach Tönnis) und SF-36**

Eine Vielzahl von Studien hat den Zusammenhang zwischen der Epiphyseolysis Capitis Femoris als Risikofaktor für die sekundäre Coxarthrose und der Schwere des Verlaufs bei höhergradigen Abrutschwinkeln im Langzeitverlauf gezeigt.<sup>87-89</sup>

In der vorliegenden Arbeit wurde insbesondere das verminderte femorale Offset als Ursache für ein femorales azetabuläres Impingements untersucht.<sup>22,90,91</sup> Bei der ECF als Prototyp für die Entwicklung eines cam-type-Impingements, treten diese Schädigungen insbesondere in der Frühphase des Krankheitsverlaufes auf.<sup>84</sup>

Anhand der röntgenologischen Untersuchung konnten wir bei 92,1% der von der Krankheit betroffenen Hüften bereits leichte Anzeichen einer beginnenden Arthrose feststellen. Es fand sich allerdings kein Zusammenhang zwischen vermindertem femoralen Offset und radiologischen Anzeichen einer Arthrose. Interessanterweise fanden sich bei 68,9 % der kontralateralen, nicht betroffenen, jedoch prophylaktisch gespickten Hüften ebenfalls leichte Anzeichen einer beginnenden Arthrose.

Anzeichen für eine Verringerung der minimalen Gelenkspaltweite in unserer Untersuchungsgruppe gab es keine. Paradoxerweise fanden wir an den betroffenen Hüften (3,4 mm, 0,6 mm SD) höhere Werte in der Hauptbelastungszone als bei den kontralateralen Hüften (3,2 mm, 0,6 mm SD). Dies könnte auf den begrenzten Aussagewert der Röntgenaufnahme bezüglich dieser Fragestellung hindeuten oder durch die veränderten geometrischen Umstände im femoroazetabulären Gelenk nach Abrutsch bedingt sein.<sup>59</sup>

Eine weitere Annahme könnte ein erhöhter Wassergehalt und damit verbundenes Aufquellen des vorgeschädigten Knorpels sein, wie dies von Maroudas et al. beschrieben wurde.<sup>55</sup>

Wir konnten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Grad des Epiphysenabrutsches und einem eingeschränkten Bewegungsumfang der Patienten finden. Selbst bei höhergradigem Abrutschen fanden wir keine statistisch signifikante Einschränkung der Innenrotation in 90° Beugung, obwohl diese als Leitsymptom bei Patienten mit einem symptomatischen femoroazetabulären Impingement gilt.<sup>92</sup>

Der Harris-Hip-Score erbrachte statistisch signifikante Ergebnisse ( $p = 0.001 - 0.035$ ) in Bezug auf Schmerz und Gesamtzahl bei allen drei Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dasselbe betrifft den Tegner-Lysholm Aktivitäts-Score. Die Tatsache, dass selbst Patienten mit einem geringgradigen epiphysärem Abrutsch einen statistisch signifikant niedrigeren Aktivitäts-Score haben, führt zu der Frage, was die Patienten vom Sport abhält. Allerdings wurde der Tegner-Lysholm-Score ursprünglich als kurzfristiges Nachuntersuchungsinstrument für Patienten nach Kniegelenksverletzungen entwickelt, was auf eine begrenzte Anwendbarkeit hinsichtlich des Langzeitverlaufs nach ECF hindeuten könnte.

Bei der Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mittels SF-36 konnten wir in zwei der acht Dimensionen des Fragebogens erhebliche Unterschiede zur Kontrollgruppe allerdings ohne statistische Signifikanz finden. In der körperlichen Funktionsfähigkeit sowie in der körperlichen Rollenfunktion gaben die Patienten eine geringere Ausprägung ihrer Lebensqualitätsbewertung an. Das Ausmaß der Abweichung der genannten Dimensionen von der alters- und geschlechtsspezifischen Referenzgruppe kann als Verlaufparameter in der weiteren Nachbehandlung der Patienten gesehen werden.<sup>93</sup> In künftigen Verlaufsstudien gilt es zu klären, wie und wann sich diese Abweichungen auch innerhalb der Studienpopulation verändern. Die Wichtigkeit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der klinischen Relevanz, war in den letzten Jahren Gegenstand klinischer Forschung, insbesondere im Bereich der Onkologie und der Nachsorge des Myokardinfarktes.<sup>94, 95, 96</sup>

Unsere Studienergebnisse decken sich mit denen anderer Forschungsgruppen. Hägglund et al. stellten im Langzeitverlauf nach 28 Jahren eine Arthrose in bis zu 53 % der Fälle fest.<sup>4</sup> Jerre et al. konnten im Langzeitverlauf nach 32,7 Jahren an 128 Hüften keine statistisch signifikante Einschränkung des Bewegungsumfanges bis auf eine eingeschränkte Innenrotation feststellen.<sup>97</sup> Carney und Weinstein fanden bei 63 % aller leichten Abrutsche und allen moderaten bis höhergradigen Abrutschen Anzeichen einer Gelenkdegeneration.<sup>9 8</sup> Ross et al konstatierten, dass bei vielen Patienten Symptome sowie eine Funktionseinschränkung nach etwa 20 Jahren auftreten.<sup>88</sup>

Nachdem die Patienten unserer Studie keiner weiterführenden Operation unterzogen wurden, sieht man von der initialen Spickung ab, erwarteten wir von unseren Ergebnissen die Symptomatik eines femoroacetabulären Impingements sowie Schmerz und Bewegungseinschränkungen zumindest bei den Patienten der Gruppe 3, die durch einen schwerem Abrutsch gekennzeichnet war. Der Harris-Hip-Score lieferte mit einem Durchschnittswert von 91,9 Punkten (10,2 SD) definitionsgemäß ein exzellentes Ergebnis, und wir fanden keine signifikante Bewegungseinschränkung des Hüftgelenks.

Allerdings gab es bei 92,1 % der Betroffenen und 68,9 % der nicht betroffenen kontralateralen Gelenke erste radiologische Anzeichen einer Arthrose. Wir gehen davon aus, dass es sich hierbei um Frühzeichen einer Arthrose handelt, die noch nicht zu klinischen Symptomen führen. Die Patientengruppe wird daher in Zukunft auch weiterhin regelmäßig nachuntersucht.

Um den Anteil an subklinischen ECF zu ermitteln, haben Goodman et al. in einer Studie 2665 Hüften der weltweit größten Knochensammlung auf Abrutsch und Pistolengriffdeformität untersucht.<sup>80</sup> Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass für 8% der Arthrosen eine subklinisch verlaufene ECF verantwortlich ist und dass von diesem Patienten nur 37 % eine höhergradige Arthrose entwickeln. Es kann also sein, dass nicht nur die anatomischen Faktoren, wie z.B. ein verringertes femorales Offset zur Entwicklung einer klinisch symptomatischen ECF beitragen, sondern auch andere biochemische oder biomechanische Faktoren.<sup>99,100</sup>

Die Entwicklung einer Schädigung im Knorpel oder Labrum wurde auch von Leunig et al nachuntersucht.<sup>84</sup> Die Autoren gehen davon aus, dass es bei leichtem Abrutsch durch

die sogenannte Nockenwellendeformität des Schenkelhalses zu einer sekundären Schädigung des acetabulären Knorpels kommt. Das hat mit der scharfkantigen metaphysären Oberfläche zu tun. Höhergradiges Abrutschen hat wiederum ein Impingement zur Folge, also ein femoroacetabuläres Anschlagen mit Schädigung des Labrums. Daher ist insbesondere für die Wahl der korrekten Therapie der ECF eine erweiterte Diagnostik notwendig. Biochemisch sensible Verfahren, wie dGERMIC oder das Anfertigen radiärer Schichten zur morphologischen Beurteilung des Schenkel/Hals-Überganges sind erfolgversprechende Verfahren, um die Entwicklung einer sekundären Arthrose zu verhindern.<sup>58, 79</sup>

Zusammenfassend konnten wir aus der Analyse der klinischen Daten ableiten, dass alle unsere Patienten an den betroffenen Hüften erste Anzeichen einer Arthrose aufwiesen, allerdings bestand kein linearer Zusammenhang zum Ausmaß der Offset-Pathologie. Nicht nur die betroffene Hüften, sondern auch 68,9 % der kontralateralen Hüfte wiesen Anzeichen einer Arthrose auf. Wir stellten fest, dass das Bewegungsausmaß lange im Normalbereich ist und sich Zeichen der Degeneration früh bemerkbar machen, beispielsweise im Harris-Hip-Score, dem Tegner-Lysholm Score oder dem SF-36.<sup>70</sup>

#### **4.4 Schlussfolgerungen**

Anhand der hier gewonnenen Daten war es erstmals möglich degenerative Veränderungen des Knorpels bei Patienten nach stattgehabter ECF nachzuweisen, ohne dass bereits degenerative Veränderungen im Röntgenbild auffällig oder die Patienten klinisch symptomatisch waren.

In späteren Untersuchungen konnten die Schwächen der vorliegenden Studie erkannt und überarbeitet werden. So konnte im Verlauf die verhältnismäßig geringe Auflösung an einem 1,5T MRT durch Untersuchungen an einem 3T MRT verfeinert und somit zwischen femoralem und acetabulären Knorpelanteilen differenziert und mögliche Fehlmessungen durch den Anteil an Kontrastmittel in der Gelenkflüssigkeit bei differenzierter Betrachtung beider Knorpelanteile reduziert werden.

Neuere durch Gradientenecho basierte dGEMRIC Untersuchungen erlaubten die Anfertigung radiärer Schnittbilder um die Längsachse des Schenkelhalses. Zilkens et al.

konnte in einer in vitro Studie hier erstmals die mittels 3D dGEMRIC-Sequenz gewonnenen Daten histologisch validieren.<sup>101</sup>

Der durch Bittersohl et al. an einem 1,5T MRT beschriebene höhere GAG Gehalt in den Hauptbelastungszonen konnte mittels 3D dGEMRIC durch die getrennte Betrachtung von acetabulärem und femoralen Knorpel bestätigt werden.<sup>102</sup>

Die Implementierung des 3D dGEMRIC erlaubte die systematische Evaluierung des Beta-Winkels. Der in der vorliegenden Arbeit angewandte Alpha-Winkel beschreibt in zweidimensionalen angefertigten coronaren Schichten den Kopf-Hals-Übergang des Femurs. Der Beta-Winkel wird zwischen dem Acetabulumrand und dem Kopf-Hals-Übergang gebildet. Somit bezieht er, im Gegensatz zum Alpha-Winkel, beide Anteile des Gelenks mit ein. Die Anfertigung von dreidimensionalen Datensätzen des Beta-Winkels erlaubt eine immer genauer werdende Kartographierung des Hüftgelenks und ist ein guter Prädiktor für einen Knorpelschaden.<sup>103</sup>

In einer Vergleichsstudie zwischen zwischen intravenöser und intraartikulärer Gabe von einfach negativ geladenem Kontrastmittel konnte Zilkens et al. zum einen eine gute Vergleichbarkeit beider Applikationsarten nachweisen, zum anderen zeigen dass die Ergebnisse mit denen bislang meist in klinischen Studien verwendete zweifach negativ geladenem Kontrastmittel korrelieren.<sup>104</sup> Somit kann dGEMRIC in die klinische Routine eingebracht werden und zukünftig zu einer breiteren klinischen Anwendung des dGEMRIC Verfahrens beitragen. An der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf wird dGEMRIC bereits zur Verlaufsbeurteilung nach gelenkerhaltenden Eingriffen bei präarthrotischer Deformität wie der Epiphyseolysis capitis Femoris eingesetzt.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Krauspe R, Seller K, Westhoff B. [Epiphyseolysis capitis femoris]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2004;142(5):R37–52; quiz R53–56.
2. Zilkens C, Jäger M, Bittersohl B, u. a. [Slipped capital femoral epiphysis]. *Orthopäde.* 2010;39(10):1009–1021.
3. Loder RT, Aronsson DD, Dobbs MB, Weinstein SL. Slipped Capital Femoral Epiphysis\*†. *JBJS.* 2000;82(8):1170–1170.
4. Hägglund G, Hannson LI, Sandström S. Slipped capital femoral epiphysis in southern Sweden. Long-term results after nailing/pinning. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1987; (217):190–200.
5. Jerre R, Billing L, Hansson G, Wallin J. The contralateral hip in patients primarily treated for unilateral slipped upper femoral epiphysis. Long-term follow-up of 61 hips. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume.* 1994;76(4):563.
6. Jerre R, Billing L, Hansson G, Karlsson J, Wallin J. Bilaterality in slipped capital femoral epiphysis: importance of a reliable radiographic method. *Journal of Pediatric Orthopaedics B.* 1996;5(2):80.
7. Schmid H, Hauffa BP. [Acceleration of epiphyseolysis capitis femoris lenta as a complication of growth hormone therapy in hypophyseal insufficiency]. *Klin Padiatr.* 1993;205(1):59–63.
8. Brady RL, Price A. Delayed-Onset Slipped Capital Femoral Epiphysis: Case Report of Association With Pituitary Tumor. *American journal of orthopedics (Belle Mead, NJ).* 2010;39(3):137.
9. Möhler W, Rütt A. Die hormonelle Behandlung des hypophysären Minderwuchses, eine Ursache des Epiphysenabrutsches? *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie.* 2008;119(01):89–91.
10. Harris WR. The endocrine basis for slipping of the upper femoral epiphysis. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume.* 1950;32(1):5.
11. Maffulli N, Douglas AS. Seasonal variation of slipped capital femoral epiphysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics B.* 2002;11(1):29.
12. Pritchett JW, Perdue KD. Mechanical factors in slipped capital femoral epiphysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1988;8(4):385.
13. WAYNE O S. Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American).* 1967;49(5):807–835.

14. Boyer DW, Mickelson MR, Ponseti IV, others. Slipped capital femoral epiphysis. Long-term follow-up study of one hundred and twenty-one patients. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1981;63(1):85.
15. Green DW, Reynolds RAK, Khan SN, Tolo V. The Delay in Diagnosis of Slipped Capital Femoral Epiphysis: A Review of 102 Patients. *HSS Journal*. 2005;1(1):103–106.
16. Gekeler J. Radiologie und Radiometrie der Epiphyseolysis capitis femoris adolescentium. *Der Orthopäde*. 2002;31(9):841–850.
17. Harland U, Krappel FA. Der Stellenwert von Sonographie, Computertomographie und Kernspintomographie bei der Epiphyseolysis capitis femoris. *Der Orthopäde*. 2002;31(9):851–856.
18. Steel HH. The metaphyseal blanch sign of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1986;68(6):920–922.
19. Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, u. a. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(4):556–560.
20. Ito K, Minka MA 2nd, Leunig M, Werlen S, Ganz R. Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(2):171–176.
21. Leunig M, Horowitz K, Manner H, Ganz R. In situ pinning with arthroscopic osteoplasty for mild SCFE: A preliminary technical report. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 2010;468(12):3160–3167.
22. Leunig M, Casillas MM, Hamlet M, u. a. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand*. 2000;71(4):370–375.
23. Schultz WR, Weinstein JN, Weinstein SL, Smith BG. Prophylactic pinning of the contralateral hip in slipped capital femoral epiphysis : evaluation of long-term outcome for the contralateral hip with use of decision analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84-A(8):1305–1314.
24. Kocher MS, Bishop JA, Hresko MT, u. a. Prophylactic pinning of the contralateral hip after unilateral slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A(12):2658–2665.
25. Plötz GM, Prymka M, Hassenpflug J. The role of prophylactic pinning in the treatment of slipped capital femoral epiphysis--a case report. *Acta Orthop Scand*. 1999;70(6):631–634.
26. Seller K, Raab P, Wild A, Krauspe R. Risk-benefit analysis of prophylactic pinning in slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop B*. 2001;10(3):192–196.

27. Loder RT, Richards BS, Shapiro PS, Reznick LR, Aronson DD. Acute slipped capital femoral epiphysis: the importance of physeal stability. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(8):1134–1140.
28. König A, Krauspe R, Fella E, Eulert J. Die Entwicklung des koxalen Femurendes nach operativer Therapie der Epiphyseolysis capitis femoris. *ORTHOPADISCHE PRAXIS.* 1996;32:515–520.
29. Hackenbroch MH, Kumm DA, Rütt J. [Dynamic screw fixation for slipped capital femoral epiphysis. Treatment results]. *Orthopäde.* 2002;31(9):871–879.
30. Hackenbroch MH, Kumm DA, Rütt J. Dynamische Schraubenfixation bei der Epiphyseolysis capitis femoris juvenilis. *Der Orthopäde.* 2002;31(9):871–879.
31. Fish JB. Cuneiform osteotomy of the femoral neck in the treatment of slipped capital femoral epiphysis. A follow-up note. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(1):46–59.
32. Carlioz H, Vogt JC, Barba L, Doursounian L. Treatment of slipped upper femoral epiphysis: 80 cases operated on over 10 years (1968-1978). *J Pediatr Orthop.* 1984;4(2):153–161.
33. DeRosa GP, Mullins RC, Kling TF Jr. Cuneiform osteotomy of the femoral neck in severe slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1996;(322):48–60.
34. Abraham E, Garst J, Barmada R. Treatment of moderate to severe slipped capital femoral epiphysis with extracapsular base-of-neck osteotomy. *J Pediatr Orthop.* 1993;13(3):294–302.
35. Diab M, Hresko MT, Millis MB. Intertrochanteric versus subcapital osteotomy in slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004;(427):204–212.
36. Crawford AH. Osteotomies in the treatment of slipped capital femoral epiphysis. *Instr Course Lect.* 1984;33:327–349.
37. Rebello G, Spencer S, Millis MB, Kim Y-J. Surgical dislocation in the management of pediatric and adolescent hip deformity. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009;467(3):724–731.
38. Shin SJ, Kwak H-S, Cho T-J, u. a. Application of Ganz surgical hip dislocation approach in pediatric hip diseases. *Clin Orthop Surg.* 2009;1(3):132–137.
39. Sink EL, Zaltz I, Heare T, Dayton M. Acetabular cartilage and labral damage observed during surgical hip dislocation for stable slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2010;30(1):26–30.
40. Ziebarth K, Zilkens C, Spencer S, u. a. Capital realignment for moderate and severe SCFE using a modified Dunn procedure. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009;467(3):704–716.

41. Ganz R, Gill TJ, Gautier E, u. a. Surgical dislocation of the adult hip: a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume*. 2001;83(8):1119.
42. Jäger M, Tillmann FP, Thornhill TS, u. a. Rationale for prostaglandin I<sub>2</sub> in bone marrow oedema--from theory to application. *Arthritis Res. Ther.* 2008;10(5):R120.
43. Jäger M, Zilkens C, Bittersohl B, u. a. Efficiency of iloprost treatment for osseous malperfusion. *Int Orthop*. 2011;35(5):761–765.
44. Maussen JP, Rozing PM, Obermann WR. Intertrochanteric corrective osteotomy in slipped capital femoral epiphysis. A long-term follow-up study of 26 patients. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1990;(259):100–110.
45. Bittersohl B, Steppacher S, Haamberg T, u. a. Cartilage damage in femoroacetabular impingement (FAI): preliminary results on comparison of standard diagnostic vs delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC). *Osteoarthr. Cartil.* 2009;17(10):1297–1306.
46. Ganz R, Parvizi J, Beck M, u. a. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2003;(417):112–120.
47. Beck M. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: FEMOROACETABULAR IMPINGEMENT AS A CAUSE OF EARLY OSTEOARTHRITIS OF THE HIP. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume*. 2005;87-B(7):1012–1018.
48. Mamisch TC, Kim YJ, Richolt JA, Millis MB, Kordelle J. Femoral morphology due to impingement influences the range of motion in slipped capital femoral epiphysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2009;467(3):692–698.
49. Spencer S, Millis MB, Kim Y-J. Early results of treatment of hip impingement syndrome in slipped capital femoral epiphysis and pistol grip deformity of the femoral head-neck junction using the surgical dislocation technique. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(3):281–285.
50. Venn M, Maroudas A. Chemical composition and swelling of normal and osteoarthrotic femoral head cartilage. I. Chemical composition. *Ann. Rheum. Dis.* 1977;36(2):121–129.
51. Zilkens C, Jäger M, Bittersohl B, u. a. „Delayed Gadolinium Enhanced MRI of Cartilage “(dGEMRIC). *Der Orthopäde*. 2009;38(7):591–599.
52. Bashir A, Gray ML, Hartke J, Burstein D. Nondestructive imaging of human cartilage glycosaminoglycan concentration by MRI. *Magn Reson Med*. 1999;41(5):857–865.
53. Bashir A, Gray ML, Boutin RD, Burstein D. Glycosaminoglycan in articular

- cartilage: in vivo assessment with delayed Gd(DTPA)(2-)-enhanced MR imaging. *Radiology*. 1997;205(2):551–558.
54. Bashir A, Gray ML, Burstein D. Gd-DTPA2- as a measure of cartilage degradation. *Magn Reson Med*. 1996;36(5):665–673.
55. Maroudas A, Venn M. Chemical composition and swelling of normal and osteoarthrotic femoral head cartilage. II. Swelling. *Ann. Rheum. Dis*. 1977;36(5):399–406.
56. Burstein D, Velyvis J, Scott KT, u. a. Protocol issues for delayed Gd(DTPA)(2-)-enhanced MRI (dGEMRIC) for clinical evaluation of articular cartilage. *Magn Reson Med*. 2001;45(1):36–41.
57. Bashir A, Gray ML, Burstein D. Validation of Proteoglycan Measurements in Human Cartilage by MRI. In: *TRANSACTIONS OF THE ANNUAL MEETING- ORTHOPAEDIC RESEARCH SOCIETY.*; 1998:487–487.
58. Zilkens C, Miese F, Bittersohl B, u. a. Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC), after slipped capital femoral epiphysis. *Eur J Radiol*. 2010. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20510564>. Zugegriffen April 8, 2011.
59. Zilkens C, Holstein A, Bittersohl B, u. a. Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage in the long-term follow-up after Perthes disease. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(2):147–153.
60. HARRIS WH. Traumatic Arthritis of the Hip after Dislocation and Acetabular Fractures: Treatment by Mold Arthroplasty AN END-RESULT STUDY USING A NEW METHOD OF RESULT EVALUATION. *JBJS*. 1969;51(4):737–755.
61. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1985;(198):43–49.
62. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30(6):473–483.
63. Tönnis D. Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1976;(119):39–47.
64. Murray RO. The Aetiology of Primary Osteoarthritis of the Hip. *British Journal of Radiology*. 1965;38(455):810–824.
65. Sharp IK. Acetabular dysplasia: the acetabular angle. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume*. 1961;43(2):268.
66. Croft P, Cooper C, Wickham C, Coggon D. DEFINING OSTEOARTHRITIS OF THE HIP FOR EPIDEMIOLOGIC STUDIES. *Am. J. Epidemiol*. 1990;132(3):514–522.

67. Tönnis D. *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter: Grundlagen, Diagnostik, konservative und operative Behandlung; mit 49 Tab.* Springer; 1984.
68. Pauwels F. *Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte: Prinzipien, Technik und Resultate einer kausalen Therapie.* Springer; 1973.
69. Mamisch TC, Dudda M, Hughes T, Burstein D, Kim Y-J. Comparison of delayed gadolinium enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC) using inversion recovery and fast T1 mapping sequences. *Magn Reson Med.* 2008;60(4):768–773.
70. Miese FR, Zilkens C, Holstein A, u. a. MRI morphometry, cartilage damage and impaired function in the follow-up after slipped capital femoral epiphysis. *Skeletal Radiol.* 2010;39(6):533–541.
71. Miese FR, Zilkens C, Holstein A, u. a. Assessment of early cartilage degeneration after slipped capital femoral epiphysis using T2 and T2\* mapping. *Acta Radiol.* 2011;52(1):106–110.
72. Bullinger M. German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. *Soc Sci Med.* 1995;41(10):1359–1366.
73. Bullinger M, Kirchberger I. Der SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand.(SF-36)-Handbuch für die deutschsprachige Fragebogenversion. *Göttingen, Germany: Hogrefe.* 1998.
74. Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1012–1018.
75. Leunig M, Beck M, Woo A, u. a. Acetabular rim degeneration: a constant finding in the aged hip. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2003;(413):201–207.
76. Kim Y-J, Jaramillo D, Millis MB, Gray ML, Burstein D. Assessment of early osteoarthritis in hip dysplasia with delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A(10):1987–1992.
77. Tiderius CJ, Jessel R, Kim Y-J, Burstein D. Hip dGEMRIC in asymptomatic volunteers and patients with early osteoarthritis: the influence of timing after contrast injection. *Magn Reson Med.* 2007;57(4):803–805.
78. Jessel RH, Zilkens C, Tiderius C, u. a. Assessment of osteoarthritis in hips with femoroacetabular impingement using delayed gadolinium enhanced MRI of cartilage. *J Magn Reson Imaging.* 2009;30(5):1110–1115.
79. Dudda M, Albers C, Mamisch TC, Werlen S, Beck M. Do normal radiographs exclude asphericity of the femoral head-neck junction? *Clin. Orthop. Relat. Res.*

2009;467(3):651–659.

80. Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, et al. Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(10):1489–1497.

81. Loder RT. The demographics of slipped capital femoral epiphysis. An international multicenter study. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1996;(322):8–27.

82. Cooperman DR, Charles LM, Pathria M, Latimer B, Thompson GH. Post-mortem description of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74(4):595–599.

83. Beaulé PE, Zaragoza E, Motamedi K, Copelan N, Dorey FJ. Three-dimensional computed tomography of the hip in the assessment of femoroacetabular impingement. *Journal of orthopaedic research*. 2005;23(6):1286–1292.

84. Leunig M, Fraitzl CR, Ganz R. [Early damage to the acetabular cartilage in slipped capital femoral epiphysis. Therapeutic consequences]. *Orthopade*. 2002;31(9):894–899.

85. Zaragoza E, Lattanzio PJ, Beaulé PE. Magnetic resonance imaging with gadolinium arthrography to assess acetabular cartilage delamination. *Hip international: the journal of clinical and experimental research on hip pathology and therapy*. 2009;19(1):18.

86. Beaulé PE, Zaragoza E, Copelan N. Magnetic Resonance Imaging with Gadolinium Arthrography to Assess Acetabular Cartilage Delamination A Report of Four Cases. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American) Case Reports*. 2004;86(10):2294–2298.

87. Carney BT, Weinstein SL, Noble J. Long-term follow-up of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1991;73(5):667–674.

88. Ross PM, Lyne ED, Morawa LG. Slipped capital femoral epiphysis long-term results after 10–38 years. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1979;(141):176–180.

89. Schai PA, Exner GU, Hänsch O. Prevention of secondary coxarthrosis in slipped capital femoral epiphysis: a long-term follow-up study after corrective intertrochanteric osteotomy. *J Pediatr Orthop B*. 1996;5(3):135–143.

90. Stulberg SD, Cordell LD, Harris WH, Ramsey PL, MacEwen GD. Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip. In: *The Hip: Proceedings of the Third Open Scientific Meeting of the Hip Society*. St Louis, MO: CV Mosby.; 1975:212–228.

91. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2008;466(2):264–272.

92. Clohisy JC, Knaus ER, Hunt DM, et al. Clinical presentation of patients with symptomatic anterior hip impingement. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 2009;467(3):638–644.

93. Bullinger M. Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2000;43(3):190–197.
94. Lydick EG, Epstein RS. Clinical significance of quality of life data. *Quality of life and pharmacoeconomics in clinical trials*. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven Publishers. 1996:461–5.
95. Kaasa S, Knobel H, Loge JH, Hjerstad MJ. Hodgkin's disease: quality of life in future trials. *Ann. Oncol.* 1998;9 Suppl 5:137–145.
96. Mayou RA, Gill D, Thompson DR, u. a. Depression and Anxiety As Predictors of Outcome After Myocardial Infarction. *Psychosom Med.* 2000;62(2):212–219.
97. Jerre R, Billing L, Karlsson J. Loss of hip motion in slipped capital femoral epiphysis: a calculation from the slipping angle and the slope. *J Pediatr Orthop B.* 1996;5(3):144–150.
98. Carney BT, Weinstein SL. Natural history of untreated chronic slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1996;(322):43–47.
99. Fishkin Z, Armstrong DG, Shah H, Patra A, Mihalko WM. Proximal femoral physis shear in slipped capital femoral epiphysis--a finite element study. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(3):291–294.
100. Zupanc O, Krizancic M, Daniel M, u. a. Shear stress in epiphyseal growth plate is a risk factor for slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(4):444–451.
101. Zilkens C, Miese FR, Crumbiegel C, Kim YJ, Herten M, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B. Magnetic resonance imaging and histology of ovine hip joint cartilage in two age populations: a sheep model with assumed healthy cartilage. *Skeletal Radiol.* 2012, 42(5), 699-705.
102. Zilkens C, Miese F, Kim YJ, Hosalkar H, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B. Three-dimensional delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of hip joint cartilage at 3T: A prospective controlled study. *Eur J Radiol.* 2012, 81(11) 3420-3425.
103. Zilkens C, Miese F, Krauspe R, Bittersohl B. Femoroacetabular Offset in Symptomatic Impingement: Does the Offset Decrease Correlate with Cartilage Damage? A Pilot Study. *Clin Orthop Relat Res.* 2013, 471(7), 2173-2182
104. Zilkens C, Miese F, Kim YJ, Jäger M, Hosalkar HS, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B. Direct Comparison of Intra-articular versus Intra-venous Delayed Gadolinium- Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Hip Joint Cartilage. *J Magn Reson Imaging*, 2014, 39(1), 94-102

# 6 Anhang

## 6.1 Harris-Hip-Score

Kriterien:		Punkte
<b>A Schmerzen</b>		
keine Schmerzen		44
gelegentliche (geringe) Schmerzen bei Belastung, keine Belastungseinschränkung, alle Aktivitäten möglich		40
gelegentliche, mäßige Schmerzen bei sportlicher bzw. unüblicher Betätigung, gelegentl. Einnahme von Aspirin (= WHO <1)		30
mäßige Schmerzen, die die Alltagsbelastung einschränken können, Pat. ist arbeitsfähig, gelegentlich stärkere Analgetika als Aspirin nötig		20
starke Schmerzen, deutl. Einschränkung der Alltagsaktivität, nur geringste Belastungen möglich, regelm. stärkere Analgetika als Aspirin nötig (= WHO >1)		10
Bewegung nur unter starken Schmerzen/Ruheschmerz, keine Belastung möglich bis zur Bettlägerigkeit.		0
<b>B Funktion</b>		
Tägliche Aktivitäten		
Treppenlaufen :	ohne Probleme	4
	mit Hilfe des Treppengeländers	2
	mit einigen Pausen	1
	Treppensteigen unmöglich	0
Verkehrsmittel:	Benutzung öffentl. Transportmittel möglich	1

	Benutzung öffentl. Transportmittel unmöglich	0
Sitzen:	bequem für etwa 60 Minuten (normaler Stuhl)	5
	bequem in hohem Stuhl für 30 Minuten	3
	bequemes Sitzen nicht möglich	0
Anziehen von Schuhen und Socken	leicht möglich	4
	schwierig möglich	2
	unmöglich	0
Gangbild		
Hinken :	kein Hinken beim Gehen	11
	leichtes Hinken beim Gehen	8
	mäßiges Hinken beim Gehen	5
	deutliches Hinken bzw. Gehunfähigkeit	0
Unterstützung beim Gehen	keine	11
	Stock für längere Strecken	7
	Stock fast immer nötig	5
	Unterarmgehhilfe nötig	3
	zwei Gehhilfen (Stock) nötig	2
	zwei Unterarmgehhilfen oder Gangunfähigkeit	0

max. mögliche Gehstrecke ohne Pause:	unbegrenzt	11
	längere Strecke > 1000m	8
	nur kurze Strecken < 1000m	5
	nur in der Wohnung	2
	nur vom Bett zum Stuhl	0
<b>C Deformität</b>		
Flexionskontraktur	weniger als 30°	1
	mehr als 30°	0
Adduktionskontraktur	fixierte Adduktion von 10° und weniger	1
	fixierte Adduktion von 10° oder mehr	0
Innenrotation	fixierte Innenrotation von 10° und weniger	1
	fixierte Innenrotation (in Streckung) 10° und mehr	0
Beinlängendifferenz	< 3,2 cm	1
	> 3,2 cm	0
<b>D Beweglichkeit (Flex, Abd, Add, Iro, Aro)</b>		
Total ROM= 210° - 300°		5
Total ROM= 160° - 209°		4
Total ROM= 100° - 159°		3

Total ROM= 60° - 99°	2
Total ROM= 30° - 59°	1
Total ROM= 0° - 29°	0
Summen-Score= Teilsummen aus A+B+C+D max 200	

## 6.2 Tegner Lysholm

Score	Beschreibung
0	beurlaubt wegen Krankheit, Berufsunfähigkeit
1	Arbeit: sitzende Tätigkeit  gehen auf ebenem Grund möglich
2	Arbeit: leichte Tätigkeiten  gehen auf unebenem Grund, aber nicht im Wald möglich
3	Arbeit: leichte Tätigkeit (z. B. Krankenpflege)  Leistungs- und Freizeitsport: schwimmen  gehen im Wald möglich
4	Arbeit: mittelschwere Tätigkeit (LKW-Fahrer, schwere Hausarbeit)  Freizeitsport: Rad fahren, Skilanglauf, joggen auf ebenem Grund min 2x/Woche
5	Arbeit: schwere Tätigkeit (z.B. Bau- und Waldarbeiter)

	<p>Leistungssport: Rad fahren, Skilanglauf</p> <p>Freizeitsport: joggen auf unebenem Grund min 2x/Woche</p>
6	<p>Freizeitsport: Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Skifahren, joggen (min.5x/Woche)</p>
7	<p>Leistungssport: Tennis, Leichtathletik, Motocross/Motorradrennen, Handball, Basketball</p> <p>Freizeitsport: Fußball, Bandy oder Eishockey, Squash, Leichtathletik</p> <p>Geländelauf/-rennen als Freizeit- oder Leistungssport</p>
8	<p>Leistungssport: Squash oder Badminton, Leichtathletik, Skiabfahrt</p>
9	<p>Leistungssport: Fußball, Eishockey, Wrestling, Turnen</p>
10	<p>Leistungssport: Fußball (national, international)</p>

Lfd. Nr.	Seite	Alter	Geschl	OFFSET-Gruppe	HHS A 44	HHS	Tegner-Lysholm	KöFu Rohwert	KöRo Rohwert	Schm Rohwert	Ages	Vita	SoFu Rohwert	EmRo Rohwert	Psyc Rohwert	AktGesZust Rohwert	Verä GesZust Rohwert
	1=re		1=männl														
1	2	27,6	1	3	44	100	4	95,0	50,0	81,5	77,0	55,0	100,0	100,0	88,0	3,0	3,0
2	2	28,6	1	3	44	99	4	85,0	100,0	81,5	52,0	60,0	100,0	100,0	8,0	3,0	1,0
3	2	20,8	1	3	44	96	5	100,0	100,0	100,0	92,0	80,0	100,0	100,0	72,0	4,0	1,0
4	2	18,2	1	2	40	96	4	85,0	100,0	100,0	67,0	80,0	87,5	100,0	76,0	3,0	3,0
5	2	24,9	1	3	44	100	3	95,0	100,0	100,0	77,0	75,0	100,0	100,0	80,0	3,0	3,0
6	2	19,2	2	1	20	70	4	65,0	75,0	37,0	47,0	50,0	62,5	0,0	72,0	3,0	3,0
7	2	20,3	2	2	20	62	3	50,0	0,0	24,5	30,0	30,0	87,5	100,0	56,0	2,0	5,0
8	1	22,5	2	3	40	92	4	80,0	100,0	94,0	77,0	50,0	100,0	100,0	80,0	3,0	2,0
9	2	26,0	1	3	40	96	5	95,0	100,0	94,0	57,0	50,0	100,0	100,0	76,0	4,0	3,0
10	1	19,7	2	2	40	96	4	85,0	25,0	46,0	37,0	65,0	87,5	100,0	72,0	3,0	3,0
11	2	22,3	1	3	40	88	3	90,0	100,0	69,5	52,5	50,0	100,0	66,7	84,0	3,0	4,0
12	2	24,6	1	3	40	88	4	70,0	25,0	71,0	52,0	50,0	75,0	66,7	68,0	3,0	4,0
13	1	30,5	1	1	44	100	5	90,0	50,0	82,0	47,0	55,0	100,0	66,7	80,0	3,0	3,0
14	2	24,5	2	3	40	95	3	100,0	100,0	100,0	70,0	65,0	100,0	100,0	76,0	5,0	1,0
15	2	21,8	2	1	30	81	2	75,0	0,0	69,5	72,0	55,0	100,0	66,7	84,0	3,0	2,0
16	2	25,6	1	3	30	78	2	75	50	58,5	47	45	87,5	100	76	4	3
17	1	25,7	2	2	44	97	3	90,0	100,0	94,0	100,0	95,0	100,0	100,0	92,0	5,0	3,0
18	2	21,9	1	3	30	83	3	90,0	100,0	94,0	87,0	70,0	100,0	100,0	84,0	4,0	1,0
19	2	22,1	1	1	44	100	4	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	100,0	100,0	92,0	5,0	1,0
20	2	19,7	1	2	44	100	5	95,0	25,0	82,0	72,0	65,0	100,0	100,0	80,0	4,0	3,0
21	2	29,1	1	3	40	96	4	95,0	100,0	81,5	77,0	60,0	100,0	100,0	76,0	4,0	3,0
22	2	20,3	2	1	44	100	4	100,0	100,0	81,5	92,0	90,0	100,0	100,0	100,0	4,0	1,0
23	2	29,9	1	3	40	92	3	90,0	100,0	94,0	72,0	60,0	100,0	100,0	84,0	3,0	3,0
24	2	21,5	1	3	44	99	3	90,0	100,0	100,0	31,0	45,0	87,5	100,0	72,0	4,0	3,0
25	2	21,7	2	3	40	96	3	95,0	100,0	71,0	92,0	60,0	100,0	100,0	96,0	3,0	3,0
26	1	21,9	2	2	40	95	3	75,0	50,0	46,0	37,0	55,0	75,0	100,0	68,0	3,0	3,0
27	2	19,2	2	3	44	100	3	100,0	100,0	100,0	87,0	65,0	100,0	100,0	68,0	3,0	2,0
28	2	28,3	1	2	30	78	3	80,0	25,0	46,0	37,0	50,0	75,0	100,0	76,0	3,0	4,0
29	2	20,2	2	1	30	83	3	85,0	100,0	82,0	40,0	45,0	100,0	100,0	92,0	2,0	2,0
30	1	25,8	1	3	30	69	4	50,0	100,0	69,5	52,0	55,0	100,0	66,7	72,0	3,0	4,0
31	1	21,5	1	3	44	99	3	100,0	100,0	100,0	97,0	85,0	100,0	100,0	92,0	4,0	3,0
32	2	29,3	1	1	40	96	4	95,0	100,0	94,0	60,0	60,0	100,0	100,0	64,0	2,0	2,0
33	1	20,8	2	3	44	100	4	100,0	100,0	100,0	72,0	55,0	100,0	100,0	64,0	4,0	3,0
34	1	18,1	1	3	40	96	3	70,0	100,0	100,0	72,0	50,0	100,0	100,0	80,0	3,0	4,0
35	2	28,1	1	2	44	100	4	85,0	100,0	100,0	57,0	80,0	100,0	100,0	84,0	3,0	3,0
36	2	19,0	1	1	30	78	3	80,0	25,0	58,5	30,0	65,0	87,5	100,0	76,0	2,0	3,0
37	1	22,6	1	3	44	100	4	95,0	100,0	100,0	72,0	75,0	100,0	100,0	96,0	3,0	3,0
38	2	26,7	1	2	44	100	5	100,0	100,0	94,0	82,0	75,0	100,0	100,0	84,0	4,0	3,0

Tabelle 1: Vergleich Klinik mit SF-36 und Offset

	Geschlecht	Seite	Alter	f/u	alpha-ap	group	JSW	OA	HHS	FLEX	IRO	ROM	dG C	dG L	dG average
1	M	R	27,6	12,3	68	3	4	1	100	90	10	190	433,9	399,8	416,8
2	M	R	28,6	12,1	90	3	3	2	99	110	20	200	406,5	391,0	398,7
3	M	R	18,2	3,6	60	2	4	1	96	20	50	130	601,6	626,3	613,9
4	M	R	24,9	11,9	76	3	4	0	100	105	15	200	601,8	586,1	593,9
5	F	R	19,2	7,8	45	1	4	2	70	95	30	205	545,6	499,4	522,5
6	F	L	20,3	10	50	2	3	1	62	120	30	245	516,5	468,5	492,5
7	M	R	26,0	8,6	75	3	3	1	96	100	40	220	460,0	457,5	458,7
8	F	L	19,7	7,1	60	2	2	2	96	110	20	210	423,4	441,4	432,4
9	M	L	24,6	11,8	45	1	4	0	88	110	20	205	498,3	496,7	497,5
10	M	L	30,5	19,5	45	1	3	0	100	115	30	235	638,4	605,8	622,1
11	F	R	24,5	13,8	80	3	3	0	95	90	30	205	518,6	461,8	490,2
12	F	L	25,7	15,6	60	2	3	1	97	110	30	220	613,2	575,0	594,1
13	M	R	22,1	8,6	40	1	2	1	100	100	40	215	507,0	478,3	492,7
14	M	R	29,1	16,6	80	3	3	1	96	115	10	230	429,2	429,2	429,2
15	M	L	29,1	16,6	45	1	3	1	96	110	20	220	525,2	496,2	510,7
16	F	R	20,3	8,4	45	1	3	1	100	100	30	220	585,6	576,8	581,2
17	M	R	29,9	16,4	80	3	4	2	92	105	10	190	448,9	465,4	457,2
18	M	L	29,9	16,4	100	3	3	2	92	100	10	195	555,6	486,6	521,1
19	M	R	21,5	12,1	90	3	4	1	99	95	20	185	492,3	497,0	494,7
20	F	R	21,7	12,2	80	3	3	1	96	100	50	235	418,1	391,6	404,8
21	F	R	21,9	10,6	50	2	3	1	95	100	30	220	478,6	404,5	441,5
22	F	R	19,2	8,7	80	3	4	1	100	115	30	235	520,5	527,6	524,1
23	F	L	19,2	8,7	40	1	3	0	100	115	40	255	552,8	559,6	556,2
24	F	R	20,2	8,6	35	1	4	1	83	110	30	220	491,3	453,2	472,3
25	M	L	25,8	12,5	88	3	3	2	69	115	25	230	392,7	358,4	375,6
26	M	L	21,5	6,8	80	3	3	1	99	100	15	185	543,0	546,9	545,0
27	M	R	29,3	17,3	48	1	4	1	96	100	30	220	532,9	524,4	528,6
28	F	L	20,8	6,5	70	3	4	1	100	105	30	225	571,1	535,8	553,4
29	M	L	18,1	4,8	70	3	3	1	96	110	20	220	547,2	510,8	529,0

Tabelle 2: Vergleich dGEMRIC mit Klinik und Röntgen

fd. N	Seite	Alter	Geschl	FFSET-Grupp	HHS A 44	HHS	Tegner-Lysholm	KöFu Rohwert	KöRo Rohwert	Schm Rohwert	Ages	Vita	SoFu Rohwert	EmRo Rohwert	Psyc Rohwert	AktGesZust Rohwert	Verä GesZust Rohwert
	1=re		1=männl														
1	2	27,6	1	3	44	100	4	95,0	50,0	81,5	77,0	55,0	100,0	100,0	88,0	3,0	3,0
2	2	28,6	1	3	44	99	4	85,0	100,0	81,5	52,0	60,0	100,0	100,0	8,0	3,0	1,0
3	2	20,8	1	3	44	96	5	100,0	100,0	100,0	92,0	80,0	100,0	100,0	72,0	4,0	1,0
4	2	18,2	1	2	40	96	4	85,0	100,0	100,0	67,0	80,0	87,5	100,0	76,0	3,0	3,0
5	2	24,9	1	3	44	100	3	95,0	100,0	100,0	77,0	75,0	100,0	100,0	80,0	3,0	3,0
6	2	19,2	2	1	20	70	4	65,0	75,0	37,0	47,0	50,0	62,5	0,0	72,0	3,0	3,0
7	2	20,3	2	2	20	62	3	50,0	0,0	24,5	30,0	30,0	87,5	100,0	56,0	2,0	5,0
8	1	22,5	2	3	40	92	4	80,0	100,0	94,0	77,0	50,0	100,0	100,0	80,0	3,0	2,0
9	2	26,0	1	3	40	96	5	95,0	100,0	94,0	57,0	50,0	100,0	100,0	76,0	4,0	3,0
10	1	19,7	2	2	40	96	4	85,0	25,0	46,0	37,0	65,0	87,5	100,0	72,0	3,0	3,0
11	2	22,3	1	3	40	88	3	90,0	100,0	69,5	52,5	50,0	100,0	66,7	84,0	3,0	4,0
12	2	24,6	1	3	40	88	4	70,0	25,0	71,0	52,0	50,0	75,0	66,7	68,0	3,0	4,0
13	1	30,5	1	1	44	100	5	90,0	50,0	82,0	47,0	55,0	100,0	66,7	80,0	3,0	3,0
14	2	24,5	2	3	40	95	3	100,0	100,0	100,0	70,0	65,0	100,0	100,0	76,0	5,0	1,0
15	2	21,8	2	1	30	81	2	75,0	0,0	69,5	72,0	55,0	100,0	66,7	84,0	3,0	2,0
16	2	25,6	1	3	30	78	2	75	50	58,5	47	45	87,5	100	76	4	3
17	1	25,7	2	2	44	97	3	90,0	100,0	94,0	100,0	95,0	100,0	100,0	92,0	5,0	3,0
18	2	21,9	1	3	30	83	3	90,0	100,0	94,0	87,0	70,0	100,0	100,0	84,0	4,0	1,0
19	2	22,1	1	1	44	100	4	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	100,0	100,0	92,0	5,0	1,0
20	2	19,7	1	2	44	100	5	95,0	25,0	82,0	72,0	65,0	100,0	100,0	80,0	4,0	3,0
21	2	29,1	1	3	40	96	4	95,0	100,0	81,5	77,0	60,0	100,0	100,0	76,0	4,0	3,0
22	2	20,3	2	1	44	100	4	100,0	100,0	81,5	92,0	90,0	100,0	100,0	100,0	4,0	1,0
23	2	29,9	1	3	40	92	3	90,0	100,0	94,0	72,0	60,0	100,0	100,0	84,0	3,0	3,0
24	2	21,5	1	3	44	99	3	90,0	100,0	100,0	31,0	45,0	87,5	100,0	72,0	4,0	3,0
25	2	21,7	2	3	40	96	3	95,0	100,0	71,0	92,0	60,0	100,0	100,0	96,0	3,0	3,0
26	1	21,9	2	2	40	95	3	75,0	50,0	46,0	37,0	55,0	75,0	100,0	68,0	3,0	3,0
27	2	19,2	2	3	44	100	3	100,0	100,0	100,0	87,0	65,0	100,0	100,0	68,0	3,0	2,0
28	2	28,3	1	2	30	78	3	80,0	25,0	46,0	37,0	50,0	75,0	100,0	76,0	3,0	4,0
29	2	20,2	2	1	30	83	3	85,0	100,0	82,0	40,0	45,0	100,0	100,0	92,0	2,0	2,0
30	1	25,8	1	3	30	69	4	50,0	100,0	69,5	52,0	55,0	100,0	66,7	72,0	3,0	4,0
31	1	21,5	1	3	44	99	3	100,0	100,0	100,0	97,0	85,0	100,0	100,0	92,0	4,0	3,0
32	2	29,3	1	1	40	96	4	95,0	100,0	94,0	60,0	60,0	100,0	100,0	64,0	2,0	2,0
33	1	20,8	2	3	44	100	4	100,0	100,0	100,0	72,0	55,0	100,0	100,0	64,0	4,0	3,0
34	1	18,1	1	3	40	96	3	70,0	100,0	100,0	72,0	50,0	100,0	100,0	80,0	3,0	4,0
35	2	28,1	1	2	44	100	4	85,0	100,0	100,0	57,0	80,0	100,0	100,0	84,0	3,0	3,0
36	2	19,0	1	1	30	78	3	80,0	25,0	58,5	30,0	65,0	87,5	100,0	76,0	2,0	3,0
37	1	22,6	1	3	44	100	4	95,0	100,0	100,0	72,0	75,0	100,0	100,0	96,0	3,0	3,0
38	2	26,7	1	2	44	100	5	100,0	100,0	94,0	82,0	75,0	100,0	100,0	84,0	4,0	3,0

Tabelle 2: Vergleich der Klinischen Daten HHS, TLS, Offset und SF-36

## **Danksagung**

Für die Möglichkeit, in der Klinik für Orthopädie promovieren zu dürfen, danke ich Herrn Prof. Dr. med. Krauspe herzlich.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Christoph Zilkens danke ich für die Überlassung des Themas und seine fortwährende Unterstützung während der Studie und ihrer Auswertung, sowie seiner Geduld und Hilfe bei der Ausarbeitung der Dissertation. Herrn Priv. Doz. Dr. med. Bernd Bittersohl danke ich für die Unterstützung bei der Auswertung des dGEMRIC Verfahrens und der statistischen Auswertung der erhobenen Daten. Auch auf seinen Rat und seine Hilfe konnte ich im weiteren Verlauf meiner Arbeit stets zählen.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meiner Familie für ihr Feedback, ihre Anregungen, die Denkanstöße und ihre Hilfestellung bei der elektronischen Datenverarbeitung, sowie für den steten Nachdruck diese Arbeit zu Papier zu bringen.