

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik mit  
Poliklinik Tübingen

**Radiologische Zeichen  
des femoroacetabulären Impingements  
und der Hüft dysplasie als Ursache einer Coxarthrose  
-Korrelation mit Alter, Geschlecht und Körperseite-**

**Inaugural- Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Buck, Elisabeth**

**2017**

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. I. Ipach

2. Berichterstatter: Professor M. S. Horger

Tag der Disputation: 20.12.2016

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	5
1. Einleitung.....	6
1.1 Die Coxarthrose .....	6
1.1.1 Definition der Coxarthrose .....	6
1.1.2 Epidemiologie der Coxarthrose.....	6
1.1.3 Primäre Coxarthrose.....	8
1.1.4 Sekundäre Coxarthrose .....	9
1.1.4.1 Die Hüftdysplasie.....	9
1.1.4.2 Das femoroacetabuläre Impingement .....	14
1.1.4.3 Morbus Perthes .....	21
1.1.4.4 Epiphysiolysis capitis femoris .....	21
1.1.4.5 Posttraumatische Coxarthrose .....	22
1.1.4.6 Postinfektiöse Coxarthrosen.....	23
1.1.4.7 Sonstige Ursachen .....	23
1.1.5 Diagnose der Coxarthrose .....	23
1.1.5.1 Anamnese.....	23
1.1.5.2 Klinische Untersuchung.....	24
1.1.5.3 Bildgebung.....	24
1.1.6 Therapie der Coxarthrose .....	26
1.1.6.1 Konservative Therapie.....	26
1.1.6.1.1 Allgemeine Maßnahmen .....	26
1.1.6.1.2 Physikalische Therapie .....	26
1.1.6.1.3 Medikamentöse Therapien der Coxarthrose.....	27
1.1.6.2 Operative Therapie .....	27
1.1.6.2.1 Gelenkerhaltende Eingriffe.....	27
1.1.6.2.2 Endoprothetische Operationsverfahren .....	29
2. Material und Methoden.....	31
2.1 Patientenkollektiv .....	31
2.2 Bildgebung .....	31
2.2.1 Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang.....	31
2.2.2 Ausschluss von Beckenübersichtsaufnahmen.....	32

2.3 Messinstrumente .....	34
2.4 Die Messparameter .....	37
2.4.1 CE- Winkel.....	37
2.4.2 Acetabulumwinkel .....	38
2.4.3 Tiefe- zu- Weite- Verhältnis .....	39
2.4.4 Femurkopfextrusionsindex.....	40
2.4.5 Dachschiefewinkel .....	41
2.4.6 Cross- over sign.....	42
2.4.7 Coxa profunda und Protrusio acetabuli.....	43
2.4.8 Head- ratio .....	44
2.4.9 CCD- Winkel .....	44
2.5 Klassifikation des Schweregrades der Coxarthrose .....	46
2.6 Statistik.....	49
3. Ergebnisse .....	50
3.1. Demographische Daten.....	50
3.1.1 Anzahl der Patienten und Beobachtungen.....	50
3.1.2 Alter und Geschlecht der Patienten .....	50
3.1.3 Verteilung der Fälle auf die Körperseiten.....	52
3.1.4 Beschreibung der Fälle des Acetabulumwinkel die nicht vermessen werden konnten .....	54
3.2 Deskriptive Statistik .....	56
3.2.1 Deskriptive Auswertung der quantitativen Messergebnisse.....	56
3.2.1.1 CE- Winkel.....	58
3.2.1.2 Acetabulumwinkel.....	60
3.2.1.3 Tiefe- zu Weite Verhältnis .....	61
3.2.1.4 Femurkopfextrusionsindex .....	63
3.2.1.5 Dachschiefewinkel.....	65
3.2.1.6 CCD- Winkel.....	66
3.2.1.7 Head- ratio .....	68
3.2.2 Deskriptive Auswertung der qualitativen Messwerte.....	69



3.2.2.1 Arthrose des Hüftgelenkes .....	69
3.2.2.2 Protrusio acetabuli .....	70
3.2.2.3 Coxa profunda .....	71
3.2.2.4 Cross- over- sign .....	73
3.3 Korrelation der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie mit dem Alter ..	74
3.4 Körperseitenspezifische Unterschiede .....	76
3.4.1. Körperseitenspezifische Unterschiede der quantitativen Messwerte ..	76
3.4.2 Körperseitenspezifische Unterschiede der qualitativen Messwerte .....	78
3.4.2.1 Coxa profunda .....	78
3.4.2.2 Protrusio acetabuli .....	79
3.4.2.3 Cross- over- sign .....	79
3.5 Untersuchungen zur Coxarthrose.....	80
3.5.1 Prävalenz der Coxarthrose, Grad der Ausprägung und körperseitenspezifische Unterschiede .....	80
3.5.2 Zusammenhang zwischen Coxarthrose und dem Lebensalter .....	81
3.6 Geschlechtsspezifische Unterschied der Messwerte .....	84
3.6.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede der quantitativen Messwerte....	84
3.6.1.1 CE- Winkel.....	85
3.6.1.2 Acetabulumwinkel.....	85
3.6.1.3 Tiefe- zu- Weite Verhältnis .....	86
3.6.1.4 Femurkopfextrusionsindex .....	87
3.6.1.5 Dachschiefewinkel.....	88
3.6.1.6 CCD- Winkel .....	89
3.6.1.7 Head- ratio .....	90
3.6.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede der qualitativen Messwerte .....	91
3.6.2.1 Coxa profunda .....	91
3.6.2.2 Protrusio acetabuli .....	92
3.6.2.3 Cross- over- sign .....	93
3.7 Veränderungen der Verläufe der quantitativen Messwerte bei Mann und Frau getrennt.....	94
3.8 Qualitative Messwerte und Verhalten der Häufigkeit mit steigendem Alter	98

3.9 Korrelation des Schweregrades der Coxarthrose mit den Messvariablen ..	98
4. Diskussion .....	100
4.1 Diskussion der demografischen Daten .....	103
4.2 Diskussion der quantitativen und qualitativen Messwerte .....	103
4.3 Diskussion der Korrelation der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie mit dem Alter .....	117
4.4 Diskussion geschlechtsspezifischer Unterschiede .....	118
4.5 Diskussion der Arthrosehäufigkeit .....	119
4.6 Diskussion körperseitenspezifischer Unterschiede .....	122
4.7 Diskussion der Korrelation der Messwerte mit dem Grad der Arthrose ....	124
5. Zusammenfassung .....	127
6. Literaturverzeichnis .....	129
7. Erklärung zum Eigenanteil .....	137
8. Anhang .....	138
8.1 Abbildungsverzeichnis .....	138
8.2 Tabellenverzeichnis .....	143
8.3 Danksagung .....	145

## Abkürzungsverzeichnis

<b>a.p.</b>	<b>anterior posterior</b>
<b>CE- Winkel</b>	<b>Center- edge- Winkel</b>
<b>FAI</b>	<b>Femoroacetabuläres Impingement</b>
<b>FEI</b>	<b>Femurkopfextrusionsindex</b>
<b>MMP</b>	<b>Matrix Metalloproteasen</b>
<b>NSAR</b>	<b>Nichtsteroidale Antirheumatika</b>
<b>SADOAs</b>	<b>Slow acting drugs for osteoarthritis</b>
<b>TEP</b>	<b>Totalendoprothese</b>

# 1. Einleitung

## 1.1 Die Coxarthrose

### 1.1.1 Definition der Coxarthrose

Bei der Coxarthrose handelt es sich um eine degenerative Veränderung des Hüftgelenks. Es kommt primär zum Verschleiß der Knorpeloberflächen von Hüftpfanne (Acetabulum) und Hüftkopf (Caput femoris) mit sekundären Veränderungen an Muskeln, Sehnen und Bändern. Dabei beschreibt der Begriff nicht das Leiden des Patienten, sondern die morphologischen Veränderungen die am Gelenk stattfinden. Der laterale und obere Bereich des Gelenks ist aufgrund der hohen mechanischen Belastung meist zuerst betroffen. Mit der Zeit kommt es zur Ausbreitung auf das gesamte Gelenk [1].

### 1.1.2 Epidemiologie der Coxarthrose

4,1- 5,2%, der Männer und 5,4- 6% der Frauen [2] haben eine klinisch- symptomatische Coxarthrose. Die Coxarthrose ist die häufigste Arthroseform des Menschen, gefolgt von der Gonarthrose [1]. 1998 gab es in Deutschland 20 Millionen Menschen mit mindestens einer arthrotischen Gelenkveränderung. Arthrosen machen bei Menschen nach dem 60. Lebensjahr über 50% der chronischen Erkrankungen aus. Sie sind an den unteren Extremitäten häufiger, da die Gelenke hier mechanisch besonders belastet werden [1].

Durch die steigende Lebenserwartung erhöht sich die Prävalenz für die Coxarthrose. Zur genauen Prävalenz gibt es in der Literatur unterschiedliche Zahlen [2]. Die Angaben sind vom Studiendesign, Alter und der Größe der untersuchten Population abhängig. Das Vorliegen einer radiologisch definierten Coxarthrose wird meist ab Stadium 2 nach Kellgren und Lawrence (siehe Abbildung 1) definiert [3]. Bei den > 55 Jährigen zeigen 17 % der Männer und 10 % der Frauen radiologische Zeichen einer Coxarthrose [4]. In der kaukasischen Allgemeinbevölkerung kommen Prävalenzraten von bis zu 36 % vor [5]. Im Alter von 65-74 Jahren leiden 2 % der Bevölkerung an einer mittelschweren bis

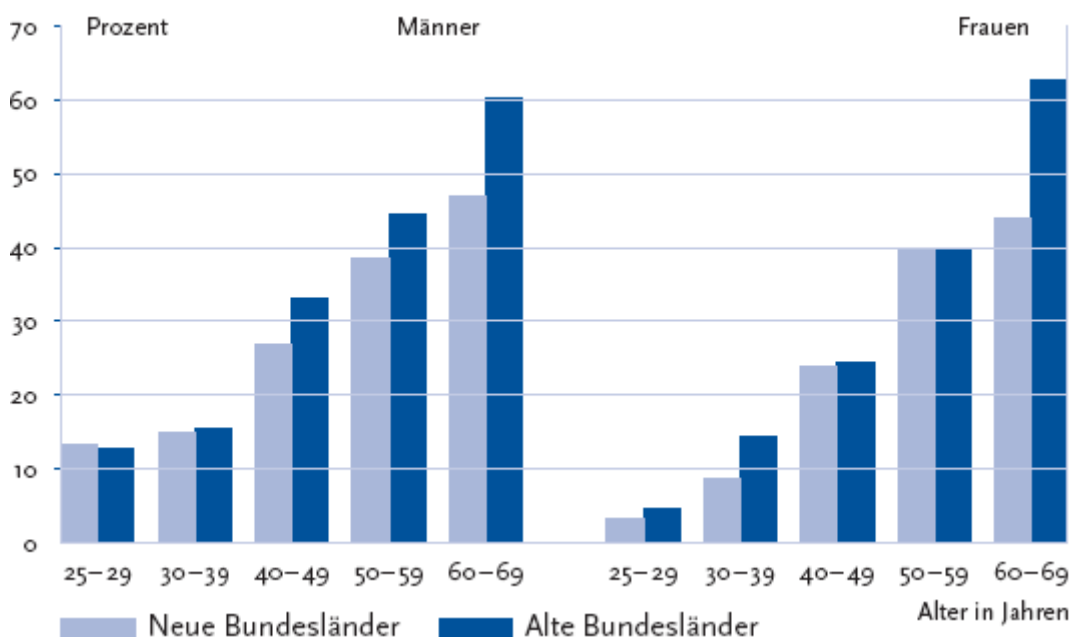
schweren symptomatischen Coxarthrose [6]. Bis zu zwei Drittel der Patienten mit radiologischen Zeichen einer Coxarthrose sind beschwerdefrei [2]. Der Altersgipfel bei Erstdiagnose liegt zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr [4].

Die aussagekräftigsten Erhebungen kommen aus den Ländern Schweden und USA. Dort geht man von einer Inzidenzrate von bis zu 195 klinisch manifesten Neuerkrankungen auf 100 000 Einwohner aus. Es zeigte sich auch hier eine altersabhängige Zunahme [5].

In Ländern mit überwiegend kaukasischer Bevölkerung, wie in Europa und Nordamerika findet sich ein häufigerer Befall als unter Schwarzafrikanern und Asiaten [2].

Die Arthrose insgesamt hat enorme sozioökonomische Auswirkungen. So waren 45% aller Rehabilitationsmaßnahmen und 30% aller Frühberentungen auf eine Arthrose zurückzuführen [7].

In Deutschland fanden im Jahr 2009 etwa 210 000 Erstimplantationen einer Hüftendoprothese statt [8]. Etwa 50 000 Hüftendoprothesen wurden aufgrund einer Coxarthrose implantiert [1]. Dieser Eingriff steht an sechster Stelle der operativen Eingriffe bei vollstationär aufgenommenen Patienten [8].



**Abbildung 1** zeigt die Lebenszeitprävalenz der Arthrose in Deutschland in 10 Jahres- schritten beim Lebensalter und nach den alten und neuen Bundesländern getrennt [9]

### 1.1.3 Primärere Coxarthrose

Nach dem Ende des Wachstums des Gelenkknorpels mit dem 16. Lebensjahr gibt es kaum Regenerationspotential. Der natürliche Abrieb sowie biologische Faktoren, Alter und Geschlecht führen zum Gelenkverschleiß der mit steigendem Alter symptomatisch wird. Nach der Menopause leiden Frauen häufiger an degenerativen Gelenkerkrankungen als Männer. Dies ist auf hormonelle Veränderungen in der Menopause, welche sich auf den Stoffwechsel der Chondrozyten auswirken zurückzuführen [2]. Diese Coxarthroseform wird als primäre Coxarthrose bezeichnet [1] [6].

Im Gelenkknorpel des erwachsenen Menschen sind Chondrozyten die einzige Zellart. Chondrozyten existieren unter relativ hypoxischen Bedingungen da der Knorpel keine eigene Blutversorgung besitzt, sondern nur über Diffusion mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt wird. Durch diese Eigenschaft haben sie nur eine begrenzte regenerative Kapazität. Auch wurde festgestellt, dass bei Arthrosepatienten die Abnahme der Zellzahl durch Apoptose erhöht ist [10] [11]. Der gesunde hyaline Gelenkknorpel verteilt bei physiologischer Druckverteilung den Gelenkdruck gleichmäßig und sorgt für eine Abschwächung der Belastung. Wird das Verhältnis von Belastbarkeit zu Belastung zu groß kommt es zu einer Abnahme der Chondrozyten und deren Syntheseleistung bezüglich extrazellulärer Matrix (Proteoglykane). Dadurch kommt es zu einer Verminderung der Wasserbindungsfähigkeit des Knorpels und zur Demaskierung der Kollagenfibrillen. Im Verlauf treten Risse und Fissuren auf. Es kommt bis zur Eröffnung des subchondralen Gelenkknorpels. Aus dem Markraum kann es zur Einsprossung von faserknorpelbildendem Granulationsgewebe kommen [12] [13] [14]. Es wird eine aus dem Gleichgewicht geratene Prozessdynamik zwischen knorpelauf- und abbauenden Mechanismen beobachtet. Wachstumsfaktoren und andere Mediatoren regeln im Normalfall den Metabolismus der extrazellulären Matrix [15]. Eine große Bedeutung wird hier dem Interleukin-1 $\beta$  zugeschrieben [16]. Es wird bei arthrotischen Vorgängen vermehrt freigesetzt und führt in den Chondrozyten zu einer reaktiv vermehrten Freisetzung von katabolen Enzymen wie Matrix-Metallo-Proteasen (MMPs), Prostaglandin E<sub>2</sub>, Cyclooxygenase-2,

Interleukin-6 und 8 und leukaemia- inhibitory- factor [17]. Diese wiederum führen durch eine veränderte Genexpression zum Knorpelgewebeuntergang durch Apoptose [17]. Interleukin- 6 führt über eine Aktivierung der Osteoklasten zu einer ossären Mitbeteiligung in der Pathogenese der Arthrose [18].

#### 1.1.4 Sekundäre Coxarthrose

Diese Arthroseform macht 77% aller Fälle aus [4]. Oft ist die Suche nach der Ursache schwer und es liegt eine multifaktorielle Genese zugrunde. Primäre Ursachen sind das hohe Lebensalter, genetische Komponenten, wie die positive Familienanamnese, die ethnische Herkunft und das weibliche Geschlecht [19]. Weitere begünstigende Faktoren sind Verletzungen an den Gelenken (z. B. Frakturen und Luxationen), entzündliche Prozesse wie infektiöse oder rheumatische Arthritiden, metabolische Erkrankungen (Gicht, Chondrokalzinose, Chondromatose, Hämochromatose), endokrine Störungen wie Hyperparathyreoidismus und Hyperthyreose und neurologische Erkrankungen [4]. Ebenso führen Osteonekrosen des Femur im Erwachsenenalter bzw. Morbus Perthes im Kindesalter zu einer Coxarthrose [20].

Als weitere präarthrotische Deformitäten gelten die Hüftdysplasie und das femoroacetabuläre Impingement [21].

Eine präarthrotische Deformität des Hüftgelenkes ist ein Residuum einer erworbenen oder angeborenen Verletzung oder Erkrankung. Sie führt durch Instabilität, Subluxation oder Inkongruenz der Gelenkflächen bereits bei Alltagsbelastungen zu pathologischen Druckwerten [22]. Nach Überschreitung der individuellen Toleranzschwelle kommt es zur sekundären Coxarthrose [22].

##### 1.1.4.1 Die Hüftdysplasie

Bei der angeborenen Hüftdysplasie kommt es aufgrund einer unzureichenden Überdachung des Hüftkopfes zur Verkleinerung der Kontaktflächen des Gelenks. Bei mechanischer Belastung wirkt ein erhöhter Druck auf die Knorpelflächen, was im weiteren Verlauf zu einer Arthrose führt [1] [13].

Die Hüftdysplasie ist eine präarthrotische Deformität [23].

Die angeborene Hüftdysplasie stellt die am häufigsten auftretende angeborene Deformität des Bewegungsapparates dar [24]. Im Vordergrund steht die fehlerhafte Ausbildung des Acetabulums, welches sich steiler und kürzer als normal entwickelt und damit nicht für eine regelrechte Überdachung des Hüftkopfes ausreicht [24]. Bei manchen Neugeborenen findet sich eine angeborene Luxation des Femurkopfes nach kranial [24]. Zusätzlich befindet sich der Schenkelhals in einer Valgus – und Antetorsionstellung [24]. 1% der Neugeborenen zeigen bei der körperlichen Untersuchung klinische Zeichen der Hüftdysplasie [24]. Bei 0,5% findet sich eine Hüftluxation, in 25% davon sogar auf beiden Seiten [24]. Das Geschlechterverhältnis von Mädchen zu Jungen beträgt 5:1 [24]. Es gibt starke Unterschiede in der Häufigkeit unter ethnischen und geografischen Gesichtspunkten [24]. Bei dunkelhäutigen Menschen kommt die Dysplasie selten vor [24]. Bei der Dysplasie lassen sich mehrere Formen unterscheiden:

Die sekundäre und häufigste Form [23] der Dysplasie entsteht durch exogene Störfaktoren die auf den Fetus einwirken. Beckenendlage, vorzeitiger Blasensprung, Hydramnion, Mehrlingsschwangerschaften und intrauterine Lageanomalien sorgen für eine intrauterine Enge [2]. Diese kann Probleme mit der Hüftentwicklung nach sich ziehen [2]. Die sekundäre Form zeigt ein gutes und schnelles Ansprechen auf die biomechanische Behandlung. Meist bleibt keine Residualdysplasie zurück [14].

Die primäre Dysplasie entsteht aufgrund von endogenen Faktoren. Bei dieser Form kommt es oft trotz intensiver Therapie zu einer primären Residualdysplasie. Bis zum dritten Monat kann meist eine normale Entwicklungsstufe erreicht werden welche aber aufgrund der verminderten Wachstumspotenz der Fuge wieder rückschrittig wird. Fast immer kommt es im Verlauf zu einer schleichenden Wachstumsverzögerung bis hin zu pathologischen Überdachungsverhältnissen [14].

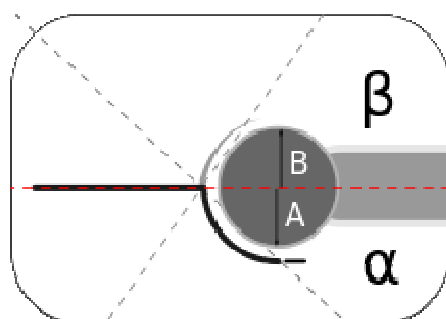
Bei den Sonderverlaufsformen sind primär nicht die Neugeborenenhüftgelenke betroffen. So kann es nach einem frühkindlichen Hirnschaden zu Muskelhypotonien- oder hypertoniem, bei Bindegewebserkrankungen zu lockeren Gelenken oder Instabilitäten, bei Morbus Down zu Muskelhypotonien und Überdehnbarkeit der Gelenke kommen. Diese Faktoren fördern die Entstehung einer Hüft-



dysplasie. Auch eine Fehlstatik, enchondrale Dysostosen oder einseitige Hüftversteifungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit für eine Dysplasie [14].

Die Diagnose erfolgt meist bis zum 10. Lebenstag im Rahmen der Neugeborenenuntersuchung, spätestens bei der U3 in der 6. Lebenswoche sollte darauf geachtet werden [25].

Standarddiagnostik ist die Hüftsonographie [15]. Es werden der Pfannendachwinkel  $\alpha$  und der Knorpeldachwinkel  $\beta$  ermittelt [25]. Die Einteilung der Hüftdysplasie in der Ultraschalldiagnostik erfolgt nach Graf [15]. Grad I entspricht einer physiologischen Hüfte, Grad IV entspricht einer Luxation [26].



**Abbildung 2** zeigt die sonographische Messtechnik zur Bestimmung des Pfannendachwinkels  $\alpha$  und des Knorpeldachwinkels  $\beta$ . Anhand dieser Werte kann unter Berücksichtigung des Alter des Kindes der Grad der Dysplasie eingeschätzt werden [27].

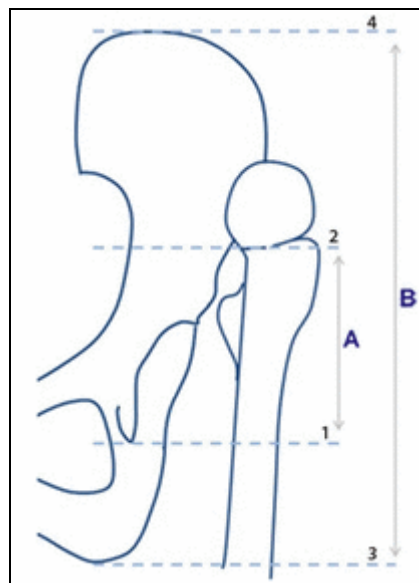
Je nach Ausprägung der Dysplasie entsteht eine kranial betonte Coxarthrose mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Überdachungsdefizit. Bei kompletter Luxation kann es zur Arthrose im Bereich der Sekundärpfanne kommen.

Nach Crowe erfolgt die Einteilung der Deformität des Hüftgelenks in 4 Stadien [28].

Der Grad der Dezentrierung, Subluxation oder Luxation des Hüftgelenks wird hierfür über die Abweichung des medialen Kopf-Hals-Überganges zu einer Horizontallinie durch die untere Begrenzung des tear-drops in der Beckenübersichtsaufnahme a.p. eingeteilt. Kraniale Abweichungen werden in prozentualer Beziehung zur Beckenhöhe gesetzt [28].

Der genaue Sub- bzw. Luxationsgrad lässt sich anhand anatomischer Bezugspunkte in der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang ermitteln. Wie in Abbildung 3 zu sehen entspricht die Linie 4 der horizontalen Ausdehnung des

am höchst gelegenen Punkt des Beckenkamms. Die Horizontale durch den untersten Punkt des Tuber ischiadicum entspricht Linie 3. Linie 2 ist eine Horizontale durch den Kopf- Hals- Übergang des dysplastischen Hüftgelenks. Desweiteren gibt es eine horizontale Linie zwischen den beiden Tränenfiguren nach Köhler des Beckens (Linie 1). Zwischen Linie 3 und 4 wird eine Vertikale gezogen (Strecke B). Zwischen den Linien 1 und 2 analog eine Senkrechte, die Strecke A. Zur Berechnung des Dysplasiegrades werden die Linien A und B ins Verhältnis gesetzt, es wird der Quotient  $A/B$  gebildet. Danach lassen sich die Klassifikationen einem Crowe Stadium zuordnen [29].



**Abbildung 3** zeigt die Messmethode zur Bestimmung des Luxationsgrades nach Crowe [29]

**Tabelle 1** zeigt die Einteilung der Hüftdysplasie des Erwachsenen nach Crowe unter Berücksichtigung der Veränderungen an Acetabulum, Femurkopf und dem Grad der Dislokation [28]

Stadium nach Crowe	Beschreibung	Dislokation	Quotient A/B
Crowe I	Geringe Veränderungen an Femur und Acetabulum	<50%	< 0,1
Crowe II	Das Acetabulum zeigt sich verändert	50- 75%	0,1- 0,15
Crowe III	Keine ausreichende Überdachung des Acetabulums, Bildung einer Ersatzpfanne auf Höhe des Femurkopfes, vollständige Dislokation des Gelenks	75- 100%	0,15- 0,2
Crowe IV	Es gibt keine regelrechte Hüftpfanne, es liegt eine hohe Hüftluxation vor	>100%	> 0,2

Ein wichtiger Baustein in der Diagnostik der Hüftdysplasie ist die konventionelle Röntgenbildgebung. Diese ist nach dem dritten Lebensmonat sinnvoll wenn die Hüftgelenksstrukturen beginnen zu verknöchern und eine sonographische Darstellung nicht mehr ausreichend möglich ist [27]. Eine weitere Indikation für eine radiologische Untersuchung stellt die behandlungsbedürftige Hüfte im Säuglingsalter dar. Sie sollte im Alter von 12 Monaten röntgenologisch kontrolliert werden [30]. Radiologische Zeichen der Hüftdysplasie sind Zeichen der zu geringen Überdachung des Femurkopfes durch das Acetabulum. Dies kann durch verschiedenen Winkel und Zeichen quantifiziert werden. Hierzu gehören der Center- edge- Winkel (CE- Winkel), Acetabulumwinkel, acetabuläre Indexwinkel, Femurkopffextrusionsindex und das Tiefe- zu- Weite- Verhältnis.

Das Tiefe- zu- Weite- Verhältnis wurde erstmals 1950 von Heyman und Hern- don zur Beschreibung dysplastischer Hüften nach einem Morbus Perthes beschrieben [31]. Es wird bestimmt indem der Wert einer Linie zum tiefsten Punkt des Acetabulums, die senkrecht auf einer Linie steht, die zwischen seitlichem Punkt und untersten Punkt des Acetabulums verläuft dividiert wird und dieser Wert dann mit 100 multipliziert wird. Werte > 40° gelten als dysplastisch [21] [31] [32].

Der Femurkopffextrusionsindex wird zur Beurteilung der Überdachungsverhältnisse des Femurkopfes genutzt.

Der FEI beschreibt den nicht vom Acetabulum überdachten Anteil des Hüftkopfes im Verhältnis zum gesamten Hüftkopf. Der FEI wurde erstmals von Heyman und Herndon zur Beschreibung der Hüftgelenke nach Morbus Perthes angewandt [31]. Zur Erhebung zeichnet man drei vertikale parallele Linien. Zwei jeweils am lateralen Rand des Femurkopfes und eine dritte am äußersten Punkt des Acetabulums. Dann wird der nichtüberdachte Anteil durch den Überdachten dividiert und mit 100 multipliziert.

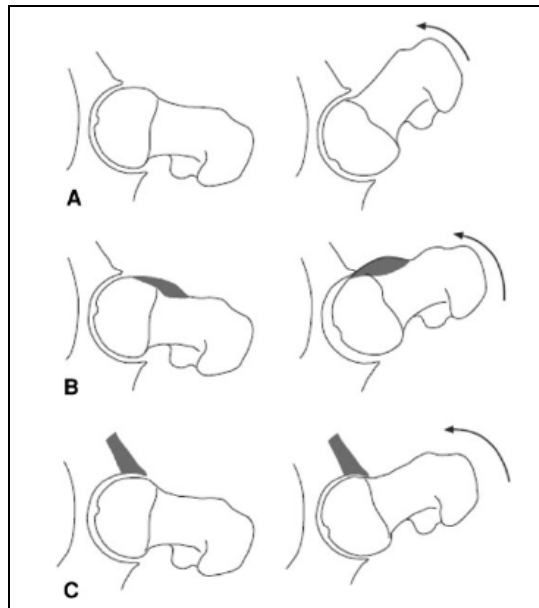
Eine kraniale acetabuläre Retroversion kann auch in Kombination mit einer Pfannendysplasie auftreten. Hierbei werden zur Unterscheidung verschiedener Ausrichtungen des Acetabulums der vordere und hintere Pfannenrand genauer betrachtet. Bei der regelrechten Hüfte projiziert sich durch die Anteversion des Acetabulums der vordere Pfannenrand medial des hinteren Pfannenrandes. Bei einer cranialen acetabulären Retroversion kommt es zu einer Überkreuzung der vorderen und hinteren Pfannenrandprojektion, dem „cross-over sign“. [21] [33]–[36].

#### 1.1.4.2 Das femoroacetabuläre Impingement

Nicht nur die mangelnde Überdachung des Hüftkopfes wie sie im Rahmen der Dysplasie auftritt stellt eine präarthrotische Deformität dar. Auch ein zu weit ausladender Pfannenerker mit der Folge der Entstehung eines femoroacetabulären Impingements (FAI) ist ein Risikofaktor für eine Coxarthrose [21]. Unter Impingement wird ein pathologischer mechanischer Kontakt zweier artikulierender Gelenkflächen verstanden [35]. Es kommt zu einem anatomischen Missverhältnis zwischen proximalem Femur am Übergang vom Femurkopf zum Schenkelhals und dem Acetabulum welche eine frühzeitige Abnutzung der Gelenkflächen bedingt [35]. Erstmals wurde das FAI 1991 als Komplikation nach Schenkelhalsfrakturen beschrieben. Es gibt zwei verschiedene Formen des FAI:

- Cam- Impingement
- Pincer- Impingement

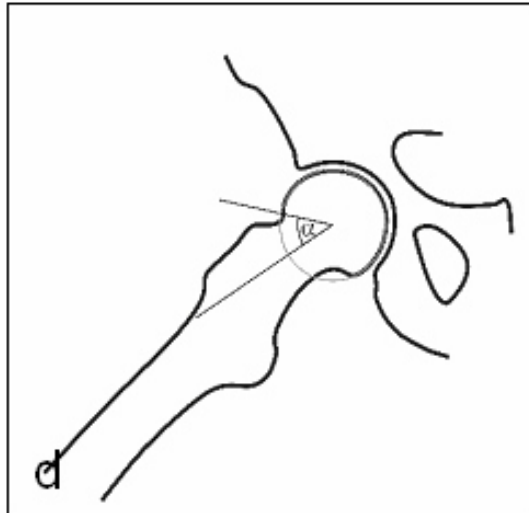
Die Einteilung erfolgt anhand klinischer und radiologischer Parameter. Beim Cam- Impingement (dt. Nockenwelle) liegt die Ursache im Übergang von Femurkopf und Schenkelhals. Der mehr oder weniger entrundete Hüftkopf zeigt eine verminderte oder aufgehobene Taillierung am Übergang zum Schenkelhals. Dadurch kommt es bei der Flexion und Innenrotation zu einem Eindringen dieser sogenannten Bumpdeformität direkt in das Gelenk. Hierbei entstehen pathologische Scherkräfte. Im Laufe der Zeit kommt es zu Labrum- und Knorpelschäden [37][38][39]. Die Veränderung tritt meist im anterosuperioren Bereich der Kopf- Hals- Übergangszone auf [40]. Ursache sind oft anatomische Veränderungen die sich nach Morbus- Legg- Calvé- Perthes- Fehlstellungen [35], Schenkelhalsfrakturen [41] und einer Epiphysiolysis capitis femoris [35] entwickeln. Das Cam- Impingement betrifft häufig Männer zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr [35]. Die Verminderung oder Aufhebung der Taillierung zwischen Hüftkopf und Schenkelhals bzw. die Aspherität des Hüftkopfes kann mittels  $\alpha$ - Winkel, anteriorem Offset und/oder Offsetratio quantifiziert werden [35]. Ein radiologisch anormaler Übergang zwischen Femurkopf und Schenkelhals wird aufgrund der Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang auch als pistol- grip- deformity bezeichnet [42]. 1975 führte Stuhlberg diese Bezeichnung aufgrund der typischen Formgebung in der Beckenübersichtsaufnahme ein [43]. Weitere Bezeichnungen sind Tilt- Deformität und Post- slip- Deformität [44] [45]. Die Deformität kann in der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang durch Ermittlung der head- ratio und in der axialen Aufnahme nach Lauenstein mithilfe des  $\alpha$ - Winkels diagnostiziert werden [42].



**Abbildung 4** zeigt die anatomischen Verhältnisse bei A: physiologischer Hüftanatomie, B: Cam- Impingement und C: Pincer- Impingement der linken Hüfte [46]

Abbildung 4 zeigt die physiologische Anatomie eines linken Hüftgelenkes bei welcher der Hüftkopf genügend Platz für die Rotation in der Hüftpfanne hat (A). Beim Cam- Impingement stößt während einer kraftvollen Bewegung der asphärische Teil des Hüftkopfes am Pfannenrand an und führt so zur Schädigung am Knorpel und Labrum (B). Beim Pincer- Impingement kommt es entweder durch eine Zunahme der femoralen Überdachung oder einer relativ zu tiefen Fossa acetabularis zu einer Verletzung des Pfannenrandes, gefolgt von einer Hypertrophie und degenerativen Veränderungen am Labrum (C).

Die Messung des  $\alpha$ - Winkels erfolgt zwischen einer Linie die vom Hüftkopffzentrum aus zum Punkt am Hüftkopf- Schenkelhals- Übergang an welcher die sphärische Kontur des Kopfes endet und der femoralen Schenkelhalslinie [35]. Er wird an Röntgenaufnahmen des Hüftgelenkes in der Lauenstein- Projektion gemessen. Diese Art Aufnahmen lag für die hier vorliegende Studie nicht vor.



**Abbildung 5** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des  $\alpha$  – Winkels in der axialen Röntgenaufnahme des Hüftgelenks [20]

Ein  $\alpha$ - Winkel  $>50^\circ$  ist ein Hinweis für eine Anomalität im Femurkopf- Schenkelhals- Übergang. Das anteriore Offset ist definiert als die Differenz zwischen anteriorem Femurkopfradius und dem anterioren Femurschaftradius am Hüftkopf- Schenkelhals- Übergang [35]. Mamisch et al. [35] fanden an asymptomatischen Hüften Werte von  $11,6 \pm 0,7$ mm. Bei Patienten mit Cam- Impingement fanden sie ein vermindertes Offset von  $7,2 \pm 0,7$ mm. Werte  $<10$  mm können ein Hinweis für eine pathologische Verminderung der Taillierung zwischen Kopf und Schenkelhals sein [35].

Ipach et al. erstellten eine Klassifikation für die pistol- grip- deformity bei der diese nach head- ratio und  $\alpha$ - Winkel eingeteilt wird [42].

**Tabelle 2** zeigt das Einteilungsschema der pistol- grip- deformity in die Gruppen 0- II unter Verwendung der haed- ratio und des  $\alpha$ - Winkels nach Ipach et al. [42]

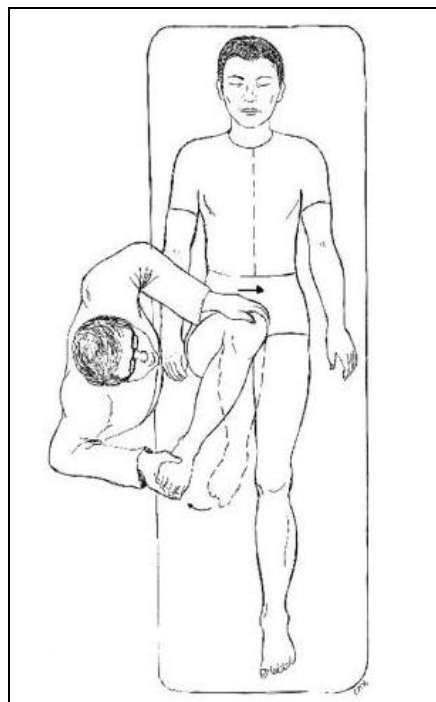
head- ratio	$<1,16$	$>1,16$
$\alpha$ - Winkel		
$<51^\circ$	0	I
51- 63°	I	I
$>63^\circ$	I	II

Zur Bestimmung der Offsetratio wird der Quotient aus anteriorem Offset und Femurkopfdurchmesser errechnet [35]. Mamisch et al. [35] fanden bei asymptomatischen Hüften eine mittlere Offsetratio von  $0,21 \pm 0,03$ mm, bei Patienten mit Cam- Impingement von  $0,13 \pm 0,05$ mm. Als Indiz für ein Impingement können sich sogenannte „Impingementzysten“ am Femurkopf- Schenkelhalsübergang bilden [35].

Das Pincer- Impingement (deutsch: Beißzange) hat seine Ursache im Acetabulum. Femurkopf und Femurkopf- Hals- Übergang stellen sich unauffällig dar. Es entsteht da eine generalisierte oder lokale Mehrüberdachung des Femurkopfes vorliegt [35]. Die generalisierte Mehrüberdachung liegt häufig zusammen mit einer erhöhten Tiefe der acetabulären Fossa vor. Diese tritt gehäuft bei der Coxa profunda und der Protrusio acetabuli auf. Eine lokale Mehrüberdachung hingegen wird häufig bei der acetabulären Retroversion, also bei einer vermehrten anterioren Überdachung [35] [47], sowie bei einer prominenten Acetabulumhinterwand, also einer posterioren Mehrüberdachung beobachtet [35]. Eine iatrogene Ursache für das Pincer- Impingement kann eine zu starke Korrektur bei Beckenumstellungsosteotomien sein [35]. Pathogenetisch kommt es bei der Hüftflexion zu einem frontalen Anschlagen des Femurhalses an das acetabuläre Labrum im anteriosuperioren Bereich. Im Verlauf führt dies zur Labrumdegeneration. Es kommt zur Verknöcherung und Zystenbildung im Labrum, bis hin zum Labrumabriss [48]. Mit der Zeit wird auch der angrenzende Knorpel von der mechanischen Einwirkung betroffen [49]. Durch den frontalen Anschlag des Femurs an den Acetabulumvorderrand entsteht eine Hebelwirkung die die Femurkopfrückseite an die Acetabulumhinterwand luxiert. Dadurch entstehen neben Schäden im vorderen Bereich auch degenerative Veränderungen im hinteren Bereich [35] [37] [48]. Dieser Effekt wird auch Contre- coup- Läsion genannt und betrifft etwa ein Drittel der Patienten. Das Pincer- Impingement findet sich vermehrt bei Frauen um das 40. Lebensjahr [35]. Die beiden Impingementformen kommen selten streng isoliert vor. 86% der FAI- Patienten zeigen röntgenologisch eine Kombination aus den zwei Formen [37]. Ein Status post Morbus Perthes kann zum Impingement führen [50].



Die Diagnostik des FAI erfolgt mittels klinischer Untersuchung und radiologischer Bildgebung anhand oben genannter Kriterien [51]. Klinisch können sich Leistenschmerzen, Einklemmungssymptome oder ein schmerzhaftes Klicken zeigen [51]. Bei der körperlichen Untersuchung zeigen sich beim Impingementtest in Rückenlage Schmerzen bei der Flexion, Adduktion und Innenrotation als ein Hinweis auf ein anteriores Impingement [51]. Der Untersuchungsablauf umfasst eine passive Beugung der Hüfte gefolgt von einer forcierten Adduktion und Innenrotation [46].



**Abbildung 6** zeigt die Untersuchungstechnik des Schmerzprovokationstestes bei anteriorem Impingement in Flexions- Innenrotations und Adduktionsstellung [46]

**Tabelle 3** zeigt die Messparameter und optischen Hinweise zur Beurteilung der Hüftkopfüberdachung und acetabulären Retroversion in der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang

Beckenübersichtsaufnahme a.p.	Parameter	Dysplasie	Normwert	FAI	Literaturangabe
	CE- Winkel (°)	<20 20-25 grenzwertig	25-39	>39	[21], [52], [53], [54]
	Acetabulumwinkel (°)	>43	<43		[20], [55]
	Tiefe- zu- Weite- Verhältnis (%)	<40	40-60	Nicht validiert	[21], [31], [32]
	Femurkopfextrusionsindex (%)	>25	10-26	<10	[21], [31], [56]
	Dachschiefewinkel (°)	>10	0-10	<0	[21], [57], [52]
	Head- ratio (mm)		>10	<10 (Cam- Impingement)	[21]
	Cross- over- sign	±	-	+ (Pincer- Impingement)	[21], [33], [34], [47]
	Coxa profunda			Projektion der Fossa acetabularis auf oder medial der Ilioischiallinie (Pincer- Impingement)	[35]
	Protrusio acetabuli			Projektion des Femurkopfes überschreitet die Ilioischiallinie (Pincer- Impingement)	[35]

#### 1.1.4.3 Morbus Perthes

Als weitere präarthrotische Deformität gelten Veränderungen des Hüftkopfes wie man sie nach einem Morbus Perthes findet [58]. Es kommt es aus unbekannter Ursache zu einer Hüftkopfnekrose die bei Kindern männlichen Geschlechts fünfmal häufiger auftritt als bei Mädchen. Die Erkrankung tritt meist zwischen dem 4. und 10. Lebensjahr auf und kann schwere Funktionsstörungen der Hüfte nach sich ziehen. Die Nekrose kann den Hüftkopf an verschiedenen Stellen und in unterschiedlichem Ausmaß befallen. Wichtige Punkte für die Prognose ist der befallene Anteil sowie ob der laterale Femurkopfanteil betroffen ist. Ist Letzteres der Fall, so wandert der Hüftkopf aus der Pfanne heraus statt sich in der Hüftpfanne zu drehen und flacht mit der Zeit walzenförmig ab. Der Hüftkopf verliert seine physiologische Beweglichkeit. Als weiterer ungünstiger prognostischer Faktor gilt die Beteiligung der Metaphyse. Es kann zur Bildung osteolytischer Herde kommen. Dadurch kann es zur Horizontalisierung der Epiphysenfuge sowie zu einer dreiecksförmigen Substanzminderung der lateralen Epiphysenfuge kommen (Gage- Zeichen) [59]. Von Patienten die bei Morbus Perthes keine operative Therapie erhielten zeigten nach durchschnittlich 20,4 Jahren 30% radiologische Zeichen einer leichten Coxarthrose, 44% zeigten mäßige bis schwere Zeichen einer Coxarthrose [50]. Eine Coxa magna zeigten 70% der Patienten mit der Folge eines inkongruenten Gelenks [50].

#### 1.1.4.4 Epiphysiolysis capitis femoris

Bei der Epiphysiolysis capitis femoris löst sich die proximale Epiphysenfuge des Femurs und es kommt zu einem Abrutschen der Epiphyse nach medial und dorsal [60]. Der Femurkopf bleibt beim Gleitvorgang im Acetabulum zentriert [60]. Die Häufigkeit beträgt 5 : 10 000. Jungen erkranken in einem Verhältnis von 6 : 4 mal häufiger als Mädchen [61]. Die Betroffenen sind im Mittel 12 Jahre alt und erkranken zwischen dem 8. und 16. Lebensjahr [61]. In 2/3 aller Fälle sind beide Körperseiten betroffen [61]. Die genaue Ursache der Erkrankung ist unbekannt. Vermutet wird eine endokrinologische Beteiligung da die betroffenen Kinder oft Übergewicht, eine Gynäkomastie und/ oder ein verkleinertes Ge-

nitale haben [61]. Es gibt zwei Verlaufsformen. Bei der Epiphysiolysis capitis femoris lenta rutscht die Epiphyse langsam über Wochen bis Monate ab. Bei der Epiphysiolysis capitis femoris acuta erfolgt ein Abrutschen innerhalb weniger Tage [61]. Bei 10% entsteht eine Nekrose des Knochens oder Knorpels mit der Folge einer Coxarthrose [61]. Lässt sich eine Nekrose von Knochen und Knorpel vermeiden und liegt der Grad der Abkippung unter 30° ist nicht mit einer Funktionseinschränkung oder Ausbildung einer sekundären Arthrose zu rechnen [61].

#### 1.1.4.5 Posttraumatische Coxarthrose

Zu einer Arthrose kann es nach Luxation des Hüftgelenks oder einer Fraktur des Hüftkopfes und Schenkelhals kommen [62]. Bei Hüftkopffrakturen hängt das Risiko für die Entwicklung einer späteren Arthrose vom Grad der Fraktur ab. Die Einteilung erfolgt nach Pipkin in vier Grade. Je höhergradiger die Fraktur desto größer ist das Risiko einer späteren Arthroseentwicklung. Bei Grad I und II bleibt die Durchblutung des Femurkopfes durch das Ligamentum capitis femoris erhalten [62]. Dies verhindert die Ausbildung einer avaskulären Nekrose des abgebrochenen Fragmentes. Entscheidend ist ob der Frakturverlauf außerhalb der Belastungszone des Hüftkopfes verläuft. Dies ist bei Typ I Frakturen der Fall. Bei Typ II Frakturen ist das spätere Arthroserisiko demgegenüber erhöht. Therapeutisch muss eine schnelle Reposition erfolgen um Folgeschäden zu vermeiden. Ein operatives Vorgehen erfordern meist bei Pipkin II-IV Frakturen [62].

Hüftgelenkluxationen können eine Arthrose nach sich ziehen wenn die hüftkopfversorgenden Gefäße zerstört werden und eine aseptische Hüftkopfnekrose entsteht. Bei Frakturen sind es verbleibende Inkongruenzen der Gelenkflächen die zum verfrühten Verschleiß führen [62].

#### 1.1.4.6 Postinfektiöse Coxarthrosen

Die postinfektiöse Arthrose tritt nur vereinzelt auf da bakterielle Hüftgelenksinfektionen ein seltenes Krankheitsbild sind [1]. Bei Kindern treten sie meist im Rahmen einer hüftgelenksnahen Osteomyelitis durch direkte oder hämatogene Fortleitung auf. Im Erwachsenenalter entstehen sie vorwiegend iatrogen nach Gelenkspunktionen oder operativen Eingriffen. Durch eine strenge und aggressive Therapie können Funktionsdefizite meist verhindert werden. Bei chronischem Verlauf besteht vor allem bei älteren Kindern und Erwachsenen das Risiko für die Ausbildung einer Coxarthrose [62].

#### 1.1.4.7 Sonstige Ursachen

Der Einfluss von Übergewicht auf das Coxarthrosrisiko ist unsicher und weniger ausgeprägt als bei der Gonarthrose [1].

Des Weiteren kann kein direkter Zusammenhang zwischen starker körperlicher oder sportlicher Belastung hergestellt werden [1]. Indirekt kann eine Coxarthrose durch Sportunfälle nach Knorpelschädigungen des Hüftgelenkes auftreten. Diese können zur Arthroseentwicklung führen. Bei Männern kann auch die berufliche Exposition eine Rolle spielen, so haben Landwirte aufgrund der starken körperlichen Belastung ein erhöhtes Coxarthrosrisiko [2].

#### 1.1.5 Diagnose der Coxarthrose

Die drei Säulen der Diagnostik der Coxarthrose sind die klinische Anamnese, klinische Untersuchung und die bildgebenden Verfahren.

##### 1.1.5.1 Anamnese

Anamnestisch können die typischen arthrosespezifischen Symptome erfragt werden. Zu ihnen gehören Fragen nach der Schmerzsymptomatik mit Anlauf-, Bewegungs- und Belastungsschmerz, Dauer- oder Nachtschmerz und ein erhöhter Analgetikabedarf. Zunehmende Funktionseinschränkung verbunden mit einem Steifigkeitsgefühl, einer Abnahme der Beweglichkeit und Einschränkung

gen im Alltag (Beruf und Freizeit) sind typisch. In der Anamnese sollte nach präarthrotischen Deformitäten, Traumata und Vorerkrankungen im Bereich des Hüftgelenks in der Vergangenheit und Arthrosen in der Familie gefragt werden [1].

#### 1.1.5.2 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung umfasst die Inspektion und Palpation des Hüftgebietes, die Untersuchung auf Beweglichkeit und Funktion des Hüftgelenkes.

Die Inspektion des Hüftgebietes dient dem Erkennen von Deformitäten, Achsabweichungen, Entzündungszeichen, Muskelatrophien, Narben, Kontrakturen und Beinlängendifferenzen [6]. Es wird auf ein Entlastungshinken mit verkürzter Standphase auf dem erkrankten Bein geachtet [1]. Ein Zeichen für eine Coxarthrose ist die Außenrotationsstellung des betroffenen Beins [1].

Die Palpation umfasst die Beurteilung von Gelenkkapsel, Bändern, des Bereichs kaudal des Leistenbandes, Trochanter major, der glutealen und paravertebralen Muskulatur mit Sehnenansätzen und oberflächlichen Schleimbeuteln [1]. Bei der Bewegungsprüfung lässt sich eine eingeschränkte Beweglichkeit finden [1]. Zu Beginn der Erkrankung ist oft die Innenrotation schmerzhaft und eingeschränkt [1]. Die Patienten entwickeln eine Außendrehkontraktur und erreichen nicht mehr die Neutralstellung [1]. Danach folgt eine reduzierte Abduktion die bei fortgeschrittener Coxarthrose zur Adduktionskontraktur führt [1]. Schließlich kommt es zur Beugekontraktur der Hüfte von 10- 20° [1]. Die Messung der Beinlänge zeigt im Beckengeradstand meist keine Seitendifferenz [1]. Das Trendelenburg- Zeichen ist in der Regel auch bei fortgeschrittener Coxarthrose negativ [1].

#### 1.1.5.3 Bildgebung

Zur Basisdiagnostik bei Verdacht auf Coxarthrose gehört die Beckenübersichtsaufnahme im a.p.- Strahlengang und die axiale Röntgenaufnahme nach Lauenstein. Bei der axialen Aufnahme kommt das proximale Femur seitlich zur Darstellung [1]. Alle radiologischen Zeichen einer Arthrose sind mehr oder min-

der erkennbar. Die Verschmälerung des Gelenkspaltes beginnt initial im Hauptbelastungsbereich lateral und kranial und weitet sich im fortgeschrittenen Stadium über den gesamten Gelenkspalt aus [1]. Die subchondrale Sklerosierung betrifft insbesondere die Hüftpfanne und entsteht vor allem kranial und lateral [1]. Osteophyten bilden sich besonders lateral-kranial und medial-kaudal am Acetabulum. Sie entstehen seltener am Femurkopf, können dort medial aber sehr groß werden [1]. Subchondrale Zysten werden insbesondere kranial zur Hüftpfanne gesehen und als Geröllzysten bezeichnet [1]. Das Röntgenbild kann Hinweise auf präarthrotische Veränderungen als Ursache der Coxarthrose geben [1]. Bei der Hüftdysplasie kann sich eine Verkürzung der Hüftpfanne mit unzureichender Überdachung des Hüftkopfes zeigen. Als Folge einer Epiphysenlösung kann es zur Coxa vara epiphysaria kommen.

Die Einteilung der Arthrose erfolgt anhand radiologischer Kriterien in die Stadien 0-4. Diese Klassifizierung geht auf Kellgren und Lawrence zurück [3].

**Tabelle 4** zeigt die Kriterien zur Einteilung der Stadien der Arthrose nach Kellgren und Lawrence [3]

<b>Grad der Arthrose</b>	<b>Befund in der Beckenübersichtsaufnahme a.p.</b>
<b>0</b>	<b>Keine Arthrose</b> Keine pathologischen Veränderungen
<b>1</b>	<b>Fragliche Arthrose</b> beginnende Osteophytenbildung keine Gelenkspaltverschmälerung
<b>2</b>	<b>Minimale Arthrose</b> Mäßige Gelenkspaltverschmälerung, definitive Osteophyten, mäßige subchondrale Sklerosierung
<b>3</b>	<b>Mäßige Arthrose</b> Verlust der halben Gelenkspalthöhe, ausgedehnte Osteophyten, ausgedehnte subchondrale Sklerosierung
<b>4</b>	<b>Schwere Arthrose</b> Weites gehender bis vollständiger Verlust des Gelenkspalts, zystische Veränderungen, Subluxationsstellung

Es sollte berücksichtigt werden, dass das Ausmaß der Schmerzen nicht mit der Ausprägung der radiologischen Veränderungen korrelieren muss. Ein Grund für diese Diskrepanz ist, dass biopsychosoziale Faktoren bei der Entstehung und Intensität der Schmerzsymptomatik eine Rolle spielen [63]. Weiterführende diagnostische Untersuchungen sind meist erst einmal nicht erforderlich.

#### 1.1.6 Therapie der Coxarthrose

##### 1.1.6.1 Konservative Therapie

###### 1.1.6.1.1 Allgemeine Maßnahmen

Wichtig ist es dynamische Beanspruchungen mit hohen Druckspitzen wie bei Sprüngen und Stößen zu vermeiden. Auch monotone statische Belastungen wie beim langen Gehen, Stehen und Sitzen, sowie schweres Heben und Tragen gelten als ungünstig. Am besten geeignet für die Steigerung von Kraft, Ausdauer, Koordination und Beweglichkeit sind Sportarten wie Radfahren, Schwimmen, Wandern, Gehen und Skilanglauf. Beim Schuhwerk haben sich gepufferte Absätze und eine Abrollfunktion bewährt. Bei starken Belastungsschmerzen und/ oder deutlichem Hinken können zwei Unterarmstützkrücken oder ein Handstock auf der kontralateralen Seite zur Entlastung führen.

###### 1.1.6.1.2 Physikalische Therapie

Der Arthroseschmerz gilt als multifaktoriell. Er wird je nach Erkrankungsgrad vom subchondralen Knochen, dem synovialen Milieu, dem teilweise angerissenen Labrum acetabulare, dem fibrösen Kapsel- und Bandapparat, den myofaszialen Strukturen, dem Gleitgewebe und den Bursen ausgelöst. Häufig werden im Verlauf auch die Nachbarstrukturen schmerzhaft [2]. Der Schmerz führt zu gravierenden Funktionseinschränkungen und auf reflektorischen Wegen zur Verstärkung der Pathogenese. Es kommt zum Circulus vitiosus mit arthrogener Muskelschwäche, tendomyotischen Reaktionen, Hinkemechanismen, Schonhaltungen mit zunehmender Inaktivität [2]. Mittels Manueller Therapie lassen sich die Teilursachen der Bewegungseinschränkung behandeln. Zur Anwen-



dung kommen Traktion, translatorisches Gleiten, passive anguläre Funktionsbewegungen, dosierte Kompression und diverse Weichteiltechniken [2].

Massagen und physikalische Anwendungen leisten einen wichtigen Beitrag in der physikalischen Schmerztherapie. Es werden sowohl das Gelenk als auch der periartikuläre Weichteilmantel positiv beeinflusst. Die Therapieeffekte führen zur Normalisierung des Muskeltonus und einer Verbesserung der lokalen Gewebstrophik.

#### 1.1.6.1.3 Medikamentöse Therapien der Coxarthrose

Zur Anwendung kommen Nichtopiodanalgetika, Opioidanalgetika, Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR), Slow acting drugs for osteoarthritis (SADOAs) und diverse andere [2].

Paracetamol ist das Mittel der Wahl für die langfristige Schmerztherapie und wird auch bei der akut schmerzhaft dekompenzierten Arthrose eingesetzt. NSAR und sein Vertreter das Diclofenac gehört mit 65% zu den häufigsten Verordnungen für die medikamentöse Schmerztherapie der Coxarthrose [2]. Es hat den Vorteil, dass seine antiinflammatorische Wirkung auch protektiv auf den Knorpel auswirkt. Es besteht jedoch ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung gastrointestinaler Ulcera. Gegebenenfalls kann dann auf COX- 2- selektive NSAR zurückgegriffen werden welche ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko bergen [2]. Als SADOAs gibt es Hyaluronsäurepräparate die intraartikulär angewendet werden. D- Glucosaminsulfat ist nur für die Behandlung einer Gonarthrose zugelassen [2].

Phytopharmaka mit Auszügen aus Teufelskralle und Brennnessel werden unterstützend eingesetzt. Die Wirkung von hochdosiertem Vitamin E kann nicht begründet werden [2].

#### 1.1.6.2 Operative Therapie

##### 1.1.6.2.1 Gelenkerhaltende Eingriffe

Die gelenkerhaltenden operativen Eingriffe haben die Korrektur von Fehlformen oder Fehlstellungen eines oder beider Gelenkpartner zum Ziel. Dadurch soll sich die mechanische Beanspruchung im Hüftgelenk verbessern, das Fort-

schreiten der Arthrose verzögert und eine Schmerzreduktion erreicht werden. Die Indikation wird nach biologischem Alter, Arthrosegrad und vom Ausmaß der Bewegungseinschränkung abhängig gemacht [2].

Die intertrochantäre Derotations- Varisierungs- Osteotomie galt lange als Standardeingriff bei der Coxarthrose bei Hüftdysplasiepatienten. Mittels des Eingriffs soll eine verbesserte Zentrierung und Kongruenz des Gelenks erreicht werden. Durch die tiefere Einstellung des Kopfes bei gleichzeitiger Derotation des Schenkelhalses können die Druckauswirkungen am lateralen und ventralen Pfannenrand gemindert und die Schmerzen reduziert werden. Die Indikation wird vor allem bei leichter und mittelschwerer Dysplasie gestellt [2].

Bei acetabulären Korrekturosteotomien werden Probleme der Gelenkinstabilität und der unzureichenden Hüftkopfüberdachung therapiert. Bei der Beckenosteotomie nach Chiari wird eine in medial- kranialer Richtung ansteigende Osteotomie durchgeführt. Dann wird das distale Beckenfragment mit dem Hüftgelenk nach medial verlagert und der proximale Darmbeinanteil nach lateral über den Hüftkopf gezogen. Die Indikation wird heute eng gestellt da die eigentliche Pfanne noch steiler wird und auch kein Knorpel in den Bereich der gewichttragenden Zone gebracht wird. Profitieren nach Tschauner vor allem jüngere Erwachsene mit drohender Subluxation [2]. Der Stellenwert der Dreifachbeckenosteotomie nach Tönnis ist durch positive längerfristige Analysen begründet. Nach 7,7 Jahren war der Arthrosegrad bei dreiviertel aller Patienten unverändert und in 9,1 % der Fälle gebessert. Nach einer ebenfalls möglichen Berner periacetabulären Osteotomie waren laut Siebenrock und Mitarbeitern nach 11,3 Jahren nur 14 Prozent der Hüftgelenke unverändert und bei 5,6 % kam es zu einer Verbesserung [2].

Zur Vermeidung der Entwicklung einer Coxarthrose bei einem vorliegenden Impingement gilt alleinig die operative Korrektur als kausale Therapie. Ziel ist die Optimierung der Bewegungsfreiheit im Hüftgelenk [64].

Ganz et al. [65] entwickelten eine Methode der chirurgischen Hüftluxation bei der eine nahezu vollständige Beurteilung des Hüftkopfes hinsichtlich Knorpelschäden und des Acetabulums hinsichtlich Knorpelschäden und Labrumanoma-

lien möglich sind [64]. Hierbei wird zuerst die acetabuläre Pathologie korrigiert, gefolgt von einer Bearbeitung des Hüftkopfes hinsichtlich mehr Sphärizität [65]. Beim Pincer- FAI besteht die Möglichkeit die global oder lokal vermehrte Überdachung des Hüftkopfes mittels Resektion des exzessiven Pfannenrandes zu therapieren. Bei diesem sogenannten „Pfannenrandtrimming“ muss darauf geachtet, dass nicht zu viel reseziert wird mit der Folge einer Überdachungsinsuffizienz [64].

Auch beim Cam- Impingement besteht die Möglichkeit einer operativen Intervention mittels Schenkelhalstrimming. Hierbei wird ein Débridement der Zona orbicularis, ein Kapsel Release und ein Débridement der Deformität am Schenkelhals durchgeführt. Unter Flexion (50°) erfolgt die dynamische Beurteilung für das weitere Trimming. Eine Unterminimierung ist zu vermeiden [66]. Der Eingriff kann sowohl offen als auch arthroskopisch durchgeführt werden [67]. Dienst et al. [67] führten bei 72 Patienten eine laparoskopische Trimmung im lateralen und posterolateralen Kompartiment durch. Sie konnten eine Besserung des WOMAC- Scores (Selbsteinschätzungsfragebogen für Patienten zur Evaluation der wichtigen und alltagsrelevanten Konsequenzen einer Arthrose [68]) bei den 48 nachuntersuchten Patienten von 65 +/- 21 Punkten auf 82 +/- 18 Punkte erreichen. Illizaliturri et. al [69] konnten durch ein lapraskopisches Trimming bei 16 von 19 Patienten eine Symptombesserung der durch das Impingement hervorgerufenen Beschwerden erreichen.

#### 1.1.6.2.2 Endoprothetische Operationsverfahren

Zur Therapie der endgradigen Coxarthrose erfolgt am häufigsten der endoprothetische Gelenksersatz.

Wenn sowohl der Hüftkopf als auch das Acetabulum ersetzt werden, spricht man von einer Totalendoprothese (TEP). Der Prothesenstiel kann im Knochen mit oder ohne Zement verankert werden. Wird ohne Zement verfahren erfolgt die Fixierung aufgrund der mikro- oder makroporösen Oberfläche in die der Knochen einsprießen kann. Die Fixierung mit Zement erfolgt aufgrund der Knochenqualität eher beim älteren Patienten > 60- 65 Jahre, die ohne Zement bei Jüngeren < 60- 65 Jahre. Meist werden Prothesenstiele aus Metall oder mit ei-

ner Stahllegierung verwendet. Die Hüftpfanne wird meistens zementfrei implantiert. Dabei wird eine sphärische Pfanne in die ausgefräste Hüftpfanne mittels Press-fit-Technik eingeschlagen. Die Alternative sind Schraubpfannen deren äußeres Gewinde in die Hüftpfanne eingeschraubt wird. In der Metallschale sitzt meist ein Inlay aus Hartplastik oder Keramik. Dieses Inlay artikuliert mit einem auf dem Konus des Pfannenstils befindlichen aufgesetzten Gelenkkopf. Dieser besteht aus Metall oder Keramik. 95% der Prothesen sind nach 10 Jahren noch voll funktionsfähig. 90% sind es noch nach 15 Jahren [1]. Bei jüngeren Patienten werden zur Knochenmasseschonung oft kleine Prothesen verwendet. Bei der Kappenprothese, welche auf den Kopf aufgesteckt wird, bleiben Kopf und Schenkelhals erhalten. Die Schenkelhalsprothese wird in den Schenkelhals verankert, dabei wird nur der Femurkopf entfernt [1].

Die Fragestellung dieser Arbeit ist, ob die radiologischen Messparameter CE-Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefwinkel, head-ratio und CCD- Winkel sowie die radiologischen Diagnosen Coxa profunda, Protrusio acetabuli und das cross-over-sign eine Korrelation mit dem Lebensalter, dem Geschlecht, der Körperseite und dem Grad der Coxarthrose aufweisen.

Hintergrund dieser Fragestellungen ist die zunehmende Bedeutung der Veränderungen der Hüftgeometrie wie eine acetabuläre Retroversion, eine vermehrte Überdachung des Femurkopfes und ein anomaler Übergang des Femurkopfes in den Schenkelhals, die sogenannte pistol-grip-deformity, neben der Hüftdysplasie als mitursächlich von Hüftgelenksbeschwerden und Coxarthrose in jungen Lebensjahren.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen dieser Studie wurden die Röntgenbilder (Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang) von Patienten ausgesucht die aufgrund von Hüftbeschwerden die Abteilung für Orthopädie des Universitätsklinikums Tübingen aufsuchten. Patienten jeden Alters und Geschlechts wurden eingeschlossen. Der Zeitraum der Erhebung erstreckte sich auf die Jahre 2006- 2011. Die Röntgenaufnahmen wurden aus dem Radiologischen Intranet des Universitätsklinikums Tübingen ausgedruckt und bis auf das Geschlecht, das Geburtsdatum und das Aufnahmedatum anonymisiert.

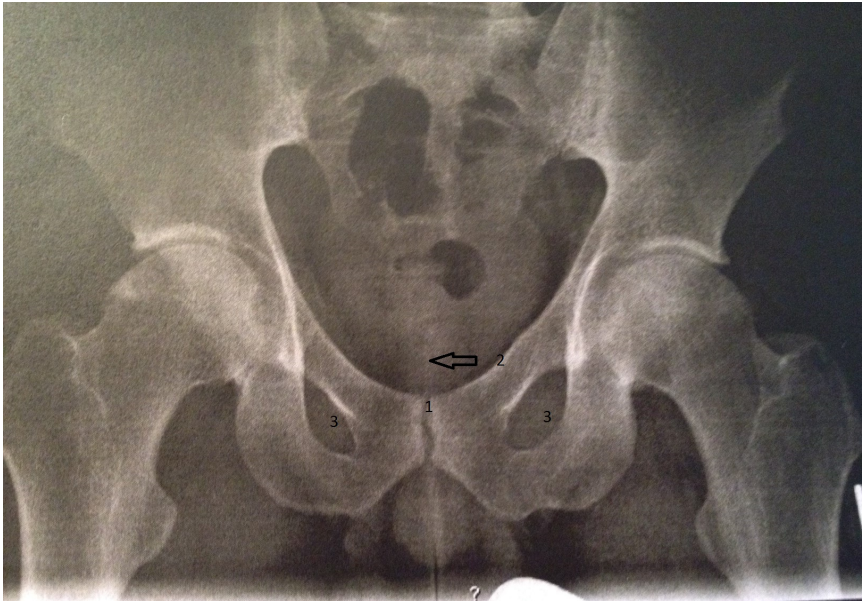
### 2.2 Bildgebung

#### 2.2.1 Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang

Die Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang und die axiale Aufnahme nach Lauenstein sind wichtige Projektionen zur Bewertung und therapeutischen Entscheidungsfindung bei Hüftgelenksbeschwerden. Eine besondere Betrachtung morphologischer Abweichungen betrifft vor allem die Hüftgelenksüberdachung bei der Dysplasie oder Zeichen eines femoroacetabulären Impingements.

Für die Aufnahme liegt der Patient in Rückenlage. Die Innenrotationsstellung der Hüftgelenke von  $15^\circ$  dient der Kompensation der femoralen Antetorsion. Die Ausrichtung des Zentralstrahls der Röntgenstrahlen erfolgt auf den Mittelpunkt einer gedachten Linie zwischen den beiden Spinae iliacae posteriores superiores sowie der Symphyse. Der Film- Fokus- Abstand beträgt dabei 1,2 m. Qualitätskriterien einer akzeptablen Aufnahmetechnik sind die symmetrische Abbildung der Foramina obturatoria und der Beckenkämme sowie eine rotationsfreie Darstellung der Schenkelhalse [21].

Es wurden nur Bilder guter Qualität eingeschlossen bei welchen sich die Spitze des Os coccygeum auf die Mittellinie der Symphyse projizierte. Der Abstand betrug bei Männern 47mm und bei Frauen 32mm.



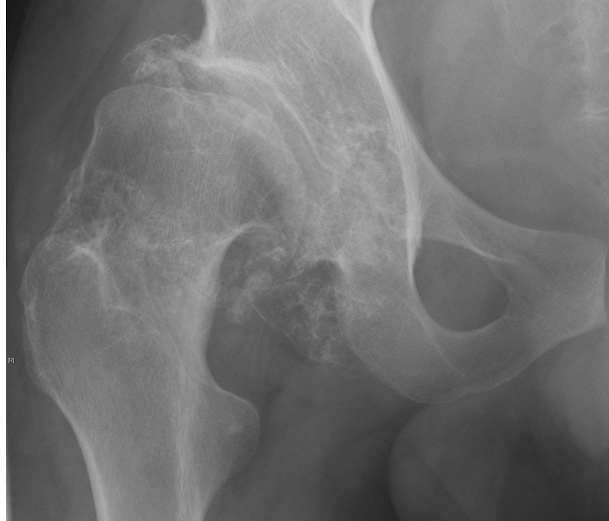
**Abbildung 7** zeigt eine Beckenübersichtsaufnahme im a.p.- Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie mit den Bezugspunkten Symphyse (1), Foramina obturatoria (3) und Spitze des Os coccygeum (2) [70]

### 2.2.2 Ausschluss von Beckenübersichtsaufnahmen

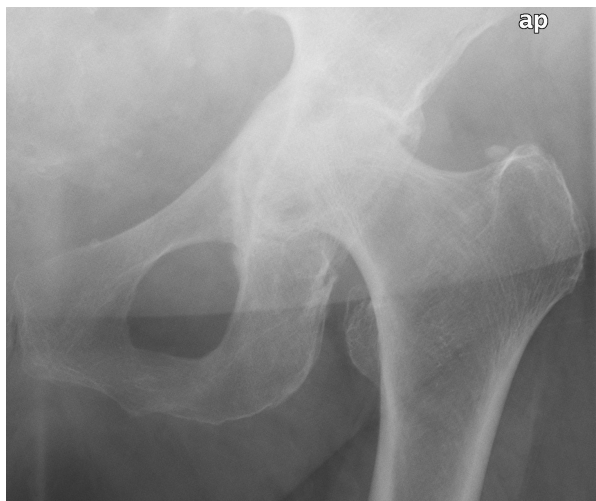
Beckenübersichtsaufnahmen von Patienten mit Frakturen im Hüftgelenkbereich, hochgradiger Dysplasie, rheumatischen Veränderungen im Hüftgelenk, nekrotischen Veränderungen des Femurkopfes, Osteosynthesematerialien im Hüftgelenkbereich, Endoprothesen und Fehlrotationen der Hüfte bei Aufnahme wurden aus der Studie ausgeschlossen. Unter obigen Voraussetzungen war eine Vermessung der Parameter nicht möglich.

Ebenso mussten Röntgenbilder mit fehlendem Geburts- und/oder Aufnahmejahr und von unzureichender radiologischer Qualität ausgeschlossen werden.

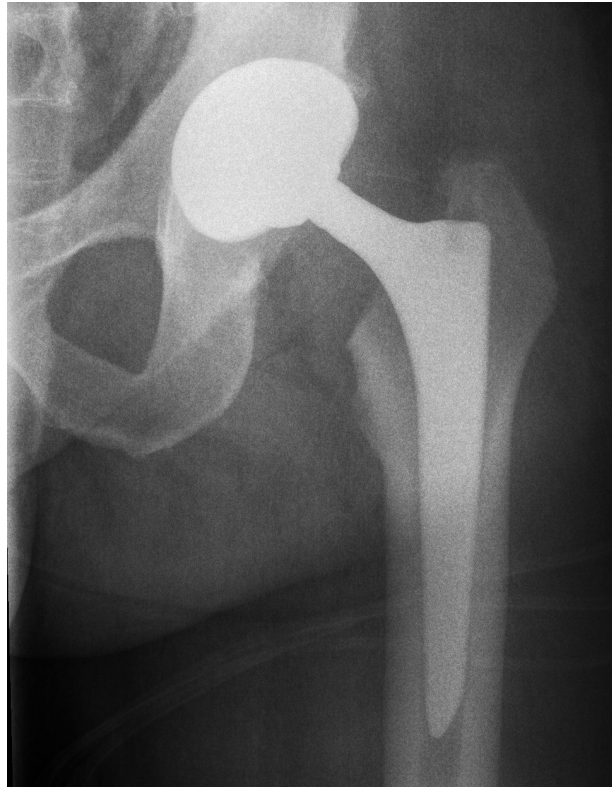
Die Abbildungen 8-10 zeigen eine Auswahl der oben genannten Ursachen für einen Ausschluss aus den Messungen.



**Abbildung 8** zeigt eine Coxarthrose die sich aufgrund einer Hüftdysplasie entwickelte aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind deutlich das steil gestellte Acetabulum und der abgeflachte Femurkopf zu sehen



**Abbildung 9** zeigt eine Hüftkopfnekrose auf der linken Seite aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie



**Abbildung 10** zeigt eine Totalendoprothese des linken Hüftgelenks aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

### 2.3 Messinstrumente

Auf den Ausdrucken der Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang wurden die hüftgeometrisch wichtigen Parameter manuell zeichnerisch bestimmt. Dies erfolgte mit einem Bleistift und einem Geodreieck.

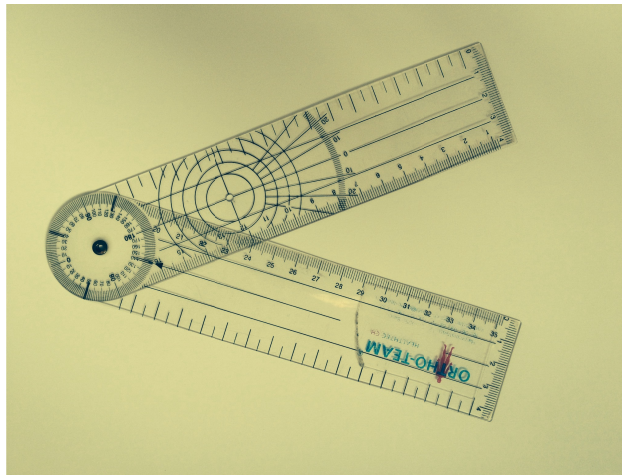
Die für die Ermittlung des CE- Winkels notwendige Bestimmung des Drehzentrums des Hüftkopfes erfolgte mit einem Goniometer. Nach Auflage der Kreise auf den Hüftkopf wurde mit dem Bleistift das Zentrum des zentralsten Kreises welcher am besten die Rundungen des artikulierenden Hüftkopfes wiedergibt, als Punkt markiert. Siehe auch in Abbildung 11.

Nach der Bestimmung der Werte wurden diese in die auf jede Aufnahme gedruckte Tabelle eingetragen. Die Tabelle enthielt freie Zellen für jeden Wert



nach der Körperseite getrennt. Tabelle 5 zeigt die Tabelle die für den Direkteintrag unter jedes Röntgenbild gedruckt wurde.

Die für die Bestimmung des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses und Femurkopfextrusionsindexes notwendige Berechnung erfolgte mit einem handelsüblichen Taschenrechner.



**Abbildung 11** zeigt das Goniometer mit konzentrischen Kreisen und einer Aussparung in der Mitte zur Bestimmung des Hüftkopfzentrums

**Tabelle 5** zeigt die Tabelle, die für die Dokumentation der gemessenen Werte auf jede der Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang gedruckt wurde

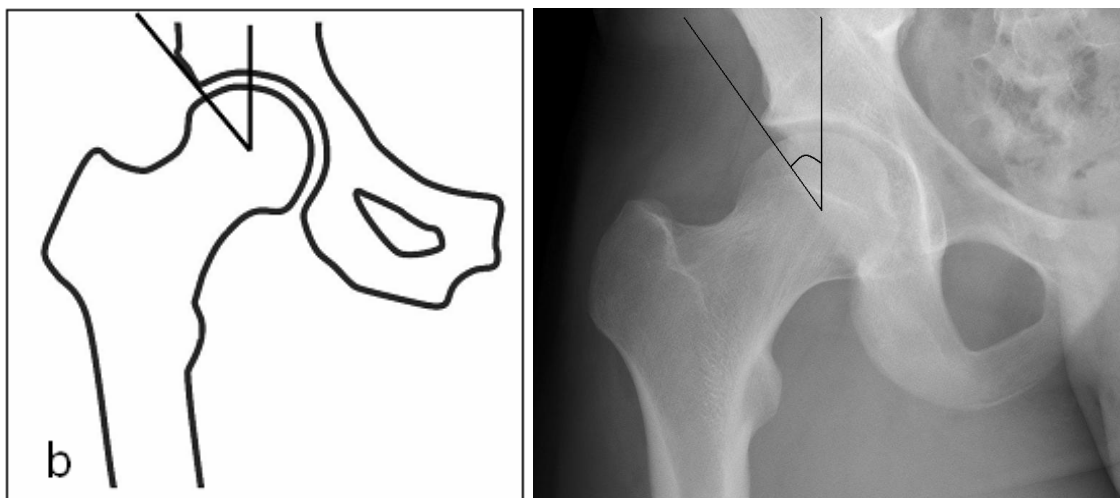
<b>Seite</b>	CE-Winkel	Acetabulumwinkel	Tiefe- zu-Weite Verhältnis	Femurkopfextrusionsindex (A/B)	Dachschiefewinkel	CCD-Winkel	Arthrose nach Kellgren & Lawrence	
<b>rechts</b>								
<b>Ja =1</b>			_____ *100	_____ *100				
<b>Nein=2</b>			=	=				
Protrusion acetabuli	Coxa profunda	Trauma	Dysplasie	Rheumatische Veränderungen	Nekrotische Veränderungen	Cross-over - sign	Head-ratio	Pistol-grip-deformity
<b>Seite</b>	CE-Winkel	Acetabulumwinkel	Tiefe- zu-Weite Verhältnis	Femurkopfextrusionsindex (A/B)	Dachschiefewinkel	CCD-Winkel	Arthrose nach Kellgren & Lawrence	
<b>links</b>								
<b>Ja =1</b>			_____ *100	_____ *100				
<b>Nein=2</b>			=	=				
Protrusion acetabuli	Coxa profunda	Trauma	Dysplasie	Rheumatische Veränderungen	Nekrotische Veränderungen	Cross-over - sign	Head-ratio	Pistol-grip-deformity

Die Daten wurden im Anschluss in eine Microsoft Excel Tabelle eingetragen.

## 2.4 Die Messparameter

### 2.4.1 CE- Winkel

Der Zentrum- Erker- Winkel welcher auch als CE- Angle bezeichnet wird [54] beschreibt den Winkel zwischen einer vertikalen Linie durch das Hüftkopfbereich und einer Linie zwischen Hüftkopfbereich und den am weitesten lateral liegenden Punkt des Acetabulums. Die Messmethode wurde von Wiberg 1939 entwickelt [71]. Werte  $< 20^\circ$  bezeichnete Wiberg als dysplastisch, Werte zwischen  $20^\circ$  und  $25^\circ$  als grenzwertig und Werte  $> 25^\circ$  beschrieb er als normal [52] [72]. Werte  $> 40^\circ$  sind Zeichen einer starken Überdachung des Femurkopfes als Hinweis auf ein FAI [21] [54] [52] [72]. In den Abbildungen 12 und 13 ist eine grafische Darstellung der oben beschriebenen Messtechnik zu sehen.

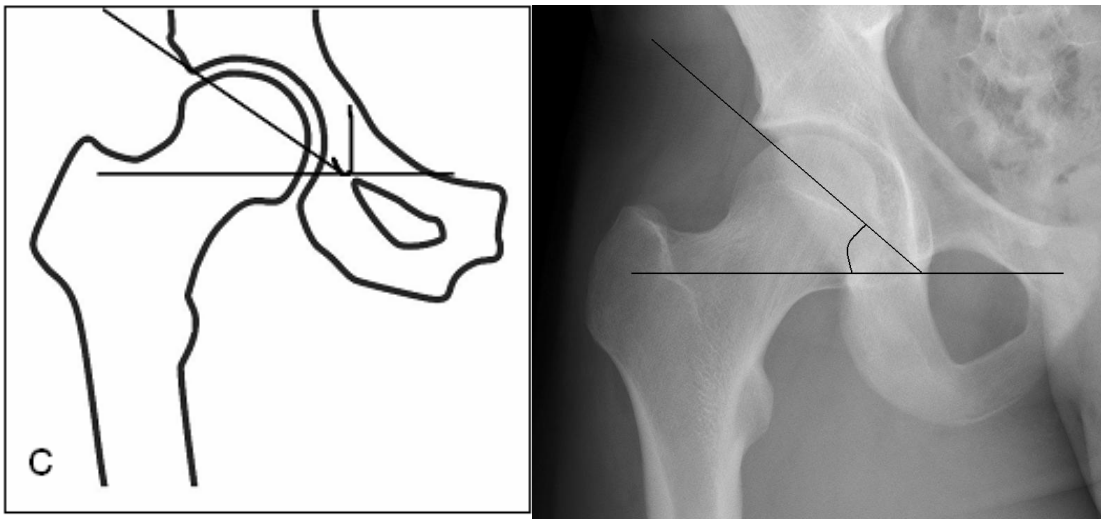


**Abbildung 12** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CE- Winkels schematisch [20]

**Abbildung 13** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CE- Winkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

#### 2.4.2 Acetabulumwinkel

Der Acetabulumwinkel wird zwischen einer Linie vom seitlichsten Punkt des Acetabulums zum teardrop (Tränenfigur) des Beckens und einer horizontalen Linie durch das teardrop beider Seiten gemessen. Ein Wert von  $> 43^\circ$  wird als dysplastisch bezeichnet [21] [55]. In den Abbildungen 14 und 15 ist eine grafische Darstellung der beschriebenen Messtechnik dargestellt.



**Abbildung 14** zeigt die manuell zeichnerische Bestimmung des Acetabulumwinkels schematisch [20]

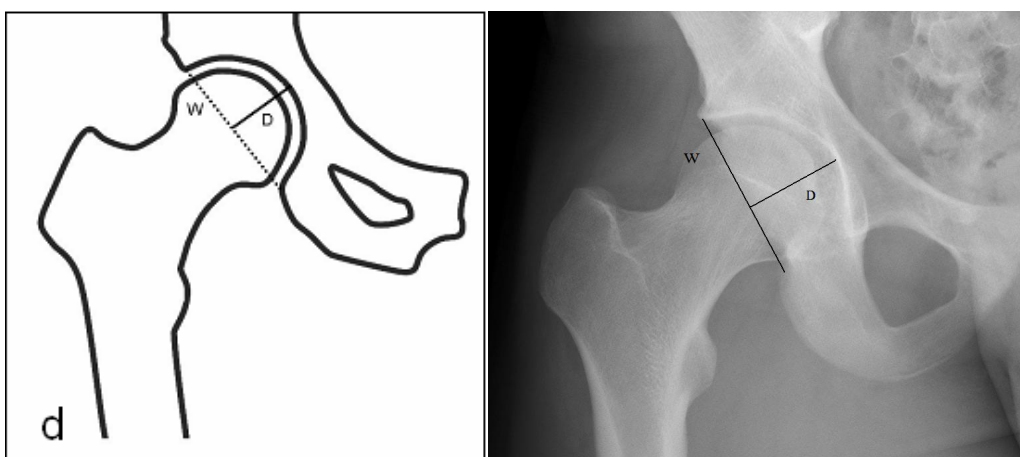
**Abbildung 15** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Acetabulumwinkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

### 2.4.3 Tiefe- zu- Weite- Verhältnis

Der Tiefe- zu- Weite- Verhältnis wurde 1950 erstmals von Heyman und Hern- don zur Beschreibung dysplastischer Hüften nach einem Morbus Perthes be- schrieben [31]. Das Verhältnis wird bestimmt indem der gemessene Wert einer Linie zum tiefsten Punkt des Acetabulums, die senkrecht auf einer Linie steht, die zwischen den am weitesten lateral und kaudal liegendem Punkt des Aceta- bulums verläuft, dividiert wird und dieser Wert dann mit 100 multipliziert wird. Werte  $< 40\%$  gelten als dysplastisch [21] [31] [32].

Es konnte auch gezeigt werden, dass bei Patienten, die im Alter von 65 Jahren eine schwere Coxarthrose entwickelt hatten, der Index  $31 \pm 7\%$  (19-53%) be- trug, beim gesunden Kollektiv dagegen  $48 \pm 6\%$  (38-62%) [21].

Die Abbildungen 16 und 17 zeigen die grafische Darstellung der Messtechnik.



**Abbildung 16** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses [19]

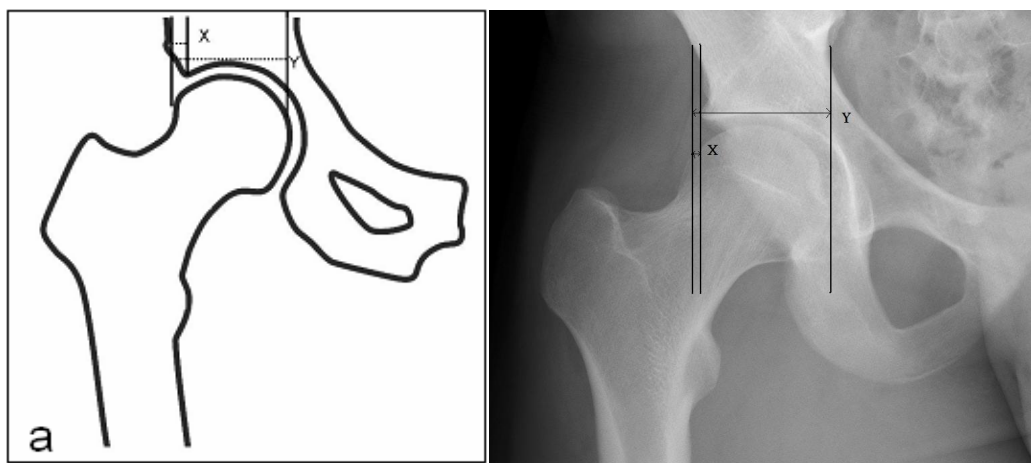
**Abbildung 17** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

#### 2.4.4 Femurkopfextrusionsindex

Der FEI beschreibt den nicht vom Acetabulum überdachten Anteil des Hüftkopfes im Verhältnis zum gesamten Hüftkopf. Der FEI wurde erstmals von Heyman und Herndon zur Beschreibung der Hüftgelenke nach Morbus Perthes angewandt [31]. Zur Erhebung zeichnet man drei vertikale parallele Linien. Zwei jeweils am lateralen Rand des Femurkopfes und eine dritte am äußersten Punkt des Acetabulums. Dann wird der nichtüberdachte Anteil durch den Überdachten dividiert und mit 100 multipliziert. Im Normalfall zeigen Hüftgelenke einen unüberdachten Anteil von  $< 25\%$ . Beträgt der FEI  $< 10\%$  spricht man von einer zu starken Überdachung und es besteht die Gefahr eines FAI [31] [32] [56].

Für das Vorliegen einer Dysplasiecoxarthrose spricht ein Femurkopfextrusionsindex von  $36 \pm 12\%$  (15-62%). In der Kontrollgruppe ohne Coxarthrose lag er bei  $12 \pm 8\%$  (0-31%). Der Messwert gibt den nichtüberdachten Hüftkopfanteil (in Prozent) im Verhältnis zum gesamten Hüftkopfdurchmesser an [21].

Die Abbildungen 18 und 19 zeigen die grafische Darstellung der Messtechnik.



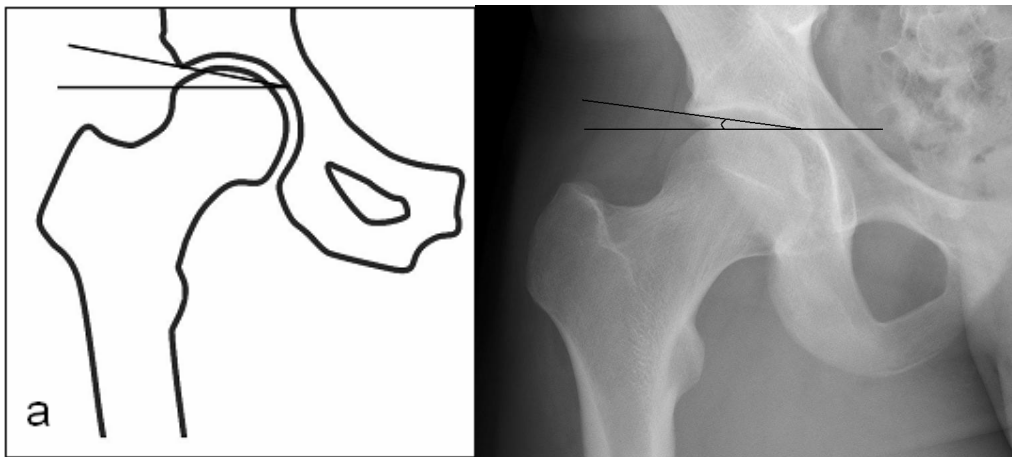
**Abbildung 18** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des Femurkopfextrusionsindex [20]

**Abbildung 19** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Femurkopfextrusionsindex in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

#### 2.4.5 Dachschiefewinkel

Ein weiterer Messwert zur Beurteilung einer Dysplasie ist der acetabuläre Indexwinkel. Er wurde erstmals 1963 von Lequesne als „horizontal toit externe“ (HTE) angle beschrieben [71]. In der englischen Literatur wird er als acetabular index (AI) bezeichnet [71]. Die Messung erfolgt zwischen einer Linie vom am weitesten medial gelegenen Punkt des gewichtstragenden Acetabulums zum Pfannenerker und der Horizontalen. Der gewichtstragende Bereich des Acetabulums zeigt sich in der Beckenübersicht als Sklorosezone im Bereich des Pfannendaches. Der acetabuläre Indexwinkel wird auch als Tragflächenwinkel, als „horizontal toit externe“ (HTE) nach Lequesne [57] oder als „acetabular index of the weightbearing surface“ bezeichnet. Werte  $> 10^\circ$  gelten als dysplastisch [21]. Werte  $\leq 0^\circ$  können auf eine Disposition für ein FAI hindeuten [21] [52].

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen eine grafische Darstellung der Messtechnik.



**Abbildung 20** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des acetabulären Indexwinkels [20]

**Abbildung 21** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des acetabulären Indexwinkel in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

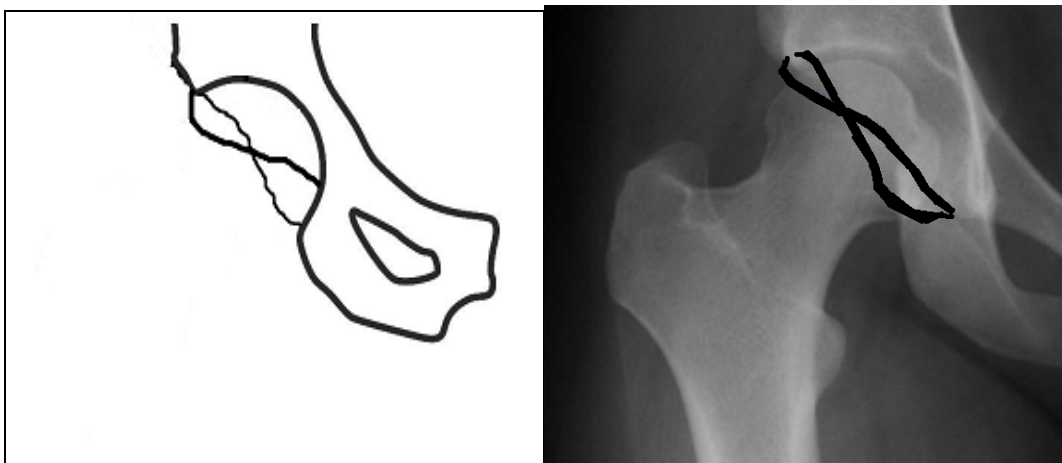
#### 2.4.6 Cross- over sign

Die acetabuläre Retroversion ist ein Zeichen für ein Pincer- Impingement [35]. Zur Unterscheidung verschiedener Ausrichtungen des Acetabulums werden der vordere und hintere Pfannenrand genauer betrachtet.

Bei der regelrechten Hüfte projiziert sich durch die Anteversion des Acetabulums der vordere Pfannenrand medial des hinteren Pfannenrandes.

Bei einer cranialen acetabulären Retroversion kommt es zu einer Überkreuzung der vorderen und hinteren Pfannenrandprojektion, dem „cross- over sign“ oder auch „figure- 8- sign“ genannt. Eine Retroversion kann auch in Kombination mit einer Pfannendysplasie auftreten [21] [33]–[36]. Es kommt proximal zur Projektion des vorderen Pfannenrandes lateral des hinteren Pfannenrandes. Distal projiziert sich der hintere Acetabulumrand stärker medial [73].

Die Abbildungen 22 und 23 zeigen die grafische Darstellung der Überkreuzung der Pfannenränder.



**Abbildung 22** zeigt die grafische Darstellung der Überlappung des vorderen und hinteren Acetabulumrandes beim cross- over- sign [20]

**Abbildung 23** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des cross- over- sign in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie



#### 2.4.7 Coxa profunda und Protrusio acetabuli

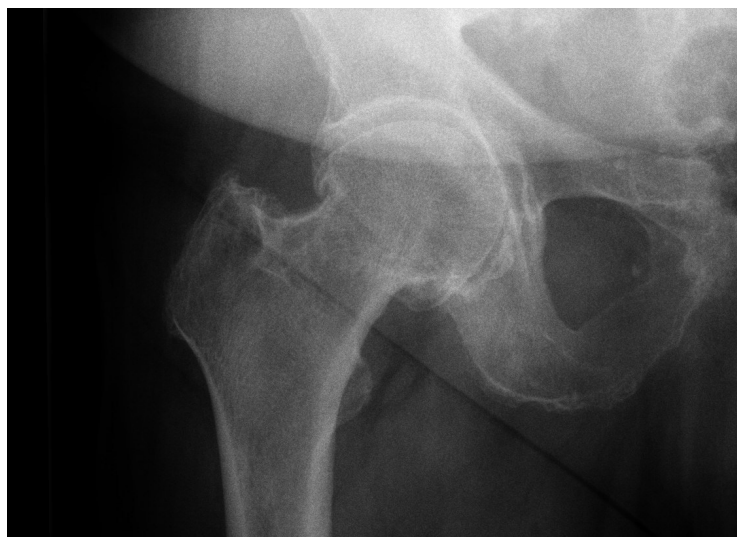
Eine Coxa profunda, acetabuläre Retroversion und acetabuläre Protrusion können zu einem Pincer- Impingement führen [35].

Die Coxa profunda und die Protrusio acetabuli sind Zeichen der acetabulären Mehrüberdachung da sie auf eine erhöhte Tiefe der Fossa acetabuli hindeuten [35].

Bei der Beckenübersichtsaufnahme projiziert sich im Falle einer Coxa profunda die Fossa acetabularis auf oder medial der ileo- ischialen Linie [35].

Im Falle einer Protrusio acetabuli überschreitet der Femurkopf bei seiner Projektion die Ilioischiallinie [35].

Die Mehrüberdachung kann mittels CE- Winkel und Femurkopffextrusionsindex quantifiziert werden [35]. Ein CE- Winkel  $> 39^\circ$  kann auf eine acetabuläre Mehrüberdachung hinweisen [35]. Gosvig et al. [74] definieren eine Coxa profunda als einen CE- Winkel  $> 45^\circ$ . Bei Werten des CE- Winkels zwischen  $25^\circ$  und  $39^\circ$  lässt sich eine Mehr und/oder Minderüberdachung nicht aus ausschließen und umgekehrt [35]. Bei einem Femurkopffextrusionsindex  $< 10\%$  besteht das Risiko einer zu großen Überdachung mit der Folge eines FAI [21]. Coxa profunda und Protrusio acetabuli sind typisch für ein Pincer- Impingement [35].

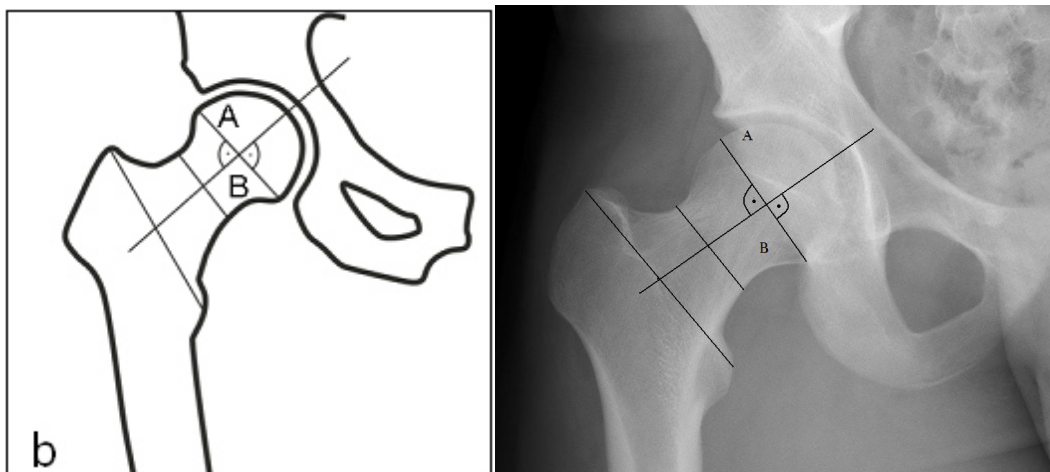


**Abbildung 24** zeigt eine erhöhte Tiefe der acetabulären Fossa im Rahmen einer Coxa profunda des rechten Hüftgelenks aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

#### 2.4.8 Head- ratio

Zur Ermittlung der head- ratio wird eine Linie vom obersten und seitlichsten Punkt des Trochanter major zum prominentesten Punkt des Trochanter minor gezeichnet. Der Mittelpunkt dieser Linie wird markiert. Eine zweite Linie wird quer an der schmalsten Linie des Schenkelhalses gezogen und die Mitte markiert. Eine weitere Linie wird durch die beiden Markierungen gelegt und weiter nach proximal verlängert, sodass der Femurkopf geteilt wird. Dann wird eine weitere Linie senkrecht auf die vorherige gelegt und die größte Weite des Femurkopfes nach medial wird durch die größte Weite des Femurkopfes nach lateral dividiert [42]. Ein Wert  $> 1,16$  kann Zeichen eines FAI sein [42].

Die Abbildungen 25 und 26 zeigen eine grafische Darstellung der Messtechnik zur Bestimmung der head- ratio.



**Abbildung 25** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung der head- ratio [20]

**Abbildung 26** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung der head- ratio in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

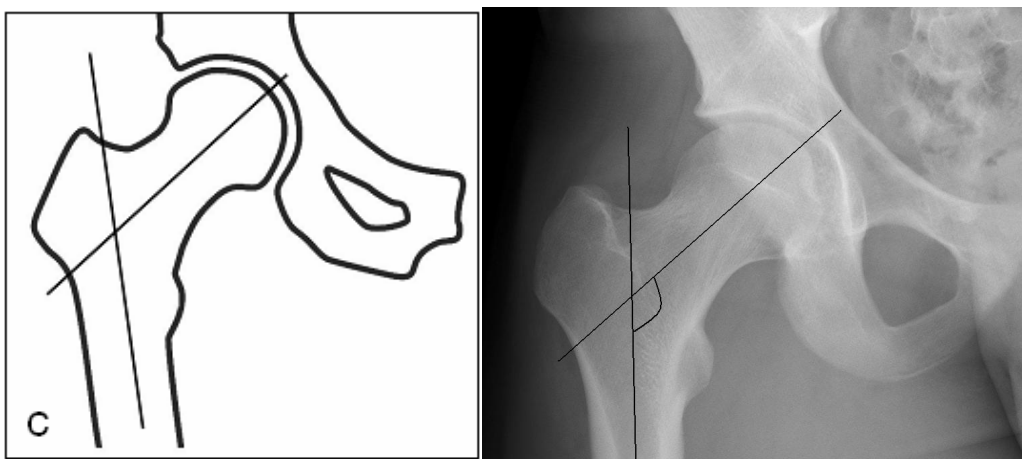
#### 2.4.9 CCD- Winkel

Der CCD- Winkel gibt die Stellung des Schenkelhalses in der Frontalebene an [26]. Der projizierte CCD- Winkel wird zwischen der Längsachse des Schenkel-

halses und der Längsachse des Femurschaftes ermittelt [26]. Bei dem hier errechneten Wert handelt es sich um den projizierten CCD- Winkel der durch die Antetorsion des Schenkelhalses höher als reell vorhanden erscheint. In der hier vorliegenden Arbeit wurde der reelle CCD-Winkel nicht bestimmt. Eine hierfür notwendige weitere Röntgenaufnahme mit Messung des AT-Winkels (Antetorsionswinkel nach Dunn-Rippstein-Müller) war in dieser retrospektiven Studie nicht vorhanden.

Ein Winkel  $> 140^\circ$  wird als Coxa valga deklariert, ein Winkel  $< 120^\circ$  als Coxa vara [75]. Der CCD- Winkel beschreibt eine metaphysäre Dysplasie und tritt häufig gemeinsam mit der Hüft dysplasie auf [76].

Eine milde Fehlstellung verursacht meist keine Beschwerden. Eine ausgeprägte Fehlstellung kann in seltenen Fällen bereits im mittleren Lebensalter zur Coxarthrose führen da die Kongruenz der Gelenkflächen beeinträchtigt ist [26].



**Abbildung 27** zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CCD- Winkels [20]

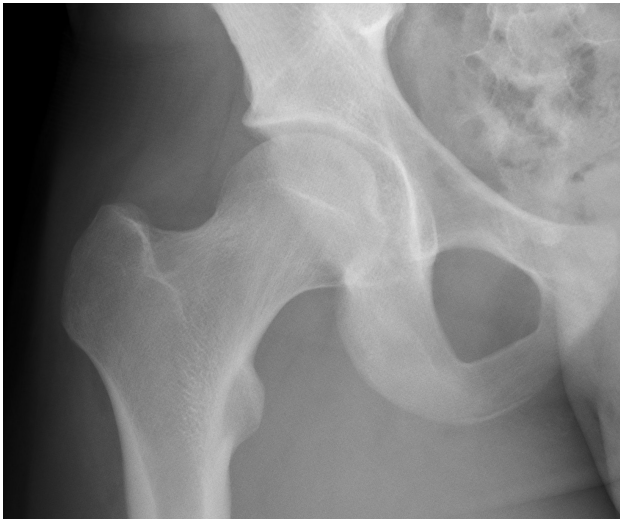
**Abbildung 28** zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des CCD- Winkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie

## 2.5 Klassifikation des Schweregrades der Coxarthrose

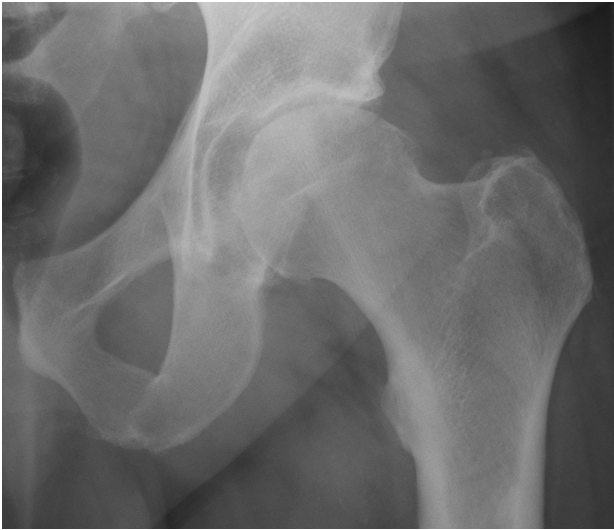
Jedes Hüftgelenk wurde auf Zeichen einer Coxarthrose untersucht. Die Diagnose erfolgte nach den Kriterien von Kellgren und Lawrence [3].

Diese Einteilung berücksichtigt die Kriterien Gelenkspaltverschmälerung, Geröllzysten, subchondrale Sklerosierung und Osteophyten. Die Einteilung erfolgt in vier Stadien. Die genauen Kriterien für die Diagnose des Coxarthrosestadiums sind in Tabelle 4 dargestellt.

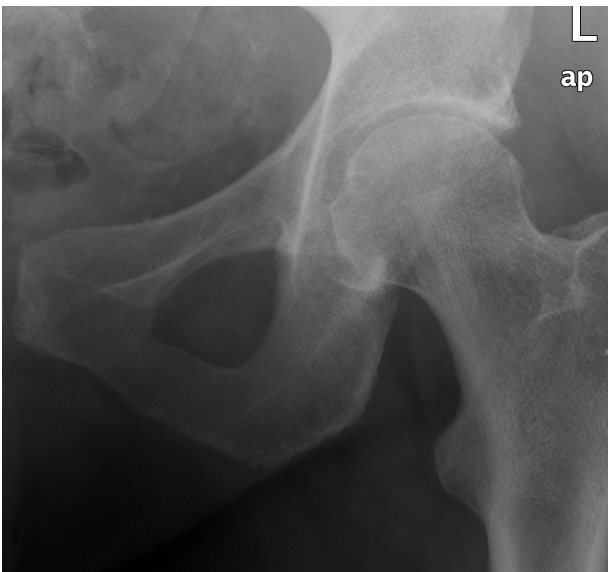
Die Abbildungen 29- 33 sind Beispielhüftgelenke für ein physiologisches Hüftgelenk beziehungsweise Hüftgelenke mit einer Coxarthrose I°- IV° nach Kellgren und Lawrence.



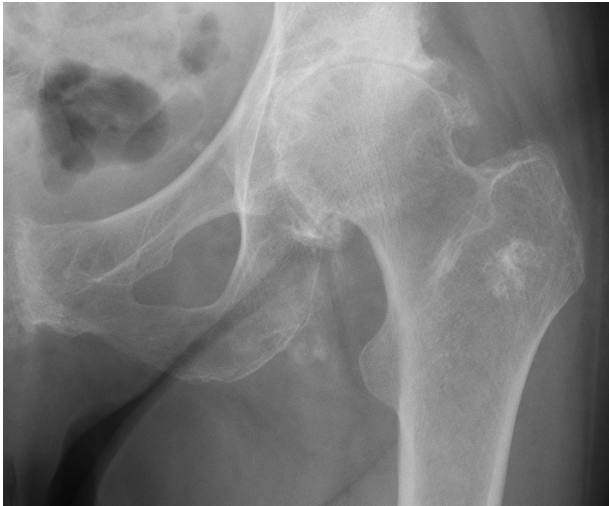
**Abbildung 29** zeigt ein rechtes Hüftgelenk aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie das keine Coxarthrose aufweist. Es findet sich ein normal breiter Hüftspalt bei fehlender verstärkter subchondraler Sklerosierung, fehlenden Geröllzysten und Osteophyten



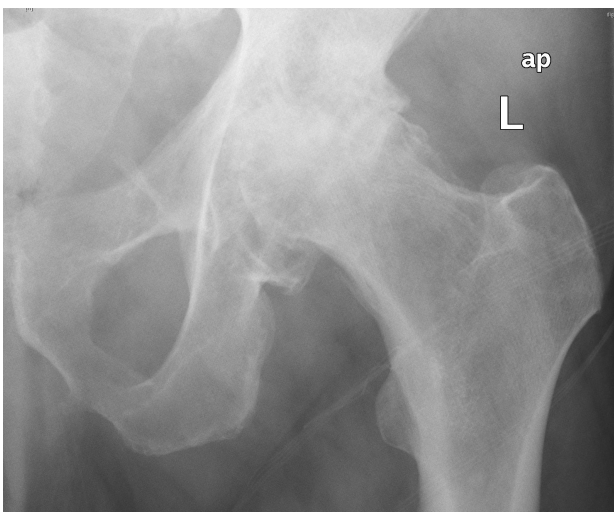
**Abbildung 30** zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose I° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es ist eine verstärkte subchondrale Sklerosierung zu erkennen



**Abbildung 31** zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose II° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind eine Verschmälerung des Gelenkspaltes, verstärkte subchondrale Sklerosierung, acetabuläre Osteophyten und Geröllzysten erkennbar



**Abbildung 32** zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose III° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind ein fast aufgehobener Gelenkspalt mit deutlicher subchondraler Sklerosierung, osteophytären Anbauten am Acetabulum und Geröllzysten erkennbar



**Abbildung 33** zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose IV° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind ein aufgehobener Gelenkspalt und deutliche Osteophyten und Geröllzysten zu erkennen

## 2.6 Statistik

Eine Hüftseite eines Patienten wurde als ein Fall definiert. Die gewonnenen Daten wurden in Microsoft Office Excel 2007 übertragen. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics 21 und R software, version 3.0.0 (R Core Team).

Qualitative Variablen wurden als Frequenzen oder Prozente angegeben. Bei den quantitativen Variablen wurden Minimum, Mittelwert, Median, Maximum, 25. Perzentile und 75. Perzentile berechnet. Bei schiefen Verteilungen wurden Interquartilbereiche angegeben.

Korrelationen zwischen dem Lebensalter und den Messwerten oder dem Grad der Coxarthrose wurden über den Spearman's ( $\rho$ ) oder den Kendall's ( $\tau$ ) Korrelationskoeffizienten bestimmt. Die Gruppenvergleiche nach der Schwere der Coxarthrose wurden entweder mit der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) oder gegebenenfalls mit dem Kruskal-Wallis- Test durchgeführt. Alle aufgeführten P- Werte sind zweiseitig und ein Wert von 0,05 zeigt eine Signifikanz an. Sie wurden nicht für multiples Testen angepasst.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Demographische Daten

#### 3.1.1 Anzahl der Patienten und Beobachtungen

Es konnten die Bilder von 1614 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. 1052-mal konnte sowohl das rechte als auch das linke Hüftgelenk vermessen werden. Auf 562 Bildern wurde nur ein Hüftgelenk vermessen. Bei 251 Bildern konnte nur das linke Hüftgelenk und bei 311 Bildern konnte nur das rechte Hüftgelenk vermessen werden. Insgesamt gab es 2666 Beobachtungen.

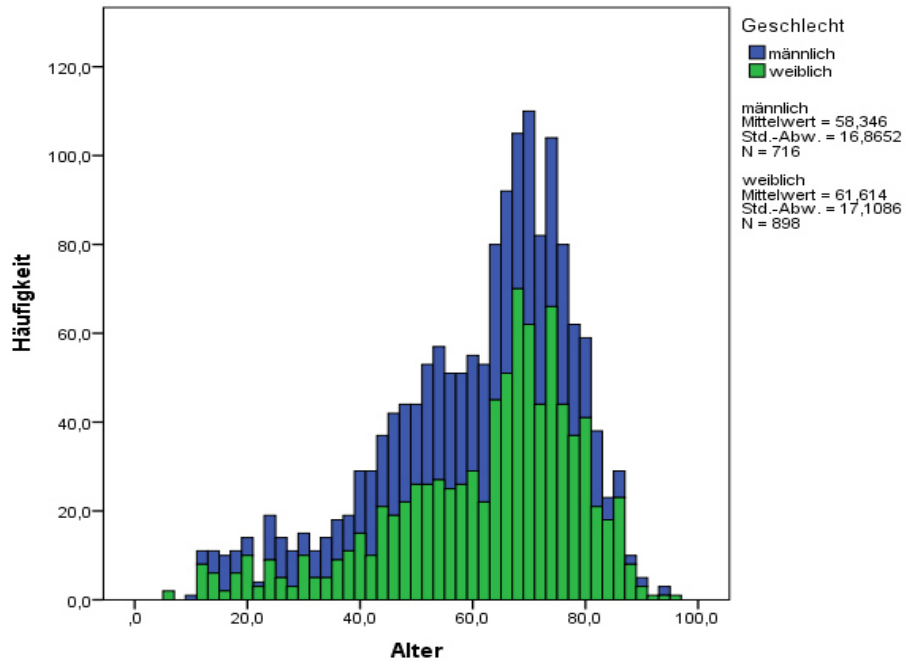
#### 3.1.2 Alter und Geschlecht der Patienten

Das Durchschnittsalter aller Patienten lag bei  $60,2 \pm 17,1$  Jahre (6- 95). Die Verteilung des Alters verhält sich leicht rechtsschief und leicht abweichend von der Normalverteilung.

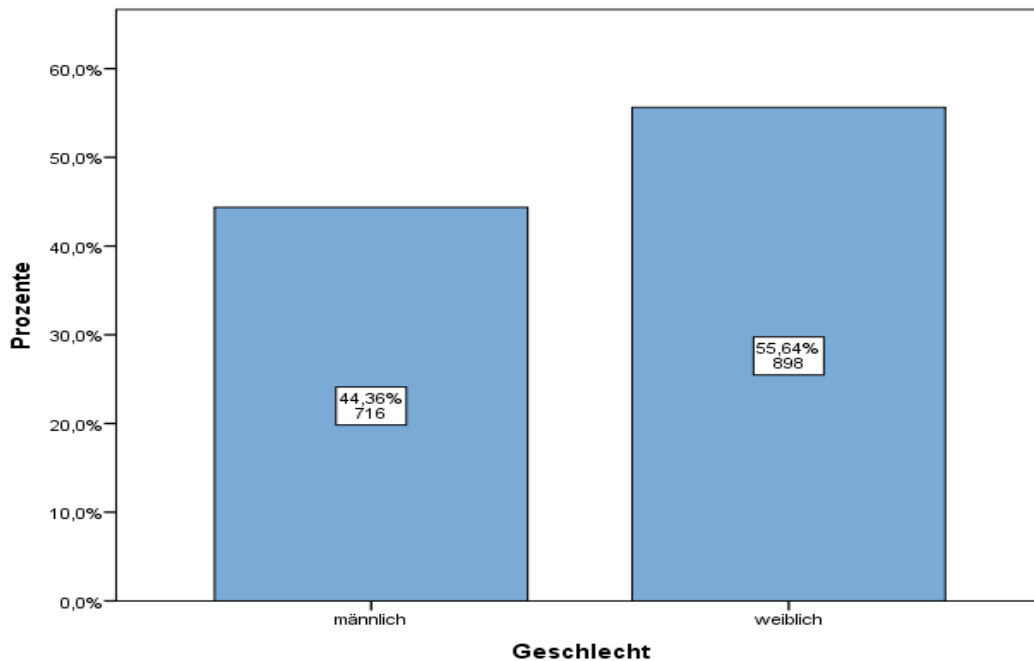
Männliche Patienten sind mit einem Durchschnittsalter von  $58.3 \pm 16.9$  Jahren (9- 94) Jahren jünger als die weiblichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von  $61.6 \pm 17.1$  (6-95) Jahren.

Abbildung 34 zeigt die Häufigkeit von Fällen auf das Lebensalter und Geschlecht bezogen.





**Abbildung 34** zeigt die Häufigkeit der Fälle auf das Alter bezogen in 2- Jahresschritten. Grüne Balken zeigen die Häufigkeit der weiblichen Fälle und blaue Balken zeigen die Häufigkeit der männlichen Fälle. Es ist zu sehen, dass bei beiden Geschlechtern die Häufigkeit einer Röntgenaufnahme bis etwa zum 70. Lebensjahr ansteigt und danach wieder abfällt.



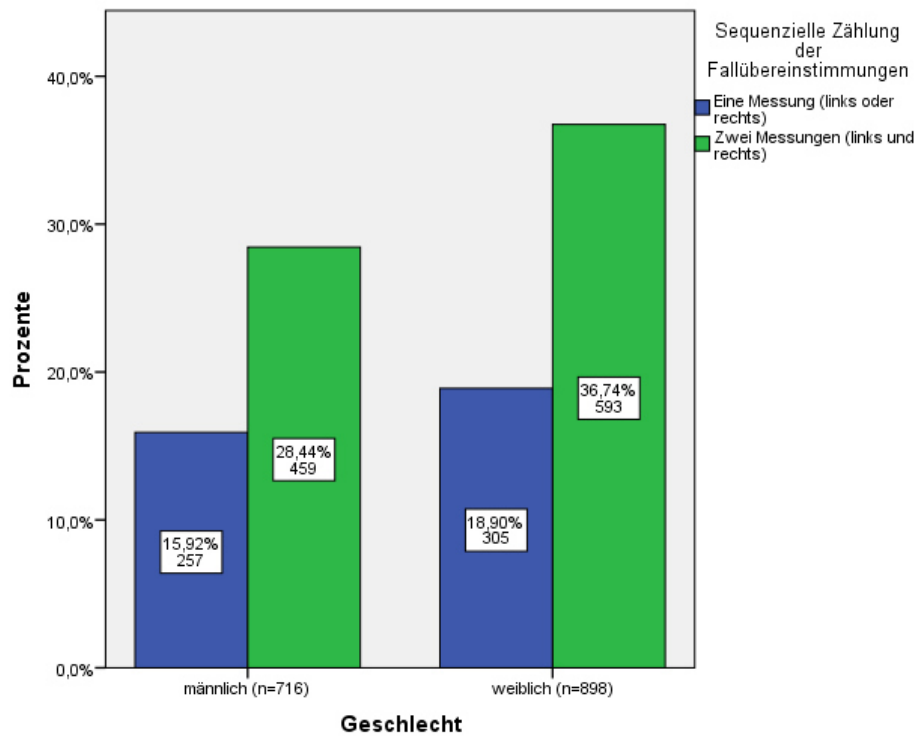
**Abbildung 35** zeigt die prozentuale Verteilung der vermessenen Hüftgelenke (Fälle) bezogen auf das Geschlecht. Der Anteil der Männer an allen Fällen liegt bei 44,4%, der der Frauen bei 55,6 %.

### 3.1.3 Verteilung der Fälle auf die Körperseiten

Abbildung 36 zeigt, dass die Messungen an 2666 Hüftgelenken erfolgten. Bei den Männern zeigt der blaue Balken, dass bei 293 Patienten nur ein Hüftgelenk vermessen wurde. Dies entspricht 15,92% aller Messungen. Der grüne Balken zeigt, dass bei 459 Patienten beide Hüftgelenke vermessen wurden. Das ist eine Quote von 28,44%.

Bei 305 weiblichen Patienten erfolgten die Messungen nur auf einer Körperseite. Dies entspricht 18,9% der Fälle.

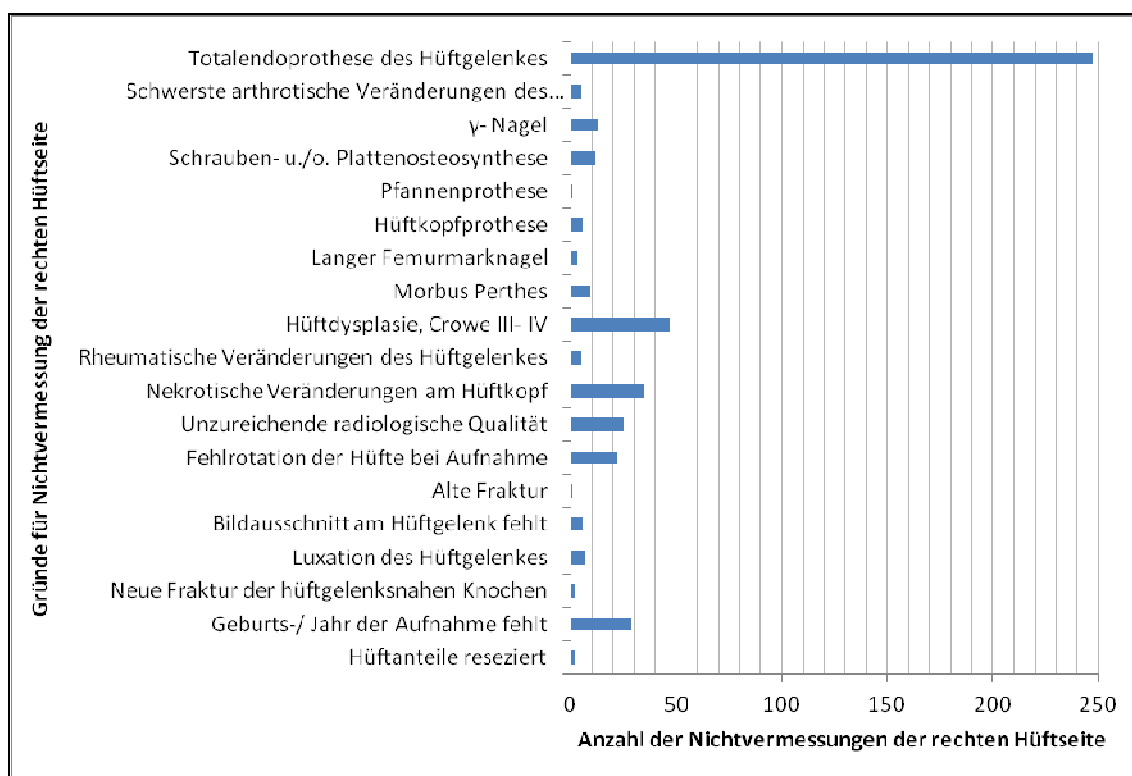
Bei 593 Patientinnen erfolgten die Messungen sowohl auf der rechten als auch auf der linken Körperseite. Dies entspricht einem Anteil von 36,74% an allen Fällen. Abbildung 36 zeigt dieses Verhältnis. Der grüne Balken unter der Rubrik „weiblich“ zeigt den Anteil der Patientinnen bei welchen beide Hüftgelenke vermessen wurden. Der blaue Balken zeigt die Anzahl der Patientinnen bei welchen nur eine Körperseite vermessen wurde.



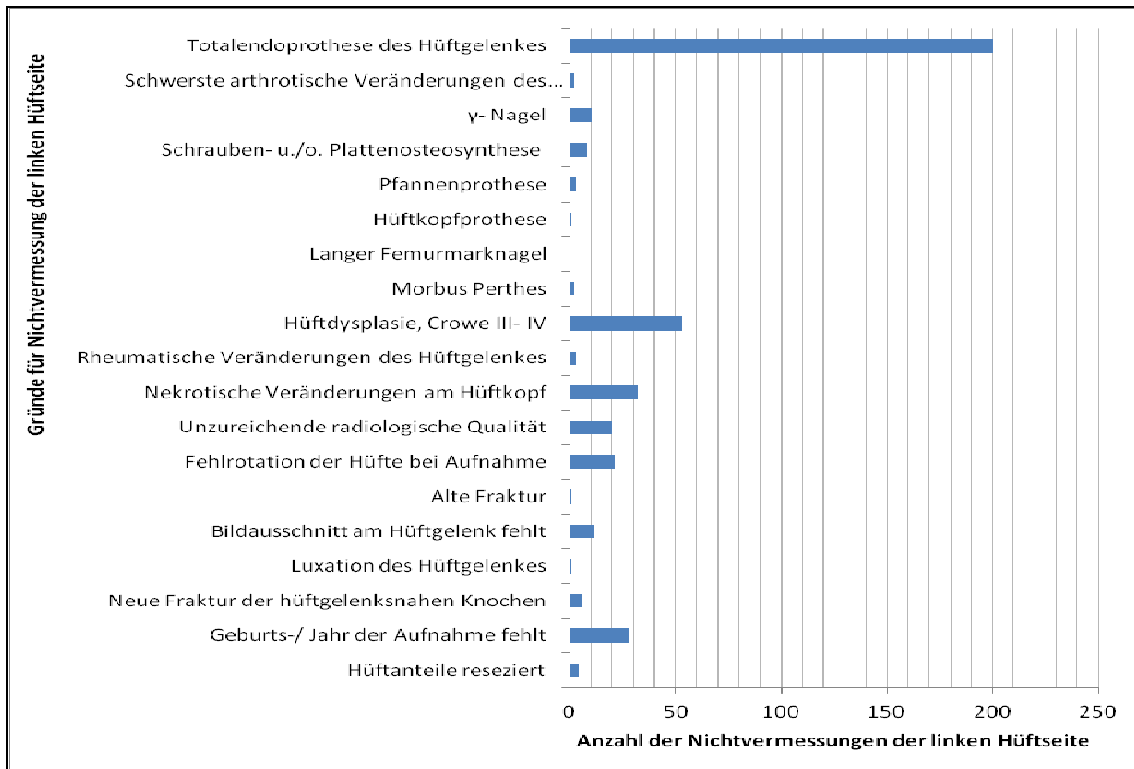
**Abbildung 36** zeigt die Anzahl der Patienten bei welchen ein bzw. zwei Hüftgelenke vermessen wurden, nach dem Geschlecht getrennt

### 3.1.4 Beschreibung der Fälle des Acetabulumwinkel die nicht vermessen werden konnten

An Röntgenbildern von 562 Patienten ist jeweils nur eine Körperseite vermessen worden. Bei 251 Patienten konnte die linke Seite nicht und bei 311 Patienten die rechte Seite nicht vermessen werden. Die Gründe dafür, dass keine Messung möglich war sind in den Abbildungen 37 und 38 ersichtlich.



**Abbildung 37** zeigt die Gründe und die Häufigkeit für den Ausschluss des rechten Hüftgelenks aus den Messungen



**Abbildung 38** zeigt die Gründe und die Häufigkeit für den Ausschluss des linken Hüftgelenkes aus den Messungen

Die Abbildungen 37 und 38 zeigen deutlich, dass die mit Abstand häufigste Ursache für einen Ausschluss einer Hüftseite von den Messungen eine Totalendoprothese des Hüftgelenkes war. Weitere wichtige Gründe waren die hochgradige Hüftdysplasie Crowe III- IV, Hüftkopfnekrosen, eine unzureichende radiologische Qualität und eine Fehlrotation der Hüfte bei der Röntgenaufnahme. Diese Gründe führen dazu, dass die für eine korrekte Messung zu ermittelnden Fixpunkte und Linien auf dem Röntgenbild nicht erkannt werden konnten. Seltener Ursachen für den Ausschluss einer Hüftseite waren Morbus Perthes, rheumatische und nekrotische Veränderungen im Hüftgelenk, Osteosynthesematerialien.

## 3.2 Deskriptive Statistik

### 3.2.1 Deskriptive Auswertung der quantitativen Messergebnisse

Zur Beschreibung der quantitativen Messwerte wurden die Fälle nach rechter und linker Körperseite getrennt voneinander ausgewertet. Ermittelt wurden jeweils pro Messvariable: Anzahl der Fälle, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, 25. Perzentile, Median, 75. Perzentile und das Maximum.

Tabelle 8 zeigt die statistischen Lagemaße der Messwerte CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio dargestellt.

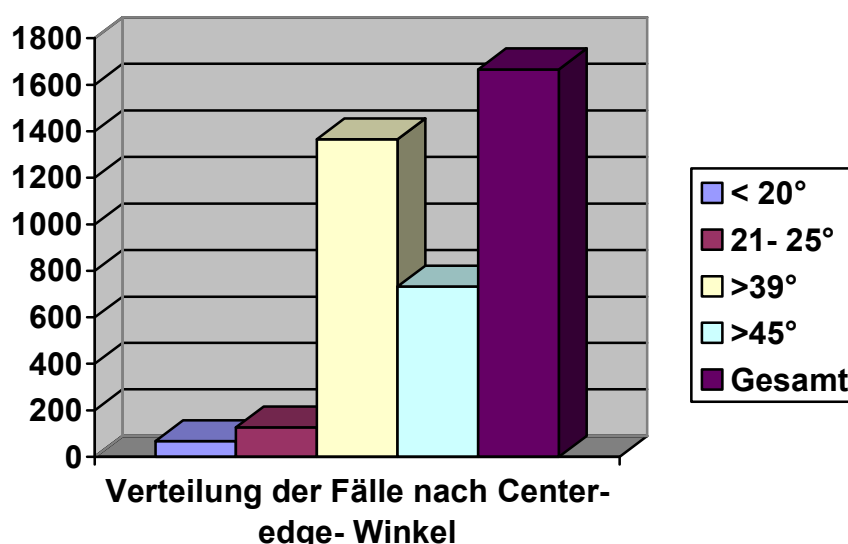
**Tabelle 6** zeigt die oben genannten Lagemaße der quantitativen Messvariablen

	Gültige N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Perzenti l 25	Median	Perzenti l 75	Maximum
CE- Winkel (links)	1363	38,01	10,26	0,00	31,00	38,00	44,00	70,00
CE- Winkel (rechts)	1303	42,11	10,13	0,00	36,00	42,00	48,00	98,00
Acetabulumwinkel (links)	1363	35,27	4,96	12,00	32,00	35,00	38,00	55,00
Acetabulumwinkel (rechts)	1303	34,85	4,93	10,00	32,00	35,00	38,00	53,00
Tiefe- zu- Weite- Verhältnis (links)	1363	59,30	8,90	6,30	55,00	60,00	64,70	100,00
Tiefe- zu- Weite- Verhältnis (rechts)	1303	57,79	8,70	24,00	52,60	57,90	62,50	90,00
Femurkopffextrusionsindex (links)	1363	12,99	9,21	0,00	6,20	12,50	18,80	56,30
Femurkopffextrusionsindex (rechts)	1303	12,98	9,30	0,00	6,30	12,50	17,60	95,20
Dachschiefewinkel(links)	1363	8,91	4,83	0,00	6,00	8,00	11,00	38,00
Dachschiefewinkel (rechts)	1295	9,75	5,40	1,00	6,00	9,00	13,00	34,00
CCD- Winkel (links)	1362	127,68	7,22	56,00	123,00	127,00	132,00	162,00
CCD- Winkel (rechts)	1299	135,09	7,05	110,00	131,00	135,00	140,00	161,00
Head- ratio (links)	1362	1,16	,29	0,18	1,00	1,00	1,25	2,38
Head- ratio (rechts)	1296	1,11	,24	0,18	1,00	1,00	1,21	2,40

### 3.2.1.1 CE- Winkel

Tabelle 8 zeigt, dass der CE- Winkel der rechten Körperseite mit  $42,11^{\circ} \pm 10,13^{\circ}$  einen größeren Mittelwert und mit  $98^{\circ}$  einen größeren Maximalwert hat als auf der linken Seite (1363 Fälle) mit einem Mittelwert des CE- Winkels von  $38,01^{\circ} \pm 10,26^{\circ}$  und einem Maximalwert von  $70^{\circ}$ .

Für die rechte und linke Seite zusammen ergeben sich bei 2,51% (67 Fälle) ein CE- Winkel  $< 20^{\circ}$ . 4,76% (127 Fälle) zeigen einen CE- Winkel zwischen  $21^{\circ}$  und  $25^{\circ}$ . 51,2% der Fälle, entsprechend einer Anzahl von 1365 hatten einen CE- Winkel  $> 39^{\circ}$ . 733 Fälle, entsprechend einem Anteil von 27,5% zeigten einen CE- Winkel  $> 45^{\circ}$ .



**Abbildung 39** zeigt die Verteilung der Fälle nach CE- Winkel in für Hüftdysplasie und FAI relevante Wertegruppen

Abbildung 40 zeigt die Verteilung der Werte des CE- Winkels als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar. Dies entspricht der Box.

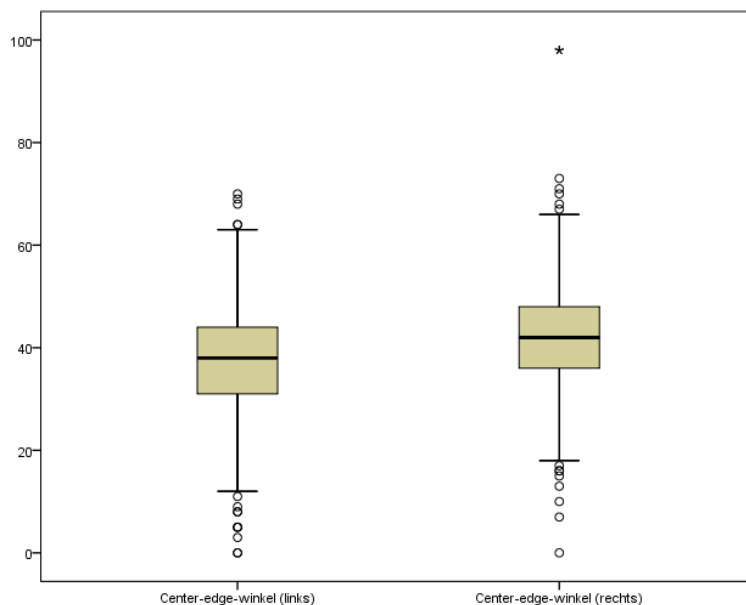
Der Wert der 25. Perzentile liegt auf der linken Seite bei  $31^{\circ}$  und auf der rechten Seite bei  $36^{\circ}$ . Der Messwert der 75. Perzentile liegt auf der linken Seite bei  $44^{\circ}$



und auf der rechten Seite bei 48°. Der Median wird in der Box durch eine horizontale Linie dargestellt. Der Median liegt auf der linken Seite bei 38° und auf der rechten Seite bei 42°.

Der Wert am oberen Ende der vertikalen Linie entspricht dem größten nicht extremen Wert. Der Wert am unteren Ende der vertikalen Linie entspricht dem kleinsten nicht extremen Wert.

Es gibt auf beiden Seiten Ausreißer des CE- Winkels nach oben und unten. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der rechten Seite gibt es zwei extreme Werte die um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach oben abweichen. Sie sind mit einem Stern markiert.



**Abbildung 40** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des CE- Winkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

### 3.2.1.2 Acetabulumwinkel

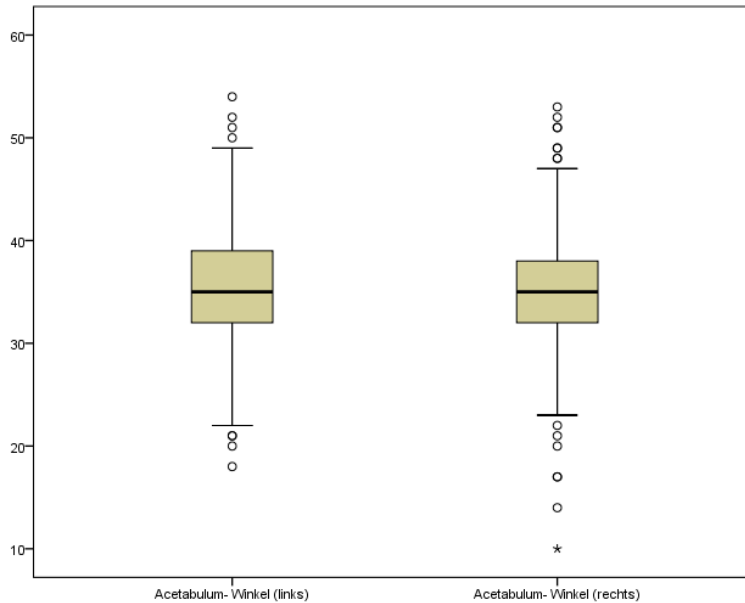
Die Mittelwerte des Acetabulumwinkels der rechten und linken Körperseite liegen, wie in den Tabelle 8 ersichtlich eng beieinander. Rechts beträgt der Mittelwert  $34,85^\circ \pm 4,93^\circ$  ( $10^\circ$ - $53^\circ$ ) und links  $35,27^\circ \pm 4,96^\circ$  ( $12^\circ$ -  $55^\circ$ ).

105 von 2666 Fällen zeigten einen Acetabulumwinkel  $> 43^\circ$ . Dies entspricht 3,94% der vermessenen Fälle.

Abbildung 41 zeigt die Verteilung der Werte Acetabulumwinkels als Boxplot. In der Abbildung der Box ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar. Dies entspricht der Boxhöhe, bei welcher der Median durch eine horizontale Linie dargestellt wird.

Der Wert der 25. Perzentile beträgt auf der linken und rechten Seite jeweils  $32^\circ$ . Der Messwert der 75. Perzentile, liegt wie auch in Tabelle 8 ersichtlich, auf beiden Seiten bei  $38^\circ$ . Wie Tabelle 8 zeigt, liegt der Median sowohl links als auch rechts bei  $35^\circ$ .

Es gibt auf beiden Seiten Ausreißer des Acetabulumwinkels nach oben und unten. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der rechten Seite gibt es zwei extreme Werte die um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach unten abweichen. Sie sind mit einem Stern markiert.



**Abbildung 41** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Acetabulumwinkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

### 3.2.1.3 Tiefe- zu Weite Verhältnis

Wie in Tabelle 8 ersichtlich, zeigte sich beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis links ein Mittelwert von  $59,3\% \pm 8,9\%$  (6,3%-100%) und auf der rechten Seite von  $57,79\% \pm 8,7\%$  (24%-90%).

55 Fälle zeigten ein Tiefe- zu Weite Verhältnis  $<40\%$ . Dies entspricht 2,06% aller untersuchten Fälle.

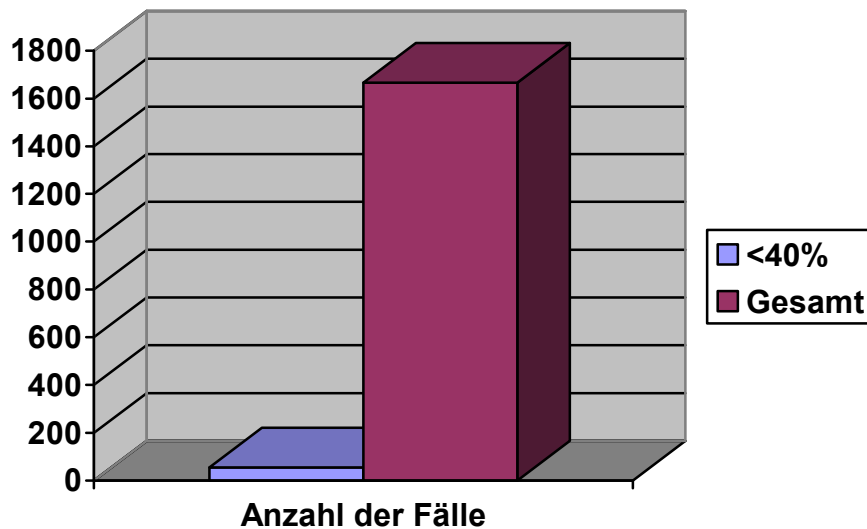
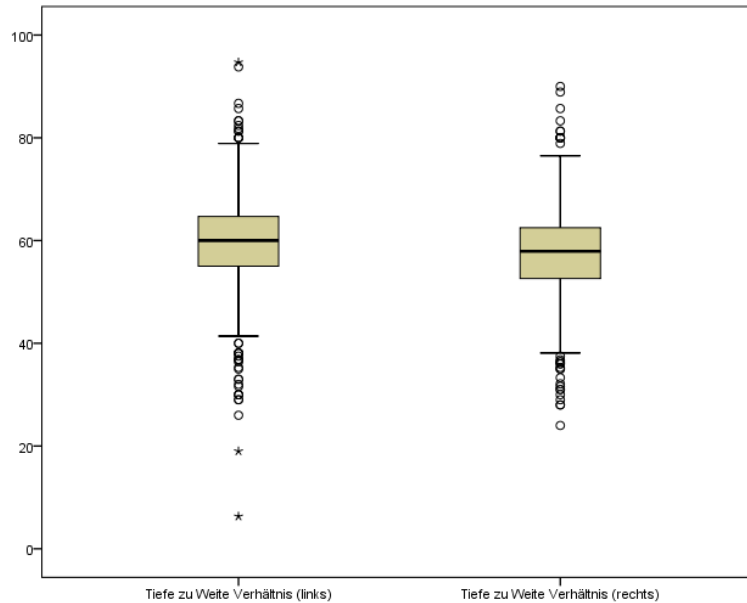


Abbildung 42 zeigt die Anzahl der Fälle mit einem Tiefe- zu- Weite- Verhältnis von  $<40^\circ$  im Verhältnis zu allen Fällen

Abbildung 43 zeigt die Verteilung der Werte des Tiefe- zu Weite Verhältnisses als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar.

Tabelle 8 zeigt, dass der Messwert der 25. Perzentile links bei 55% und rechts bei 52,6% liegt. Der Messwert der 75. Perzentile liegt auf der linken Seite bei 64,7% und auf der rechten Seite bei 62,5%. Die horizontale Linie in der Box stellt den Median dar. Er beträgt links 60% und rechts 57,9%.

Es gibt auf beiden Seiten Ausreißer des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses nach oben und unten. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der linken Seite gibt es zwei extreme Werte die um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach unten abweichen und einen Wert der um mehr als das Dreifache nach oben abweicht. Sie sind mit einem Stern markiert.



**Abbildung 43** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Tiefe- zu- Wei- te- Verhältnisses als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

### 3.2.1.4 Femurkopfextrusionsindex

Wie Tabelle 8 zeigt liegt der Mittelwert des Femurkopfextrusionsindex auf der linken Seite bei  $12,99\% \pm 9,21\%$  (0%-56,3%) und auf der rechten Seite bei  $12,98\% \pm 9,3\%$  (0%- 95,2%).

Einen Femurkopfextrusionsindex  $> 25\%$  hatten 7,01% der Fälle (187 Fälle). 823 Fälle entsprechend einer Quote von 30,9% zeigten einen Femurkopfextrusionsindex  $< 10\%$ .

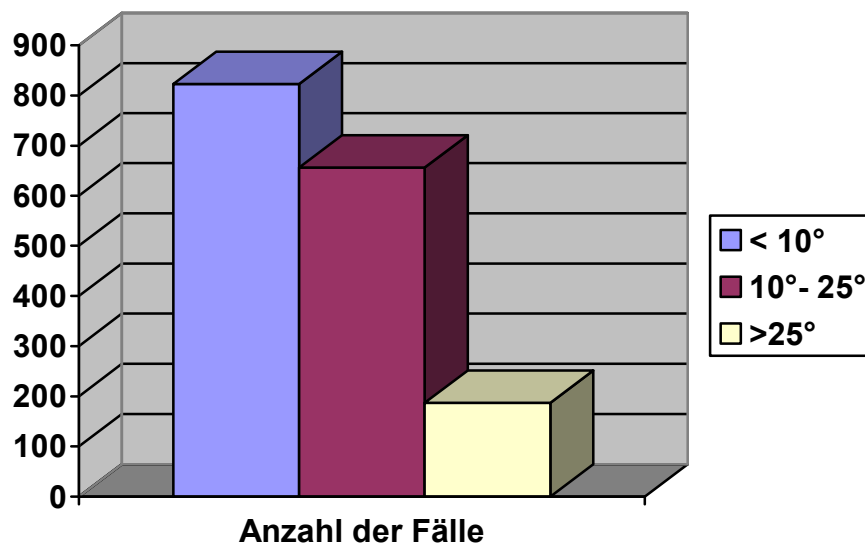
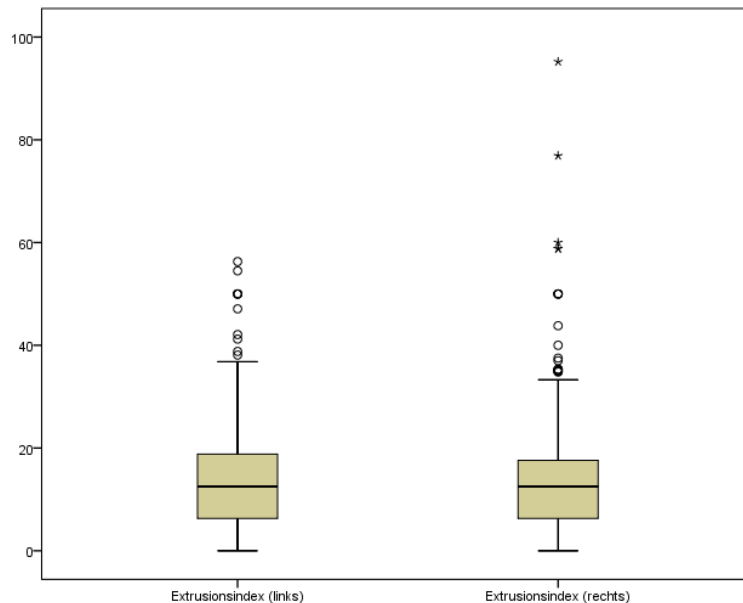


Abbildung 44 zeigt die Verteilung der Fälle nach Wert des Femurkopfextrusionsindex

Abbildung 45 zeigt die Verteilung der Werte des Femurkopfextrusionsindex als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar. Dies entspricht der Box. Wie in Tabelle 8 zu sehen liegt der Messwert der 25. Perzentile links bei 6,2% und rechts bei 6,3%. Der Messwert der 75. Perzentile beträgt links 18,8% und rechts 17,6%. Die horizontale Linie in der Box wird durch den Median dargestellt. Er liegt auf der linken und rechten Seite bei 12,5%.

Der Wert am oberen Ende der vertikalen Linie entspricht dem größten nicht extremen Wert des Femurkopfextrusionsindex. Der Wert am unteren Ende der vertikalen Linie entspricht dem kleinsten nicht extremen Wert. Es gibt auf beiden Seiten Ausreißer des Femurkopfextrusionsindex nach oben. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe.

Auf der rechten Seite gibt es fünf extreme Werte die um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach oben abweichen. Sie sind mit einem Stern markiert.



**Abbildung 45** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindexes als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

### 3.2.1.5 Dachschiefewinkel

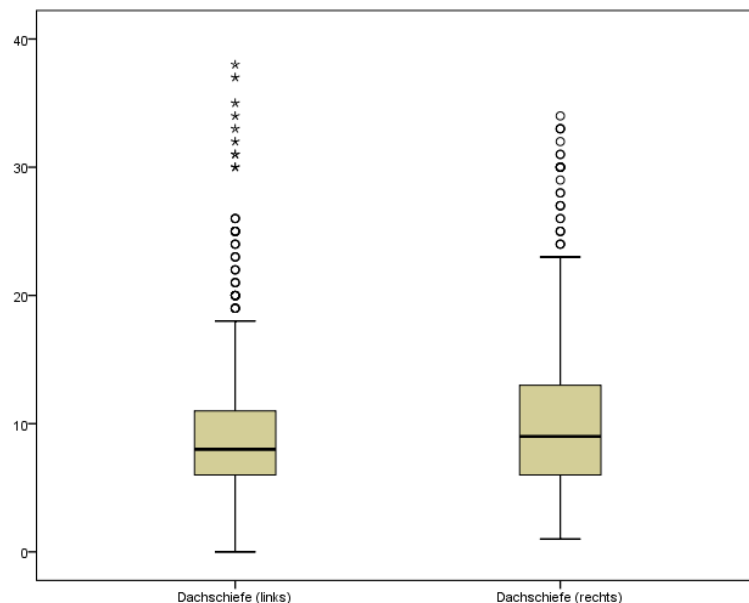
Die Dachschiefewinkel zeigt, wie in Tabelle 8 zusehen auf der linken Seite einen Mittelwert von  $8,91^\circ \pm 4,83^\circ$  ( $1^\circ$ - $38^\circ$ ) und auf der rechten Körperseite einen Mittelwert von  $9,75^\circ \pm 5,4^\circ$  ( $1^\circ$ - $34^\circ$ ).

859 von 2658 Fällen zeigen einen Dachschiefewinkel  $> 10^\circ$ . Dies entspricht 32,3% der vermessenen Hüftseiten. 10 Hüftgelenke weisen einen Wert  $\leq 0^\circ$  auf. Das sind 0,38%.

Abbildung 46 zeigt die Verteilung der Werte des Dachschiefewinkels als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar. Der Messwert der 25. Perzentile liegt auf der linken und rechten Seite bei  $6^\circ$ . Der Messwert der 75. Perzentile liegt auf der linken Seite bei  $11^\circ$  und auf der rechten Seite bei

13°. Der Median ist als horizontale Linie in der Box dargestellt. Er liegt links bei 8° und rechts bei 9°.

Es gibt auf beiden Seiten Ausreißer des Dachschiefewinkels nach oben. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der linken Seite gibt es elf extreme Werte die um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach oben abweichen. Sie sind mit einem Stern gekennzeichnet.



**Abbildung 46** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Dachschiefewinkel als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

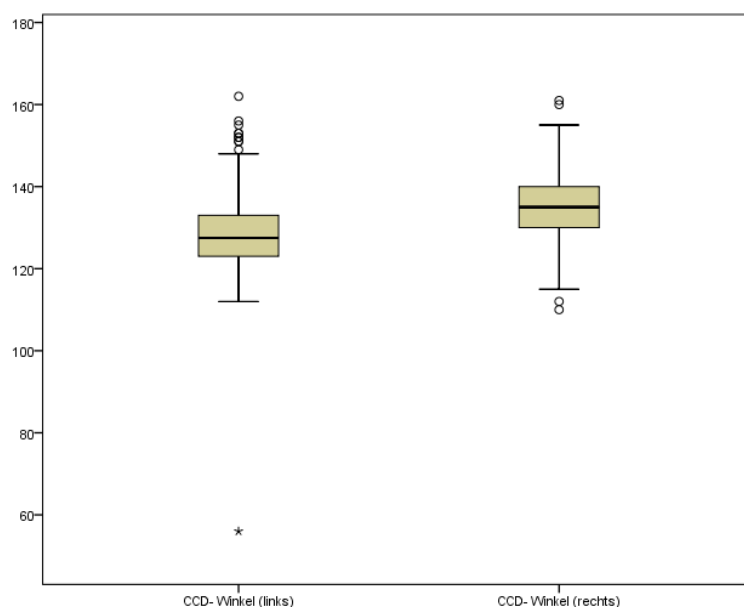
### 3.2.1.6 CCD- Winkel

Der Mittelwert des CCD- Winkels liegt auf der linken Seite, wie in Tabelle 8 zu sehen ist, bei  $127,68^\circ \pm 7,22^\circ$  ( $56^\circ$ - $162^\circ$ ) und auf der rechten Seite bei  $135,09^\circ \pm 7,05^\circ$  ( $110^\circ$ - $161^\circ$ ).

660 Fälle haben einen CCD- Winkel  $< 126^\circ$ . Dies entspricht einem Anteil von 24,8%. 406 Fälle haben einen CCD- Winkel  $> 139^\circ$ . Dies entspricht einem Anteil von 15,26%.



Abbildung 47 zeigt die Verteilung der Werte des CCD- Winkels als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile sichtbar. Dies entspricht der Box. Der Messwert der 25. Perzentile liegt links bei  $123^\circ$  und rechts bei  $131^\circ$ . Der Messwert der 75. Perzentile liegt links bei  $132^\circ$  und rechts bei  $140^\circ$ . Die Mitte der Box wird durch den Median von  $127^\circ$  links und  $135^\circ$  rechts dargestellt. Der Wert am oberen Ende der vertikalen Linie entspricht dem größten nicht extremen Wert des CCD- Winkels. Der Wert am unteren Ende der vertikalen Linie entspricht dem kleinsten nicht extremen Wert. Es gibt auf der linken Seite Ausreißer des CCD- Winkels nach oben und auf der rechten Seite nach unten und oben. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der linken Seite gibt es einen extremen Wert der um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach unten abweicht. Er ist mit einem Stern markiert.



**Abbildung 47** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

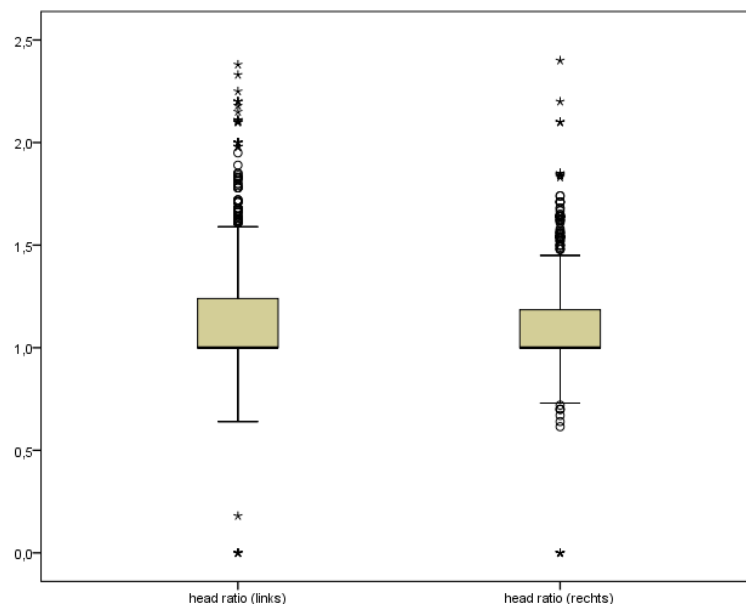
### 3.2.1.7 Head- ratio

Wie in Tabelle 8 dargestellt, liegt der Mittelwert der head- ratio links bei  $1,16 \pm 0,29$  (0,18-2,38) und rechts bei  $1,11 \pm 0,24$  (0,18-2,4).

759 von 2658 vermessenen Fällen zeigen eine head- ratio  $> 1,16$ . Dies entspricht 28,56%.

Abbildung 48 zeigt die Verteilung der Werte der head- ratio als Boxplot. In der Abbildung ist die Verteilung der Werte innerhalb und außerhalb des Bereichs zwischen der 25. und 75. Perzentile als Box sichtbar. Der Messwert der 25. Perzentile liegt links und rechts bei 1. Der Wert der 75. Perzentile liegt links bei 1,25 und rechts bei 1,21. Der Median ist als horizontale Linie in der Box dargestellt. Er liegt sowohl links als auch rechts bei 1.

Es gibt auf der linken Seite Ausreißer der head- ratio nach oben und auf der rechten Seite Ausreißer der head- ratio nach oben und unten. Sie sind mit einem Kreis gekennzeichnet und liegen im 1,5- 3 fachen der Boxhöhe. Auf der rechten und linken Seite gibt es jeweils einen extremen Wert (head- ratio= 0,18), der um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach unten abweicht. Diese sind mit einem Stern gekennzeichnet.



**Abbildung 48** zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte der head- ratio als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite

### 3.2.2 Deskriptive Auswertung der qualitativen Messwerte

Jedes Röntgenbild wurde auf das Vorliegen einer Coxa profunda, einer Protrusio acetabuli oder ein cross- over- sign untersucht. Außerdem wurde bei jedem Fall bestimmt ob eine Arthrose vorlag. Diese wurde je nach Ausprägung nach den Kriterien von Kellgren und Lawrence in die Grade 1- 4 eingeteilt.

#### 3.2.2.1 Arthrose des Hüftgelenkes

**Tabelle 7** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Arthrosegrade 1- 4 nach Kellgren und Lawrence sowie die Anzahl der Hüftgelenke (Fälle) ohne Coxarthrose auf der linken Körperseite

Grad der Arthrose		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	0	367	22,7	26,9
	1	384	23,8	28,2
	2	376	23,3	27,6
	3	183	11,3	13,4
	4	53	3,3	3,9
	Gesamt	1363	84,4	100
Fehlend	System	251	15,6	
Gesamt		1614	100	

Oben stehende Tabelle zeigt, dass von allen 1363 linksseitig beurteilten Hüftgelenken 26,9% (367 Fälle) keine Coxarthrose aufweisen.

28,2% (384 Fälle) zeigen eine Arthrose I°. 27,6% (376 Fälle) der Fälle zeigen eine Arthrose II°. 13,4% (183 Fälle) haben eine Arthrose III° und 3,9% (53 Fälle) eine Arthrose IV° auf der linken Körperseite.

251 Fälle konnten nicht beurteilt werden. Die Gründe für den Ausschluss aus den Messungen sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 38 ersichtlich.

**Tabelle 8** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Arthrosegrade 1- 4 nach Kellgren und Lawrence sowie die Anzahl der Hüftgelenke (Fälle) ohne Coxarthrose auf der rechten Körperseite

Grad der Arthrose		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	0	403	25	31
	1	304	18,8	23,3
	2	318	19,7	24,4
	3	200	12,4	15,4
	4	77	4,8	5,9
	Gesamt	1302	80,7	100
Fehlend	System	311	19,3	
Gesamt		1614	100	

Obige Tabelle zeigt die Auswertungen der Coxarthrose auf der rechten Körperseite.

Von 1302 beurteilten Fällen weisen 31,0% (403 Fälle) keine Arthrose auf. 23,3% (304 Fälle) der untersuchten Fälle rechts haben eine Arthrose I°. 24,4% (318 Fälle) der Fälle eine Arthrose II° und 15,4% (200 Fälle) der Fälle eine Arthrose III°. 5,9% (77 Fälle) zeigen rechts eine Arthrose IV°.

311 rechte Hüftgelenke konnten nicht untersucht werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 37 ersichtlich.

### 3.2.2.2 Protrusio acetabuli

**Tabelle 9** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	16	1	1,2
	Nein	1347	83,5	98,8
	Gesamt	1363	84,4	100
Fehlend	System	251	15,6	
Gesamt		1614	100	

Obige Tabelle zeigt, dass 1363 linke Hüftgelenke beurteilt wurden. Davon zeigen 16 Fälle, was 1,2% entspricht eine Protrusio acetabuli. 1347 Fälle und damit 98,8% wiesen die Veränderung nicht auf.

251 Fälle konnten nicht beurteilt werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 38 ersichtlich.

**Tabelle 10** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	21	1,3	1,6
	Nein	1282	79,4	98,4
	Gesamt	1303	80,7	100
Fehlend	System	311	19,3	
Gesamt		1614	100	

Tabelle 12 zeigt, dass bei 1303 rechten Hüftgelenken beurteilt wurde ob eine Protrusio acetabuli vorliegt. 21 Fälle weisen eine Protrusio acetabuli vor. Dies entspricht 1,6% der untersuchten Fälle. 89,4%, entsprechend 1282 Fälle zeigen keine Protrusio acetabuli.

311 rechtsseitige Fälle konnten nicht beurteilt werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 37 ersichtlich.

### 3.2.2.3 Coxa profunda

**Tabelle 11** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Coxa profunda auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	253	15,7	18,6
	Nein	1110	68,8	81,4
	Gesamt	1363	84,4	100
Fehlend	System	251	15,6	
Gesamt		1614	100	

Oben stehende Tabelle zeigt, dass 1363 linke Hüftgelenke auf das genannte Merkmal untersucht wurden. 253 Fälle, entsprechend einem Anteil von 18,6%

der untersuchten Fälle zeigen eine Coxa profunda. 1110 Fälle und damit 81,4% wiesen die Veränderung nicht auf.

251 linksseitige Fälle konnten nicht untersucht werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Abbildung 38 ersichtlich.

**Tabelle 12** zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Coxa profunda auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	324	20,1	24,9
	Nein	979	60,7	75,1
	Gesamt	1303	80,7	100
Fehlend	System	311	19,3	
Gesamt		1614	100	

Obige Tabelle zeigt, dass 1303 rechte Hüftgelenke auf das Merkmal Coxa profunda untersucht wurden. Davon weisen 324, entsprechend 24,9% die Veränderung auf. 979 Fälle und damit 75,1% hatten keine Coxa profunda.

311 Fälle konnten nicht beurteilt werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 37 ersichtlich.

### 3.2.2.4 Cross- over- sign

**Tabelle 13** zeigt die absolute und relative Häufigkeit des cross- over- sign auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	249	15,4	18,3
	Nein	1114	69	81,7
	Gesamt	1363	84,4	100
Fehlend	System	251	15,6	
Gesamt		1614	100	

Wie Tabelle 15 zeigt, wurden 1363 linksseitige Fälle auf ein cross- over- sign untersucht. 249 Fälle und somit 18,3% zeigen ein cross- over- sign. 1114 Fälle, was 81,7% entspricht, zeigen es hingegen nicht.

251 linksseitige Fälle konnten nicht untersucht werden. Die Ursachen für den Ausschluss sind in Kapitel 3.1.1.4, Tabelle 38 ersichtlich.

**Tabelle 14** zeigt die absolute und relative Häufigkeit des cross- over- sign auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
Gültig	Ja	177	11	13,6
	Nein	1126	69,8	86,4
	Gesamt	1303	80,7	100
Fehlend	System	311	19,3	
Gesamt		1614	100	

Wie in oben stehender Tabelle ersichtlich, wurden 1303 rechtsseitige Fälle auf das Vorhandensein eines cross- over- sign untersucht. 13,6%, entsprechend 177 Fälle zeigen das Merkmal. 1126 Fälle und damit 86,4% waren negativ auf ein cross- over- sign.

Die Ursachen für den Ausschluss der 311 Hüftgelenke sind in Kapitel 3.1.1.4, in Tabelle 37 ersichtlich.

### 3.3 Korrelation der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie mit dem Alter

Es wurde untersucht ob eine Korrelation zwischen den Werten der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie, dem FAI und dem Lebensalter besteht. Aus den Werten der rechten und linken Körperseite eines Patienten wurde der Mittelwert gebildet. So konnten die verbundenen Messungen am selben Patienten berücksichtigt werden.

Es gab einen schwach positiven monotonen Zusammenhang nach Spearman von 0,334 zwischen Alter und dem Messwert des CE- Winkels ( $p=0,000$ ). Siehe Tabelle 17.

Außerdem war ein schwach negativ monotoner Zusammenhang nach Spearman zwischen Alter und den Messwerten des Acetabulumwinkels von -0,229 ersichtlich, ( $p=0,000$ ). Es bestand auch ein schwach negativ monotoner Zusammenhang nach Spearman von -0,218 zwischen den Werten des Femurkopfextrusionsindex und dem Alter ( $p=0,000$ ).

Die Werte untereinander zeigten teilweise ebenfalls Korrelationen.

Ein schwach positiv monotoner Zusammenhang nach Spearman von 0,506 bestand zwischen den Werten des Femurkopfextrusionsindex und des Dachschiefwinkel, ( $p=0,000$ ). Es bestand ein schwach positiv monotoner Zusammenhang nach Spearman von 0,426 zwischen den Werten des Acetabulumwinkels und des Femurkopfextrusionsindex ( $p=0,000$ ).

Ein schwach negativ monotoner Zusammenhang nach Spearman von -0,6 bestand zwischen den Werten des CE- Winkels und des Acetabulumwinkels, ( $p=0,000$ ). Ein schwach positiv monotoner Zusammenhang nach Spearman von 0,644 bestand zwischen den Werten des CE- Winkels und des Femurkopfextrusionsindex ( $p=0,000$ ).



**Tabelle 15** zeigt die Nichtparametrische Korrelation zwischen den radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie, dem FAI und dem Alter, relevante monotone Zusammenhänge nach Spearman und das Signifikanzniveau sind hervorgehoben

			Alter	CE- Winkel (MW)	Aceta- bulum- Winkel (MW)	Tiefe- zu- Weite- Ver- hältnis (MW)	Femur- kopfextru- sionsindex (MW)	Dach- schiefe- winkel (MW)	CCD- Win- kel(MW)	Head- ratio (MW)
Spe- arman- Rho	Alter	Korrelations- koeffizient	1,000	<b>,334**</b>	<b>-,299**</b>	,033	<b>-,218**</b>	<b>-,133**</b>	<b>-,205**</b>	<b>,135**</b>
		Sig. (2- seitig)		<b>,000</b>	<b>,000</b>	,181	<b>,000</b>	,000	,000	,000
		N	1614	1614	1614	1614	1614	1612	1611	1610
	CE- Winkel (MW)	Korrelations- koeffizient	,334	1,000	<b>-,600**</b>	,338	<b>-,644**</b>	<b>-,480**</b>	<b>-,138**</b>	,022
		Sig. (2- seitig)	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,372
		N	1614	1614	1614	1614	1614	1612	1611	1610
	Acetabu- lum- Winkel (MW)	Korrelations- koeffizient	<b>-,299**</b>	<b>-,600**</b>	1,000	<b>-,138**</b>	<b>,426**</b>	<b>,391**</b>	<b>,073**</b>	<b>-,153**</b>
		Sig. (2- seitig)	,000	,000		,000	,000	,000	,003	,000
		N	1614	1614	1614	1614	1614	1612	1611	1610
	Tiefe- zu- Weite- Verhältnis (MW)	Korrelations- koeffizient	,033	,338	<b>-,138**</b>	1,000	<b>-,384**</b>	<b>-,369**</b>	,052	<b>-,141**</b>
		Sig. (2- seitig)	,181	,000	,000		,000	,000	,038	,000
		N	1614	1614	1614	1614	1614	1612	1611	1610
	Femur- kopf- extrusion- sindex (MW)	Korrelations- koeffizient	<b>-,218**</b>	<b>-,644**</b>	<b>,426**</b>	<b>-,384**</b>	1,000	<b>,506**</b>	<b>,111**</b>	<b>,116**</b>
		Sig. (2- seitig)	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
		N	1614	1614	1614	1614	1614	1612	1611	1610
	Dach- schiefe- winkel (MW)	Korrelations- koeffizient	<b>-,133**</b>	<b>-,480**</b>	<b>,391**</b>	<b>-,369**</b>	<b>,506**</b>	1,000	,027	,030
		Sig. (2- seitig)	,000	,000	,000	,000	,000		,286	,224
		N	1612	1612	1612	1612	1612	1612	1610	1608
	CCD- Win- kel(MW)	Korrelations- koeffizient	<b>-,205**</b>	<b>-,138**</b>	<b>,073**</b>	<b>,052**</b>	<b>,111**</b>	<b>,027**</b>	1,000	<b>-,017**</b>
		Sig. (2- seitig)	,000	,000	,003	,038	,000	,286		,492
		N	1611	1611	1611	1611	1611	1610	1611	1608
	head - ratio (MW)	Korrelations- koeffizient	<b>,135**</b>	<b>,022**</b>	<b>-,153**</b>	<b>-,141**</b>	<b>,116**</b>	<b>,030**</b>	<b>-,017**</b>	1,000
		Sig. (2- seitig)	,000	,372	,000	,000	,000	,224	,492	
		N	1610	1610	1610	1610	1610	1608	1608	1610

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

### 3.4 Körperseitenspezifische Unterschiede

#### 3.4.1. Körperseitenspezifische Unterschiede der quantitativen Messwerte

Zur Untersuchung auf einen Unterschied der quantitativen Messwerte CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio wurde zwischen dem rechten und linken Hüftgelenk die Differenz gebildet.

Der Mittelwert der Differenz lag beim CE- Winkel bei  $-4,33^\circ \pm 9,19^\circ$  ( $63^\circ$ - $43^\circ$ ), beim Dachschiefewinkel bei  $-0,95^\circ \pm 5,82^\circ$  ( $-26^\circ$ -  $30^\circ$ ) und beim CCD- Winkel bei  $6,93^\circ \pm 7,12^\circ$  ( $-82^\circ$ - $-22^\circ$ ). Der Wert der rechten Körperseite war bei diesen Messvariablen größer als der der linken Seite.

Bei den Variablen Acetabulumwinkel, Tiefe- zu Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex und head- ratio war der Wert der linken Seite jeweils höher als der der rechten Seite. Wie Tabelle 18 zeigt lag der Mittelwert der Differenz beim Acetabulumwinkel bei  $0,69^\circ \pm 5,05^\circ$  ( $-23^\circ$ - $-28^\circ$ ), beim Tiefe- zu Weite- Verhältnis bei  $1,8\% \pm 8,67\%$  ( $-49,3\%$ -  $38,2\%$ ) und beim Femurkopfextrusionsindex bei  $0,28\% \pm 9,29\%$  ( $-95,2\%$ -  $38,9\%$ ).

Wie Tabelle 18 zeigt, wurden 1614 Hüftgelenke, dementsprechend 807 Patienten in die Berechnung einbezogen.

**Tabelle 16** zeigt die Lagemaße Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, 25. und 75. Perzentile und Median der Differenz der quantitativen Messwerte zwischen der linken und rechten Körperseite

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Maximum	Gesamtanzahl
CE-Winkel (Differenz)	-4,33	9,19	-63	-10	-4	1	43	1614
Acetabulumwinkel (Differenz)	0,69	5,05	-23	-2	1	4	28	1614
Tiefe- zu- Weite-Verhältnis (Differenz)	1,8	8,67	-49,3	-3	2,1	6,55	38,2	1614
Femurkopfextrusionsindex (Differenz)	0,28	9,29	-95,2	-4,5	0	5,3	38,9	1614
Dachschiefwinkel (Differenz)	-0,95	5,82	-26	-4	0	2	30	1614
CCD- Winkel (Differenz)	-6,93	7,12	-82	-11	-7	-3	22	1614
head- ratio (Differenz)	0,04	0,25	-1,22	0	0	0,1	2,18	1614

Es wurde auf signifikante Unterschiede der quantitativen Messvariablen CE-Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefwinkel, CCD- Winkel und head- ratio zwischen der linken und rechten Seite untersucht.

Basierend auf dem gepaarten t- Test unter Annahme einer Normalverteilung konnten bei der Paarung des Wertes der rechten und linken Seite signifikante Unterschiede zwischen der linken und rechten Seite bei den Variablen CE-Winkel ( $p < 0,001$ ), Acetabulumwinkel ( $p < 0,001$ ), Tiefe- zu- Weite- Verhältnis ( $p < 0,001$ ), Dachschiefwinkel ( $p < 0,001$ ), CCD- Winkel ( $p < 0,001$ ) und head-ratio ( $p < 0,001$ ) gefunden werden.

Die Messvariable Femurkopfextrusionsindex zeigte keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,336$ ).

Tabelle 19 zeigt die Paarung des Wertes der rechten und linken Körperseite der Messvariablen. Es sind das Niveau der zweiseitigen Signifikanz des gepaarten

T- Tests, der Mittelwert, die Standardabweichung (genaue Beschreibung siehe oben) und das 95% Konfidenzintervall zu sehen.

**Tabelle 17** Gepaarter T- Test der gepaarten Stichproben CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio der rechten und linken Körperseite

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paa- ren 1	CE-Winkel (links) – CE- Winkel (rechts)	- 4,32605	9,19278	,28343	- 4,8821 9	- 3,7699 0	- 15,26 3	105 1	,000
Paa- ren 2	Acetabulumwinkel (links) - Acetabulum- winkel (rechts)	,69202	5,04690	,15560	,38669	,99734	4,447	105 1	,000
Paa- ren 3	Tiefe- zu- Weite- Ver- hältnis (links) - Tiefe- zu- Weite- Verhältnis (rechts)	1,79857	8,67261	,26739	1,2739 0	2,3232 5	6,726	105 1	,000
Paa- ren 4	Femurkopfextrusions- index (links) - Femur- kopfextrusionsindex (rechts)	,27543	9,28556	,28629	-,28633	,83719	,962	105 1	,336
Paa- ren 5	Dachschiefewinkel (links) - Dachschiefe- winkel (rechts)	-,94723	5,81505	,17980	- 1,3000 4	-,59442	-5,268	104 5	,000
Paa- ren 6	CCD- Winkel (links) - CCD- Winkel (rechts)	- 6,92952	7,11694	,21963	- 7,3605 0	- 6,4985 5	- 31,55 0	104 9	,000
Paa- ren 7	Head- ratio (links) – head- ratio (rechts)	,03668	,24777	,00765	,02166	,05170	4,793	104 7	,000

### 3.4.2 Körperseitenspezifische Unterschiede der qualitativen Messwerte

Es wurde untersucht ob es bei den Diagnosen Coxa profunda, Protrusio acetabuli und cross- over- sign einen Unterschied in der Häufigkeit zwischen der rechten und linken Körperseite gibt.

#### 3.4.2.1 Coxa profunda

Die Variable Coxa profunda zeigte mit  $p < 0,001$  einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit zwischen der rechten und linken Körperseite. Es wurden 1052 Fälle untersucht.

Eine genaue Betrachtung der Verteilung der Diagnose Coxa profunda zeigte, dass bei 144 Patienten eine Coxa profunda sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite vorlag. In 51 Fällen lag das Merkmal nur auf der linken Seite vor, in 118 Fällen nur auf der rechten Seite. 739 Patienten zeigten weder auf der rechten noch auf der linken Seite eine Coxa profunda. Insgesamt zeigten 24,9% der 1052 betrachteten Fälle die Diagnose einer Coxa profunda.

#### 3.4.2.2 Protrusio acetabuli

Die Diagnose Protrusio acetabuli zeigte einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit zwischen der rechten und linken Körperseite. Das 2-seitige Signifikanzniveau zeigte mit  $p=0,022$  den signifikanten Unterschied.

Das Merkmal Protrusio acetabuli kam bei 6 Patienten sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite vor. Bei 11 Patienten lag es nur auf der rechten Seite und bei 2 Patienten nur auf der linken Seite vor. Insgesamt zeigten 17 von 1052 Fälle, was einer Quote von 1,6% entspricht eine Coxa profunda. 98,4% wiesen das Merkmal nicht auf.

#### 3.4.2.3 Cross- over- sign

Das 2- seitige Signifikanzniveau ( $p<0,001$ ) zeigte für die Diagnose des cross-over- sign einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit des Vorkommens auf der rechten und linken Körperseite.

126 Patienten zeigten auf beiden Körperseiten ein cross- over- sign. Bei 25 Fällen lag das cross- over- sign nur auf der rechten Körperseite und bei 61 Fällen nur auf der linken Körperseite vor. Im Gesamten hatten 151 Fälle, was einem Anteil von 14,4% entspricht ein cross- over- sign. 840 Fälle, entsprechend 85,6% zeigten weder auf der rechten noch auf der linken Seite ein cross- over- sign.

## 3.5 Untersuchungen zur Coxarthrose

### 3.5.1 Prävalenz der Coxarthrose, Grad der Ausprägung und körperseitenspezifische Unterschiede

Es wurden 1363 linke Hüftgelenke und 1302 rechte Hüftgelenke auf die Zeichen einer Coxarthrose untersucht.

In Abbildung 49 ist zu sehen, dass 28,89% der untersuchten Fälle, davon 367 linksseitige und 403 rechtsseitige Hüftgelenke keine Arthrose zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme aufzeigten. Rechts sind es mit 15,12% (n= 403) mehr als links mit 13,77% (n= 367).

71,11% der Fälle waren positiv auf die Diagnose einer Coxarthrose.

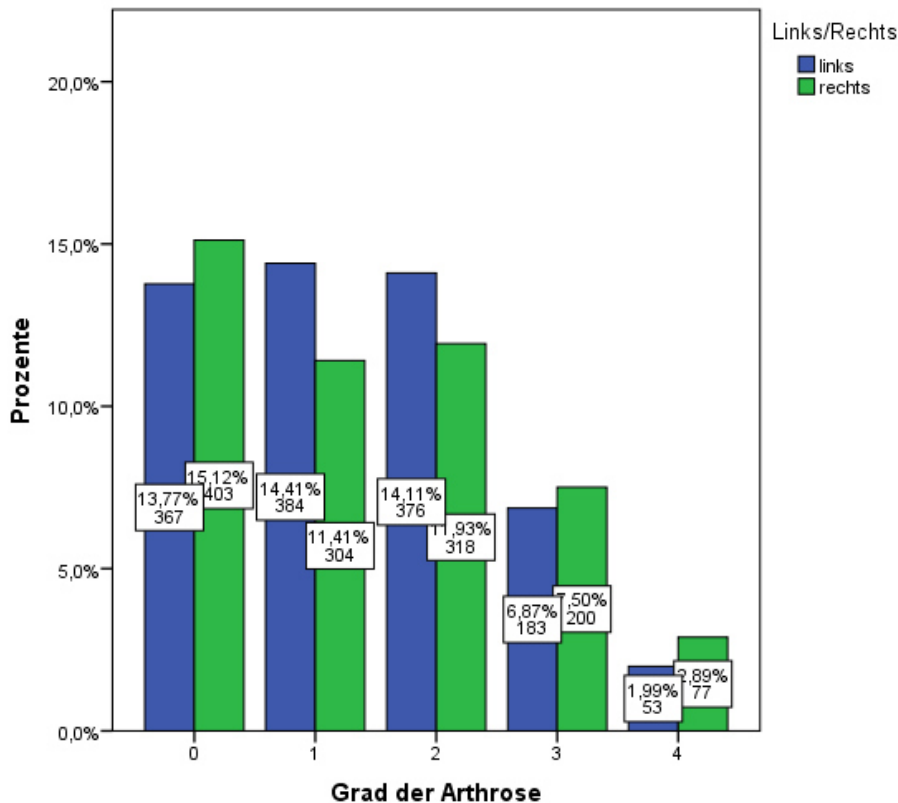
Eine Arthrose I° zeigten 25,82%. Davon fielen 14,41% (n= 384) auf die linke Seite und 11,41% (n= 304) auf die rechte Seite.

Eine Arthrose II° wiesen 26,04% der Fälle auf. 14,11% (n=376) der Coxarthrosenfälle II° liegen auf der linken Seite und 11,93% (n= 318) auf der rechten Seite. Die Arthrose II° war unter den Arthrosenfällen am häufigsten aufzufinden. Dies verdeutlicht Abbildung 49.

Bei Patienten mit einer Coxarthrose I° und II° war das linke Hüftgelenk häufiger betroffen als das rechte Hüftgelenk.

14,37% zeigten eine Arthrose III°. Das linke Hüftgelenk war in 6,87% (n= 183) und das rechte Hüftgelenk in 7,5% (n= 200) betroffen. Siehe auch Abbildung 49.

Wie Abbildung 49 zeigt, hatten 4,88% der beobachteten Hüftgelenke eine Arthrose IV°. Davon lagen 1,99% (n= 53) der Fälle auf der linken und 2,89% (n= 77) der Fälle auf der rechten Seite.



**Abbildung 49** zeigt die Arthrosehäufigkeit in getrennt für die linke und rechte Hüfte nach dem Grad der Coxarthrose nach den Stadien von Kellgren und Lawrence (0- 4).

### 3.5.2 Zusammenhang zwischen Coxarthrose und dem Lebensalter

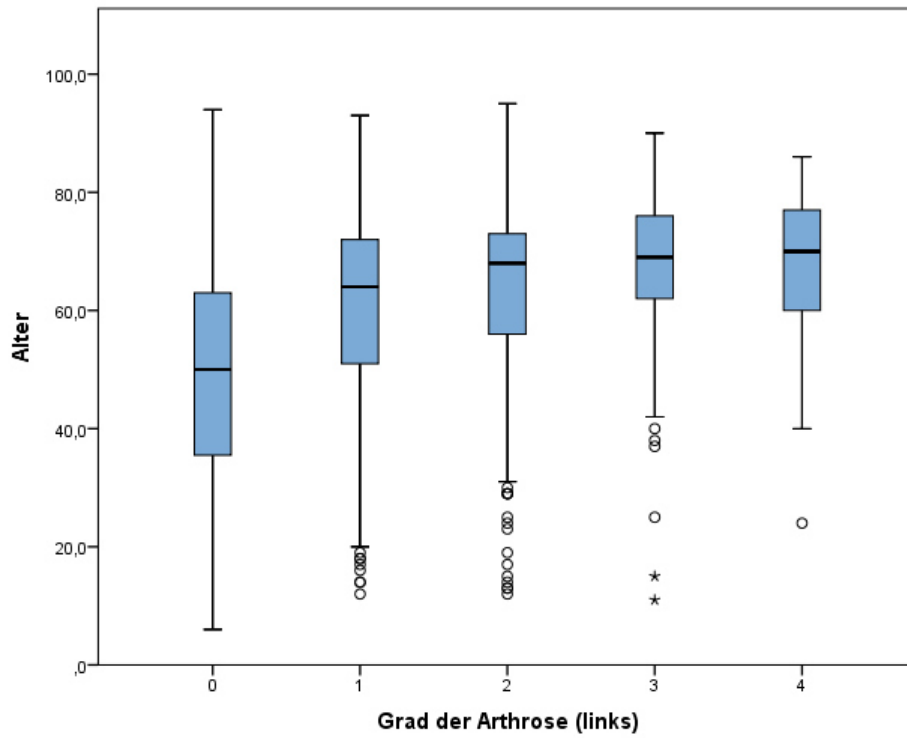
Es zeigte sich ein schwacher Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem Grad der Coxarthrose.

Der Kendall- Tau- b Rangkorrelationskoeffizient zeigte einen schwach positiven Zusammenhang von  $\tau = 0,291$  für den Zusammenhang des Grades der Coxarthrose auf der linken Seite und dem Lebensalter ( $p < 0,001$ ).

Für die rechte Körperseite bestand ebenfalls ein schwach positiver Zusammenhang  $\tau = 0,275$  für den Grad der Coxarthrose und dem Alter ( $p < 0,001$ ).

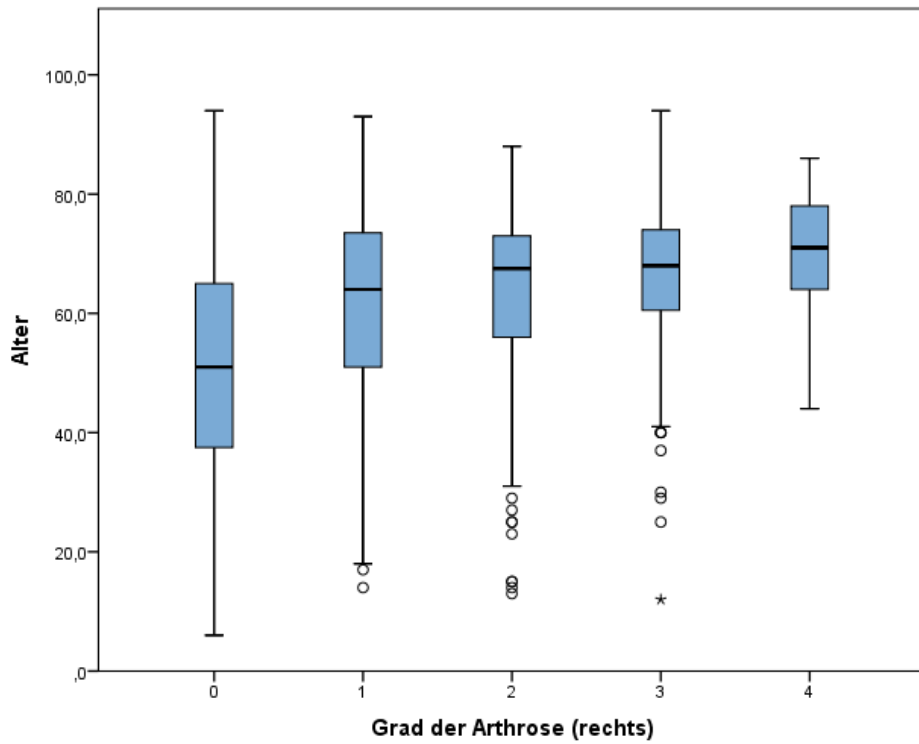
Die Abbildungen 50 und 51 zeigen für das linke und rechte Hüftgelenk getrennt den Zusammenhang zwischen Schweregrade der Coxarthrose und dem Alter.

Es ist zu erkennen, dass es auf beiden Körperseiten einen Altersanstieg mit zunehmendem Grad der Arthrose gab.



**Abbildung 50** zeigt im gruppierten Boxplot die Altersverteilung der Patienten ohne Coxarthrose bzw. mit Coxarthrose auf der linken Seite. Patienten mit Coxarthrose sind nach dem Schweregrad in 4 Gruppen eingeteilt (Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence)





**Abbildung 51** zeigt im gruppierten Boxplot die Altersverteilung der Patienten ohne Coxarthrose bzw. mit Coxarthrose auf der rechten Seite. Patienten mit Coxarthrose sind nach dem Schweregrad in 4 Gruppen eingeteilt (Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence)

### 3.6 Geschlechtsspezifische Unterschied der Messwerte

#### 3.6.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede der quantitativen Messwerte

Es wurde analysiert ob es bei den qualitativen Messwerten CE- Winkel, Acetabulum-Winkel, Tiefe- zu- Weite Verhältnis, Femurkopffextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio einen Unterschied zwischen den Geschlechtern gibt.

Hierfür wurden alle Fälle nach dem Geschlecht getrennt im Vergleich beurteilt.

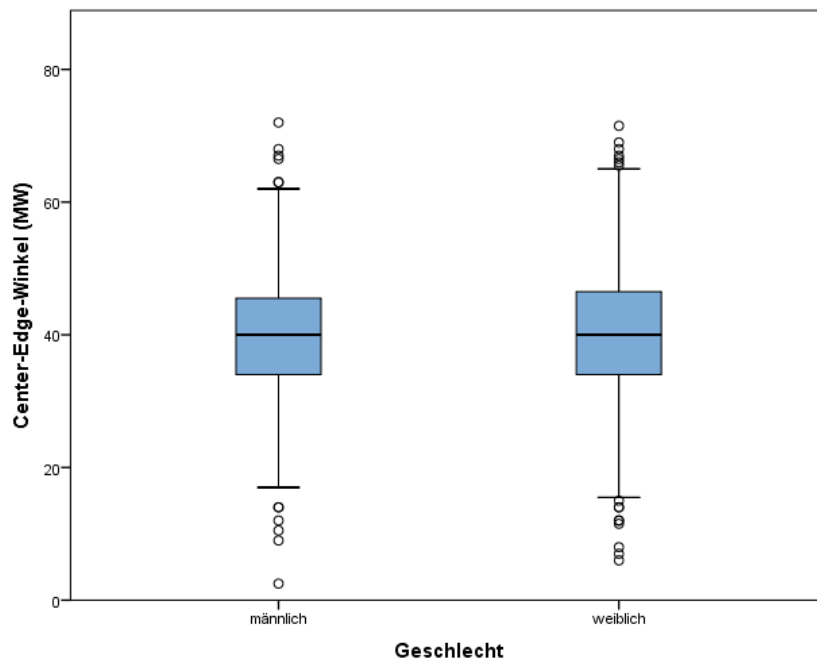
**Tabelle 18** gibt einen Überblick über die oben genannten Lagemaße der quantitativen Messwerte CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopffextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio nach Geschlecht getrennt

			Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Maximum	Gültige N
CE- Winkel (MW)	Geschlecht	männlich	39,72	9,06	2,50	34,00	40,00	45,50	72,00	716
		weiblich	40,45	9,97	6,00	34,00	40,00	46,50	71,50	898
		Gesamt	40,12	9,58	2,50	34,00	40,00	46,00	72,00	1614
Acetabulum-Winkel (MW)	Geschlecht	männlich	34,29	4,22	12,00	32,00	34,00	37,00	50,00	716
		weiblich	35,41	4,77	20,00	32,50	35,50	38,50	55,00	898
		Gesamt	34,91	4,57	12,00	32,00	35,00	38,00	55,00	1614
Tiefe- zu- Weite-Verhältnis (MW)	Geschlecht	männlich	56,50	7,30	28,50	52,50	56,45	61,10	84,85	716
		weiblich	60,13	8,41	23,50	55,55	60,00	64,70	100,00	898
		Gesamt	58,52	8,14	23,50	53,90	58,35	63,20	100,00	1614
Femurkopffextrusionsindex (MW)	Geschlecht	männlich	14,26	8,33	0,00	10,00	14,25	18,90	50,00	716
		weiblich	11,83	8,28	0,00	5,90	11,88	17,15	50,00	898
		Gesamt	12,91	8,39	0,00	6,70	12,55	17,85	50,00	1614
Dachschiefewinkel (MW)	Geschlecht	männlich	9,33	4,35	0,00	6,00	8,50	11,50	30,00	715
		weiblich	9,32	4,55	0,00	6,00	8,50	12,00	32,00	897
		Gesamt	9,32	4,46	0,00	6,00	8,50	11,50	32,00	1612
CCD- Winkel (MW)	Geschlecht	männlich	131,03	6,80	92,00	127,00	130,50	135,50	157,00	713
		weiblich	131,14	7,21	97,00	126,50	131,00	135,50	158,00	898
		Gesamt	131,09	7,03	92,00	126,50	131,00	135,50	158,00	1611
head- ratio (MW)	Geschlecht	männlich	1,23	,29	0,00	1,00	1,12	1,42	2,33	714
		weiblich	1,07	,19	,18	1,00	1,00	1,10	2,10	896
		Gesamt	1,14	,25	0,00	1,00	1,00	1,25	2,33	1610

### 3.6.1.1 CE- Winkel

Tabelle 21 zeigt, dass der Mittelwert des CE- Winkels bei Männern mit  $39,72^\circ \pm 9,06^\circ$  ( $2,5^\circ$ - $72^\circ$ ) kleiner war als bei den Frauen mit  $40,45^\circ \pm 9,97^\circ$  ( $6^\circ$ -  $71,5^\circ$ ).

Abbildung 52 zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels nach dem Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.

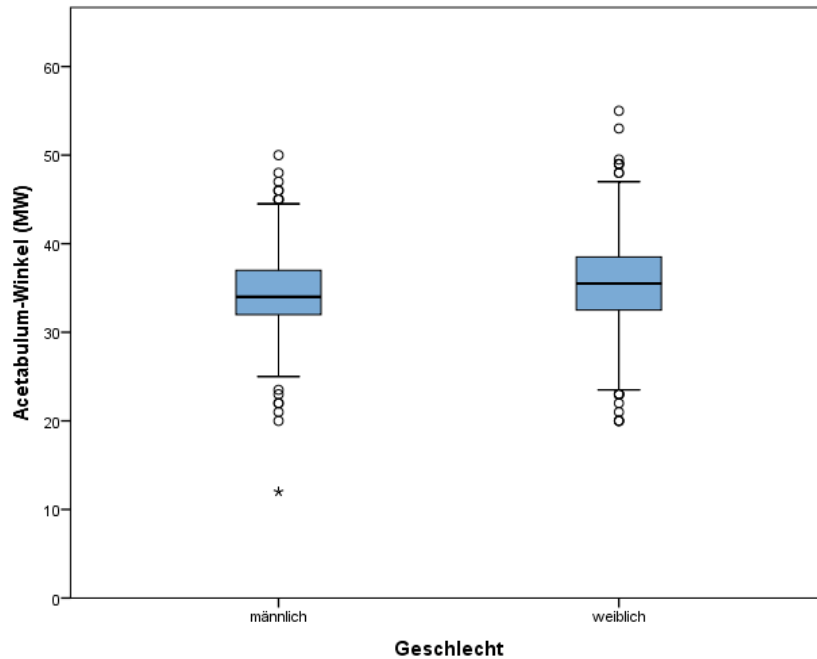


**Abbildung 52** zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

### 6.6.1.2 Acetabulumwinkel

Wie Tabelle 21 zeigt, lag die Mittelwert des Acetabulumwinkel der Geschlechter eng beieinander. Der weibliche Mittelwert betrug  $35,41^\circ \pm 4,77^\circ$  ( $20^\circ$ - $55^\circ$ ), der männliche Mittelwert betrug  $34,29^\circ \pm 4,22^\circ$  ( $12^\circ$ - $50^\circ$ ).

Beim männlichen Geschlecht gab es einen extremen Wert der um mehr als das Dreifache der Boxhöhe nach unten abwich.



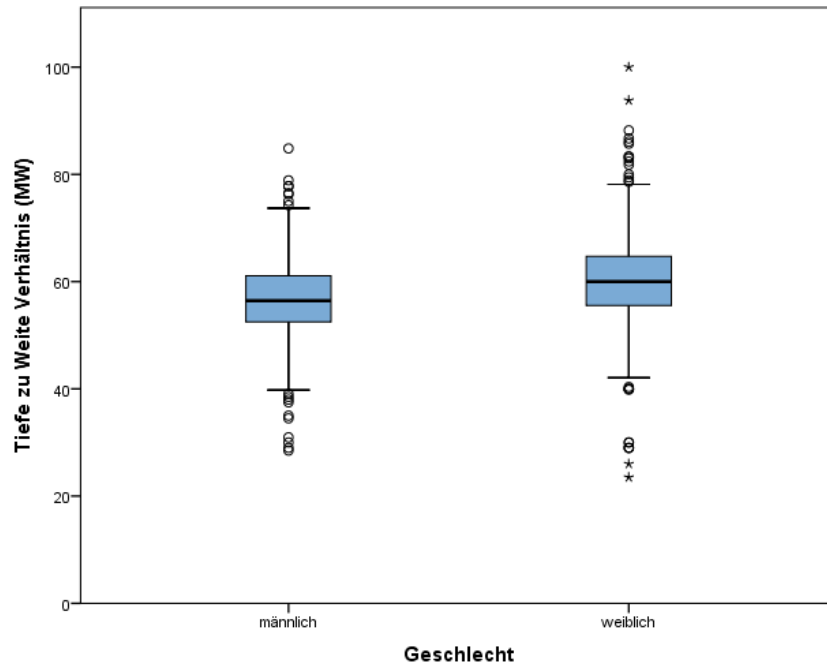
**Abbildung 53** zeigt die Verteilung der Werte des Acetabulumwinkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

Der T- Test für die Mittelwertgleichheit zeigte im geschlechtsspezifischen Vergleich einen signifikanten Unterschied beim Acetabulumwinkel zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

### 3.6.1.3 Tiefe- zu- Weite Verhältnis

Wie in Tabelle 21 zu sehen, lag beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis der Mittelwert der männlichen Hüften bei  $56,5\% \pm 7,3\%$  (28,5%-84,85%). Der der weiblichen Hüften lag bei  $60,13\% \pm 8,41\%$  (23,5%-100%) und war somit größer.

Extreme Werte gab es beim weiblichen Geschlecht ober- und unterhalb der Box. Diese mit einem Stern gekennzeichneten Werte lagen um mehr als das Dreifache von der Boxhöhe entfernt.



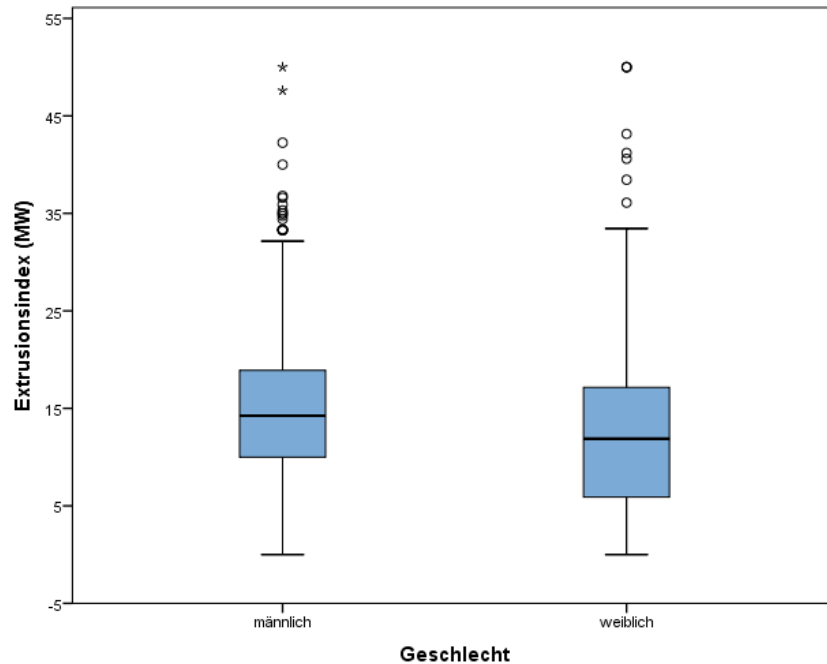
**Abbildung 54** zeigt die Verteilung der Messwerte des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

Der T- Test für die Mittelwertgleichheit zeigte im geschlechtsspezifischen Vergleich einen signifikanten Unterschied beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

#### 3.6.1.4 Femurkopfextrusionsindex

Beim Femurkopfextrusionsindex lag der Mittelwert bei den Männern bei  $14,26\% \pm 8,33\%$  (0%-50%), bei den Frauen niedriger mit  $11,83\% \pm 8,28\%$  (0%-50%), siehe Tabelle 21.

Wie in Tabelle 21 und Abbildung 55 zu sehen, lag der Median des Femurkopfextrusionsindex beim männlichen Geschlecht bei  $14,25\%$  und beim weiblichen Geschlecht bei  $11,88\%$ . Der Median ist als horizontale Linie in der Box dargestellt.



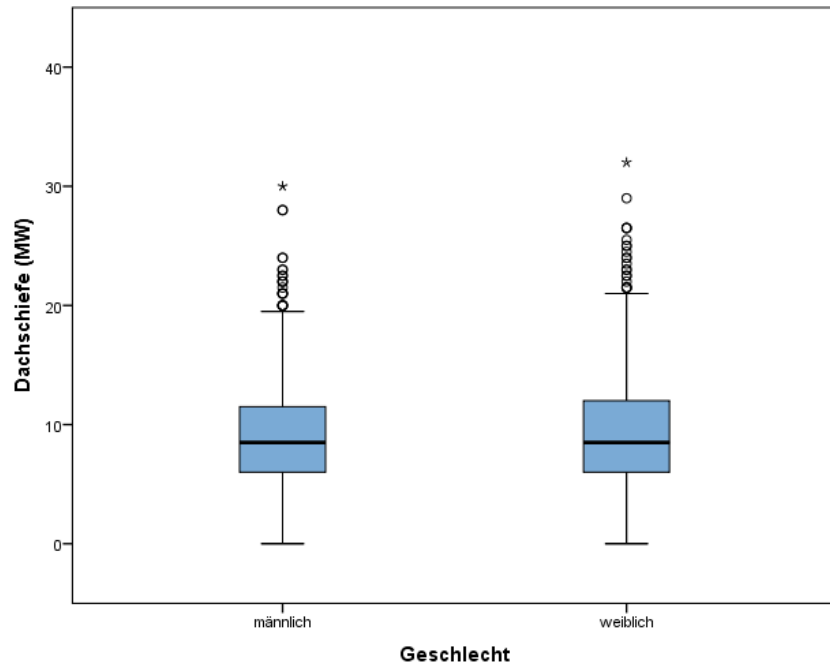
**Abbildung 55** zeigt die Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindexes nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

Der T- Test für die Mittelwertgleichheit zeigte im geschlechtsspezifischen Vergleich einen signifikanten Unterschied beim Femurkopfextrusionsindex zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

### 3.6.1.5 Dachschiefewinkel

Tabelle 21 zeigt, dass der Mittelwert des Dachschiefewinkel bei den männlichen Fällen bei  $9,33^\circ \pm 4,35^\circ$  ( $0^\circ$ - $30^\circ$ ) und bei den weiblichen Fällen bei  $9,32^\circ \pm 4,55^\circ$  ( $0^\circ$ -  $32^\circ$ ) lag.

Werte die die Boxgröße um mehr als das Dreifache überschritten sind mit einem Stern gekennzeichnet. Sie kamen bei beiden Geschlechtern vor. Diese als extreme Werte definierte Messergebnisse waren beim weiblichen Geschlecht größer als beim männlichen Geschlecht.

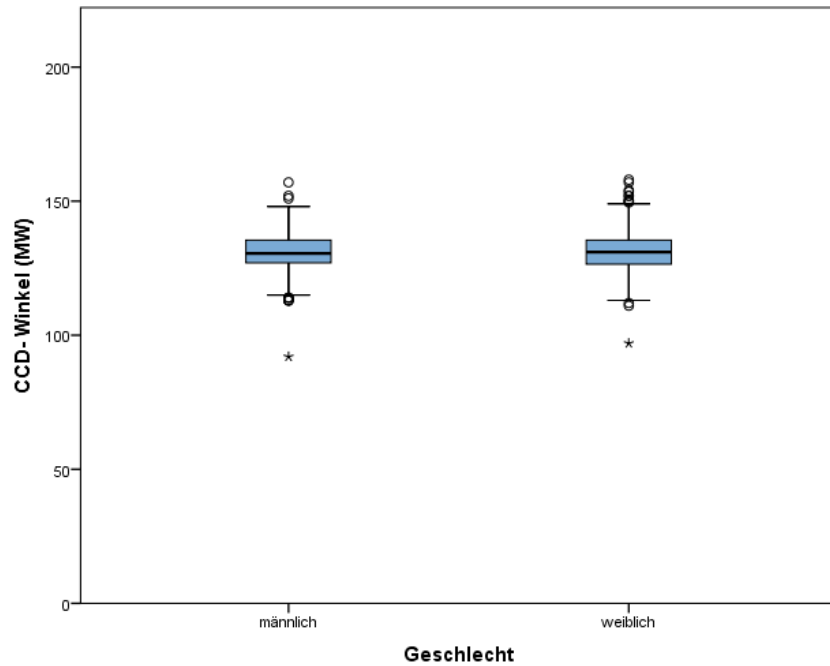


**Abbildung 56** zeigt die Messwerte des Dachschiefwinkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

### 3.6.1.6 CCD- Winkel

Wie in Tabelle 21 zu sehen, lagen die Mittelwerte des CCD- Winkels des männlichen Geschlechts mit  $131,03^\circ \pm 6,8^\circ$  ( $92^\circ$ - $157^\circ$ ) dicht an denen des weiblichen Geschlechts. Hier lag der Mittelwert bei  $131,14^\circ \pm 7,21^\circ$  ( $97^\circ$ - $158^\circ$ ).

Messwerte die um mehr als das Dreifache von der Boxgröße abweichen sind als Stern abgebildet. Sie kamen hier bei beiden Geschlechtern nach unten hin vor.



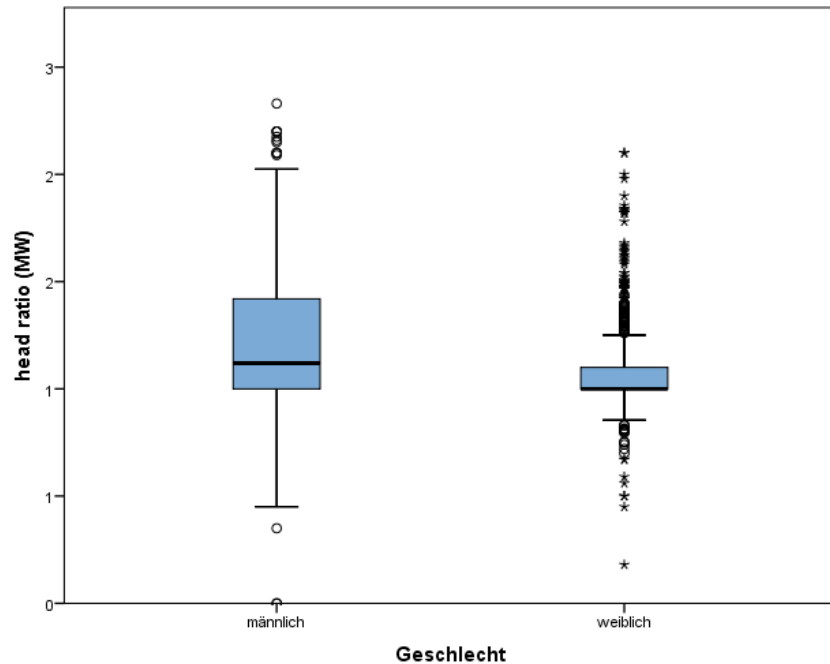
**Abbildung 57** zeigt die Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

### 3.6.1.7 Head- ratio

Wie Tabelle 21 zeigt, lag der Mittelwert der head- ratio bei den Männern bei  $1,23 \pm 0,29$  (0,16-2,33) und bei den Frauen bei  $1,07 \pm 0,19$  (0,18-2,1).

Extreme Werte die als Stern markiert sind waren größer als das Dreifache der Boxgröße und fanden sich hier beim weiblichen Geschlecht nach unten.





**Abbildung 58** zeigt die Verteilung der Messwerte der head- ratio nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot

Der T- Test für die Mittelwertgleichheit zeigte einen signifikanten Unterschied im geschlechtsspezifischen Vergleich bei der head- ratio zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

### 3.6.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede der qualitativen Messwerte

Es wurde auf einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit bei den Messvariablen Coxa profunda, Protrusio acetabuli und cross- over- sign zwischen Männern und Frauen untersucht.

#### 3.6.2.1 Coxa profunda

Von allen Messungen die die Veränderung Coxa profunda auf der linken Seite aufwiesen, waren diese zu 21,3% (54 Fälle) beim männlichen Geschlecht und zu 78,7% (199 Fälle) beim weiblichen Geschlecht zu erkennen.

Bei den Männern zeigen 9,1% eine Coxa profunda und bei den Frauen 25,8%. Werden die Geschlechter zusammengefasst kommt man auf eine Quote von 18,6%. Es wurden 1363 Fälle untersucht.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Coxa profunda auf der linken Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

25,9% (84 Fälle) der Fälle einer Coxa profunda der rechten Körperseite betrafen das männliche Geschlecht und 74,1% (240 Fälle) das weibliche Geschlecht. Es waren 14,4% der männlichen Hüftgelenke und 33,3% der weiblichen Hüftgelenke betroffen.

Fasst man die Quoten von Männern und Frauen zusammen, so waren 24,9% der Fälle betroffen. Es wurden 1303 Fälle beurteilt.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Coxa profunda auf der rechten Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p < 0,001$ ).

### 3.6.2.2 Protrusio acetabuli

Es waren 8 Hüftgelenke bei Männern und Frauen von einer Protrusio acetabuli betroffen. Es waren 1,3% (8 Fälle) der männlichen und 1% (8 Fälle) der weiblichen Hüftgelenke betroffen. Es wurden 1363 Fälle beurteilt.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der linken Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p = 0,598$ ).

Es waren 23,8% der Fälle einer Protrusio acetabuli auf der rechten Körperseite an männlichen und 76,2% an weiblichen Hüftgelenken zu finden.

Dies entsprach einer Quote unter den Männern von 0,9% (5 Fälle) und einer unter den Frauen von 2,2% (16 Fälle). Es wurden 1303 Fälle beurteilt.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der rechten Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p= 0,053$ ).

### 3.6.2.3 Cross- over- sign

Es wurden 593 männliche und 770 weibliche linksseitige Hüftgelenke auf das Vorhandensein des cross- over- sign untersucht. 42,2% der betroffenen Hüftgelenke waren männlich und 57,8% weiblich.

Es waren 17,7% (105 Fälle) der Männer und 18,7% (144 Fälle) der Frauen betroffen. Insgesamt wurden 1363 Hüftgelenke beurteilt.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit des cross- over- sign auf der linken Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p= 0,638$ ).

Desweiteren wurden 582 männliche und 721 weibliche rechtsseitige Hüftgelenke auf ein cross- over- sign untersucht.

45,2% der betroffenen Hüftgelenke waren männlich und 54,8% weiblich.

Insgesamt betrug die Quote bei den Frauen 13,5% (97 Fälle) und bei den Männern 13,7% (80 Fälle). Es wurden 1303 Fälle untersucht.

Der Chi- Quadrat Test nach Pearson zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit des cross- over- sign auf der rechten Körperseite zwischen Männern und Frauen ( $p= 0,878$ ).

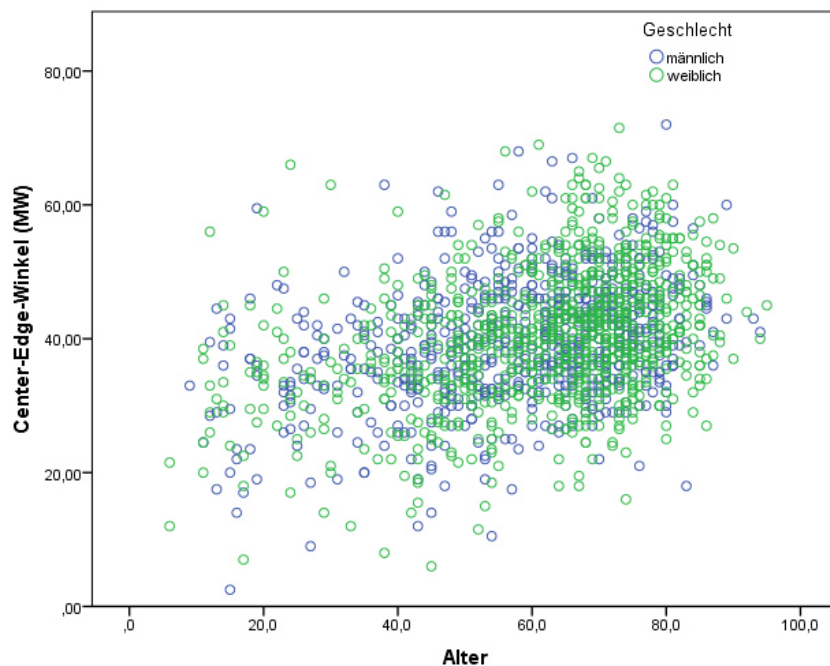
### 3.7 Veränderungen der Verläufe der quantitativen Messwerte bei Mann und Frau getrennt

Es wurde analysiert ob und wie sich die Messwerte des CE- Winkels, Acetabulumwinkels, Tiefe- zu- Weite Verhältnisses, Femurkopfextrusionsindexes, des Dachschiefewinkel, des CCD- Winkels und der head- ratio mit dem Alter und Geschlecht verändern.

Es korrelierte die Größe des Messwertes beim CE- Winkel bei den Männern etwas weniger stark mit 0,306 als bei den Frauen mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,351( $p < 0,001$ ).

Dies bedeutet, dass bei beiden Geschlechtern der CE- Winkel mit steigendem Alter größer wurde.

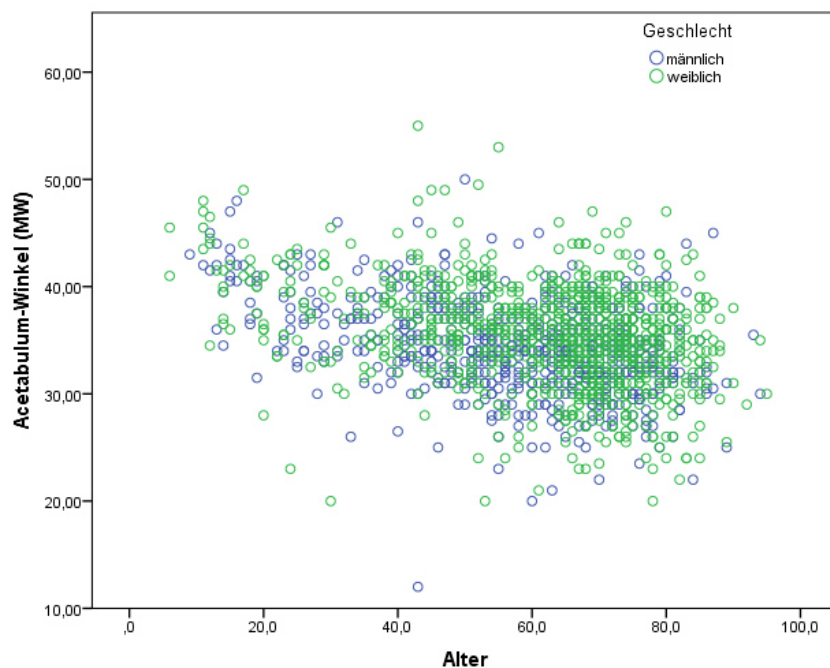
Abbildung 59 zeigt die Lage der Messwerte des CE- Winkels im Verlauf des Alters für Männer und Frauen getrennt.



**Abbildung 59** zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkel nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des CE- Winkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt

Der Acetabulumwinkel zeigte bei den Männern eine größere negative Korrelation nach Spearman mit einem Korrelationskoeffizienten von  $-0,336$  als bei den Frauen mit  $-0,310$  ( $p < 0,001$ ) mit dem Alter. Dies bedeutet, dass der Acetabulumwinkel mit steigendem Lebensalter kleiner wurde.

Abbildung 60 zeigt die Lage der aus der rechten und linken Seite gemittelten Messwerte des Acetabulumwinkels im Verlauf des Alters für Männer und Frauen getrennt.



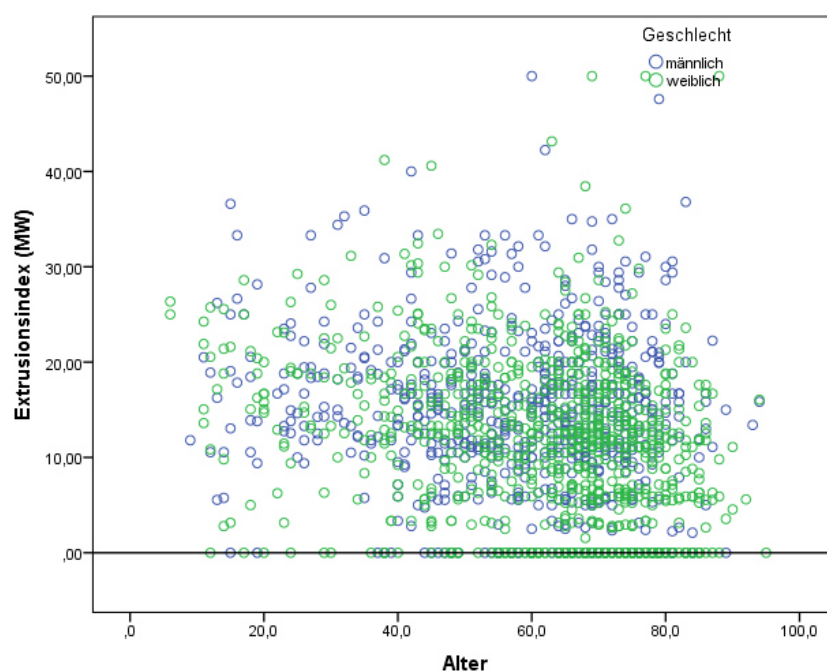
**Abbildung 60** zeigt die Verteilung der Messwerte des Acetabulumwinkels nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des Acetabulumwinkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt

Beim Tiefe- zu Weite Verhältnis bei den Männern lag eine negative Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von  $-0,035$  vor, beim weiblichen Geschlecht hingegen eine leicht positive Korrelation von  $0,031$ . Dieses Ergebnis war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,353$ ).

Beim Femurkopfextrusionsindex zeigten beide Geschlechter eine negative Korrelation nach Spearman mit dem Alter. Männer zeigten eine schwächere negative Korrelation mit einem Koeffizienten von  $-0,120$  und Frauen von  $-0,266$ .

Dieses Ergebnis war nicht signifikant ( $p= 0,001$ ).

Abbildung 61 zeigt die Lage der aus der rechten und linken Seite gemittelten Messwerte des Femurkopfextrusionsindex im Verlauf des Alters für Männer und Frauen getrennt.



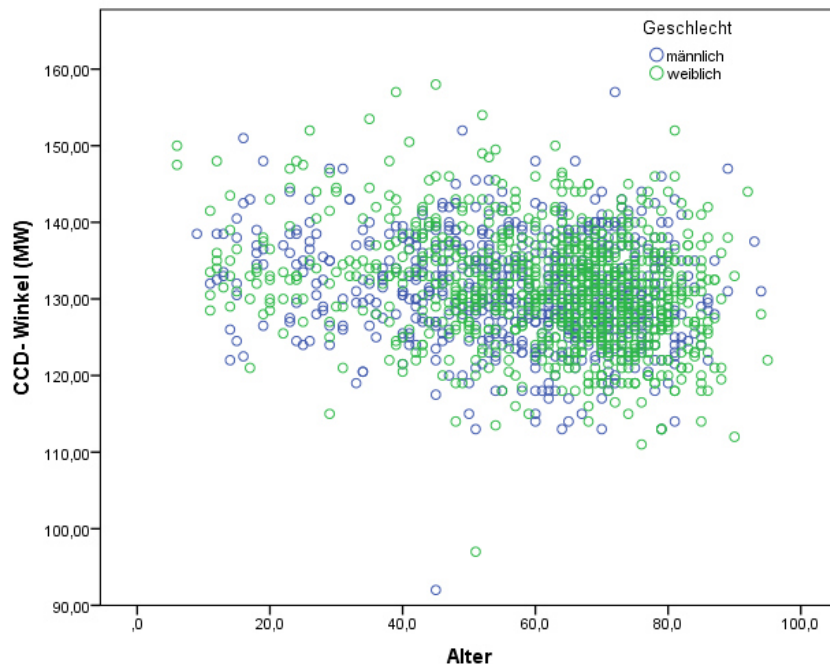
**Abbildung 61** zeigt die Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindexes nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des Femurkopfextrusionsindexes, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt

Die Werte des Dachschiefwinkels korrelierten negativ mit dem Alter. Männer zeigten einen Korrelationskoeffizienten nach Spearman von  $-0,144$  und Frauen von  $-0,125$  ( $p<0,001$ ). Dies bedeutet, dass mit steigendem Lebensalter der Messwert des Dachschiefwinkels kleiner wurde.

Der CCD- Winkel korrelierte bei den Frauen mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman deutlich negativer als bei den Männern. Frauen hatten einen

Korrelationskoeffizienten von -0,249 und Männer -0,149 ( $p < 0,001$ ). Dies bedeutet, dass mit steigendem Alter der CCD- Winkel kleiner wurde.

Abbildung 62 zeigt die Lage der Messwerte des CCD- Winkels im Verlauf des Alters für Männer und Frauen getrennt.



**Abbildung 62** zeigt die Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des CCD- Winkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt

Die Werte der head- ratio korrelierten bei beiden Geschlechtern positiv mit dem Alter. Frauen hatten einen Korrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,190 und Männer von 0,180 ( $p < 0,001$ ). Dies bedeutet, dass der Wert der head- ratio mit steigendem Lebensalter größer wurde.

### 3.8 Qualitative Messwerte und Verhalten der Häufigkeit mit steigendem Alter

Es wurde untersucht ob es bei den qualitativen Messvariablen zu einer steigenden Häufigkeit im höheren Lebensalter kommt. In den statistischen Analysen konnte gezeigt werden, dass das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit der Diagnosen Protrusio acetabuli links ( $p= 0,175$ ) und rechts ( $p= 0,168$ ), Coxa profunda links ( $p= 0,409$ ) und rechts ( $p= 0,214$ ) und cross- over- sign links ( $p= 0,192$ ) und rechts ( $p= 0,008$ ) hatte.

### 3.9 Korrelation des Schweregrades der Coxarthrose mit den Messvariablen

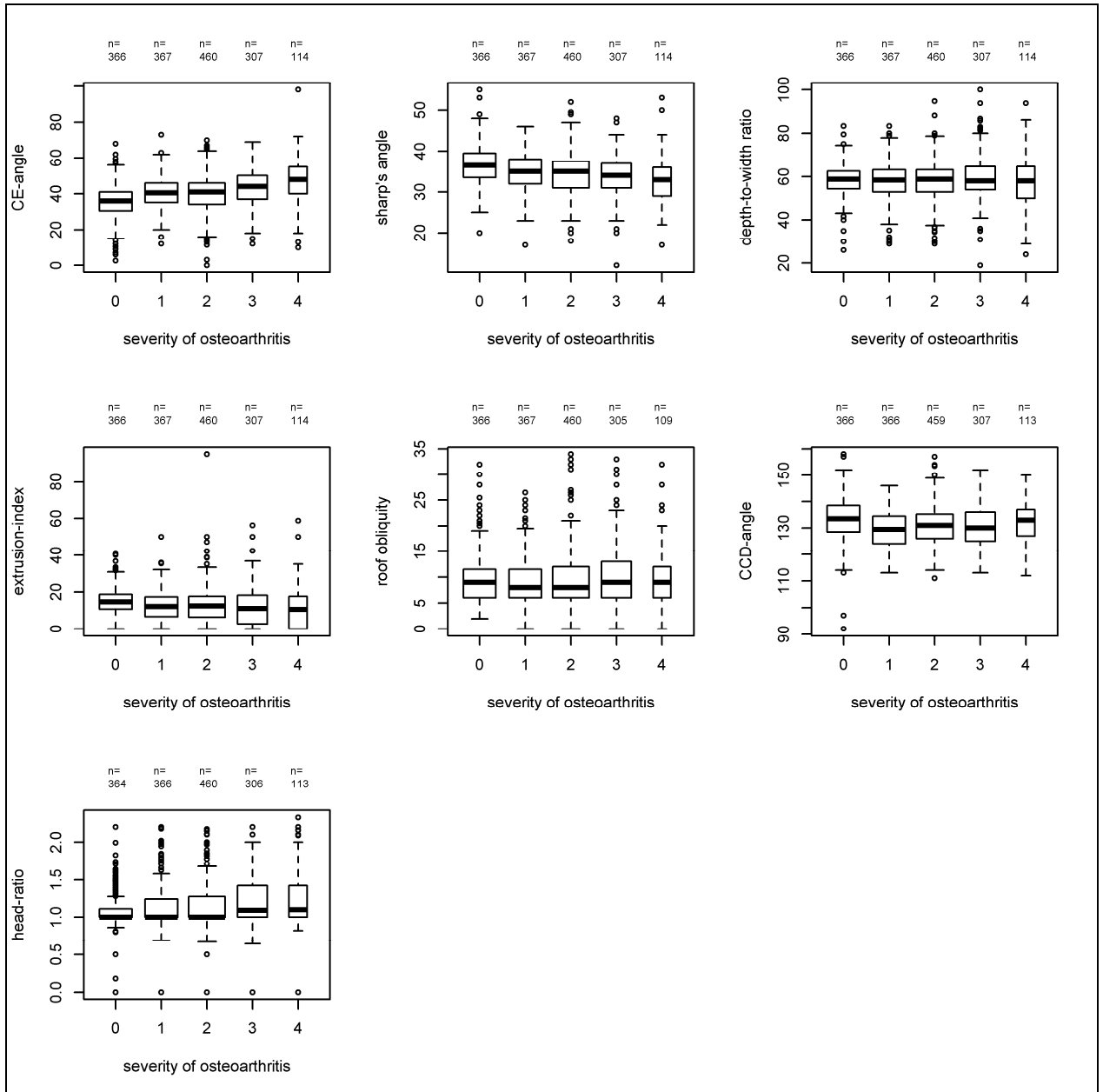
In der Regressionsanalyse ANOVA zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen die nach dem Schweregrad der bei ihnen vorliegenden Coxarthrose (Kellgren- Lawrence 0- 4) eingeteilt wurden für folgende Messungen: CE- Winkel ( $p<0,001$ ), Acetabulumwinkel (sharps- angle) ( $p<0,001$ ), Femurkopfextrusionsindex ( $p<0,001$ ) und CCD- Winkel ( $p<0,001$ ).

Unter Annahme einer schiefen Verteilung der Werte der head- ratio und Dach- schiefe ergab der nichtparametrische Kruskal- Wallis- Test einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Patientengruppen die nach dem Schweregrad ihrer Coxarthrose eingeteilt wurden für die Variable head- ratio ( $p<0,001$ ). Keinen signifikanten Unterschied gab es zwischen den Gruppen bezüglich der Variable Dachschiefewinkel ( $p= 0,18$ ).

In Abbildung 63 ist die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels, Acetabulumwinkels (sharps- angle), Femurkopfextrusionsindex, Tiefe- zu- Weite- Verhältnisses, CCD- Winkels, der head- ratio und des Dachschiefewinkel als gruppiertes Boxplot in Abhängigkeit der Zuteilung zu einer Gruppe des Schweregrades der Coxarthrose nach Kellgren- Lawrence in die Stadien 0- 4 zu sehen.



Beim CE- Winkel und der head- ratio war ein steigender Median mit steigendem Arthrosegrad zu sehen. Beim Acetabulumwinkel und Femurkopfextrusionsindex kam es zu einer Zunahme des Medians mit steigendem Grad der Coxarthrose.



**Abbildung 63** zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels, Acetabulumwinkels (sharp's- angle), Femurkopfextrusionsindexes, Tiefe- zu- Weite- Verhältnisses, CCD- Winkels, der head- ratio und des Dachschiefwinkel basierend auf dem Schweregrad der Coxarthrose nach Kellgren- Lawrence in die Stadien 0- 4. Es wurde der zugehörige Messwert der am schwersten veränderten Hüfte verwendet. Bei gleichem Arthrosegrad auf beiden Seite wurde der Mittelwert gebildet.

## 4. Diskussion

In den letzten Jahren beschrieben verschiedene Studien Veränderungen der acetabulären Geometrie und des Femurkopf- Schenkelhalsübergangs als eine Ursache für Hüftschmerzen und Coxarthrose in jungen Lebensjahren.

Morphologische Veränderungen wie ein vermindertes „Head- Neck Offset“, eine vermehrte acetabuläre Überdachung oder eine acetabuläre Retroversion führen zum so genannten Cam- oder Pincer – Impingement am Hüftgelenk [48] [77] [44].

Eine verminderte Überdachung des coxalen Femurendes wie sie bei der Hüftdysplasie zu finden ist stellt eine wichtige Ursache für die Implantation einer TEP des Hüftgelenkes vor dem 60. Lebensjahr dar [20]. Ipach et al. [20] und Harris et al.[78] berichteten von einer Dysplasie in 51- 80% aller Fälle einer Coxarthrose. Wird bei Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine endgradige Coxarthrose aufzeigten sowohl auf Zeichen der verminderten Überdachung im Rahmen einer Hüftdysplasie als auch auf Zeichen der vermehrten Überdachung, eine acetabuläre Retroversion oder ein anomales Head- Neck Offset geachtet, so wird man bei fast 97% fündig [20].

Die Tatsache, dass die Coxarthrose gefolgt von der Gonarthrose die häufigste Arthroseform des Menschen darstellt [1] verdeutlicht die Relevanz der Erkennung radiologischer Zeichen des FAI und der Hüftdysplasie zur Vermeidung der Coxarthrose beziehungsweise deren Fortschreiten in niedrigen Stadien.

Deshalb ist es besonders wichtig radiologische Zeichen als Risikofaktoren für die Entwicklung einer Coxarthrose zu definieren.

Zur genauen Prävalenz der Coxarthrose gibt es unterschiedliche Angaben die vor allem vom Studientyp abhängen [2]. Das Vorliegen einer radiologisch definierten Coxarthrose wird meist ab Stadium 2 nach Kellgren und Lawrence definiert [5]. Man kann von Prävalenzraten von bis zu 25 % ausgehen [5]. Wichtig ist auch die Unterscheidung zur klinisch definierten Coxarthrose. Hier kommt es zu Schmerzen und radiologischen Veränderungen. Die Prävalenz schwankt bei Männern zwischen 4,1 und 5,2% und bei Frauen zwischen 5,4 und 6% [2]. Bis zu zwei Drittel sind beschwerdefrei [2]. Damit wird gezeigt, dass radiologisch

nachgewiesene Gelenkschäden nicht immer mit Beschwerden einhergehen müssen. Es gibt auch Studien die in randomisierten Patientengruppen keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Häufigkeit der Coxarthrose finden [74]. Bei Ipach et al. [20] war bei der Implantation einer TEP des Hüftgelenkes aufgrund einer Coxarthrose vor dem 60. Lebensjahr der Anteil der Frauen (54,5%) höher als der Männer (45,5%). Die Größe des kleinsten Gelenkspaltabstandes im Hüftgelenk und die maximale Dicke der subchondralen Sklerosezone zeigen den größten Zusammenhang zwischen radiologischen Zeichen einer Coxarthrose und Hüftschmerzen [79]. Gosvig et al. [74] fanden heraus, dass eine acetabuläre Dysplasie kein signifikanter Risikofaktor für die Entwicklung einer Coxarthrose ist.

Die Coxarthrose kann in eine primäre und sekundäre Form eingeteilt werden. Beim primären Typ wird meist keine gelenkspezifische Ursache gefunden. Der natürliche Abrieb des Gelenkknorpels sowie biologische Faktoren, Alter und Geschlecht führen zum Gelenkverschleiß der mit steigendem Alter symptomatisch wird. Mit steigendem Alter nimmt die Arthrosehäufigkeit zu [2].

Der sekundäre Typ macht 77% aller Fälle aus [4]. Wichtigen Einfluss auf diese Form haben die präarthrotischen Deformitäten Hüftdysplasie und das femoroacetabuläre Impingement [21]. Auf diese Veränderungen soll in dieser Arbeit besonders eingegangen werden. Murray et al. [44], Stuhlberg et al. [80] und Harris et al. [81] ermittelten, dass zwischen 25% und 40% der Fälle einer Coxarthrose durch eine Dysplasie entstehen. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse Lau et al. [82] und Croft et al. [79]. Sie konnten anhand radiologischer Bilder die im Rahmen einer Urographie entstanden sind keinen Zusammenhang zwischen den radiologischen Indikatoren einer Hüftdysplasie und der Entstehung einer Coxarthrose erkennen. Es ist anzumerken, dass die beiden Studien nur eine geringe Fallzahl hatten. In ihrer Arbeit haben Croft et al. [79] versucht eine einfache und somit für den klinischen Alltag leicht einsetzbare radiologische Definition der Coxarthrose zu finden. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Bestimmung des minimalen Gelenkspaltabstandes bei Männern die beste

Reproduzierbarkeit, die größte Korrelation mit anderen radiologischen Zeichen der Coxarthrose und insgesamt das zuverlässigste radiologische Kriterium der Coxarthrose ist.

Durch das hier angewandte Studiendesign wurden nur Patienten mit Hüftgelenksbeschwerden untersucht und keine Hüftgelenke von Menschen die zufällig randomisiert wurden. Die Studie gibt die Population der in Deutschland lebenden Menschen nur begrenzt wieder. Das Durchschnittsalter der Deutschen lag im Jahr 2012 bei 43 Jahren [83]. Das Durchschnittsalter der Stichprobe in der vorliegenden Untersuchung ist mit  $60,2 \pm 17,1$  (6- 95) Jahren deutlich höher. Die Studie ist eine retrospektive Querschnittsstudie. Zur Beurteilung des Einflusses von Hüftdysplasie und FAI auf die Entwicklung einer Coxarthrose wäre eine Längsschnittstudie sinnvoll da Veränderungen der Hüftgeometrie und die Entwicklung einer Coxarthrose eines jeden Individuums im Verlauf der Zeit diagnostiziert werden könnten.

Eine Schwäche dieser Arbeit ist, dass die für die Vermessung der Hüftgeometrie notwendigen Messvariablen aufgrund der vielen Messvariablen und der hohen Fallzahl von einer Person einmal durchgeführt wurden. Dadurch kann keine „Inter- und intra- observer- reliability“ bestimmt werden. Es gibt mehrere Studien die schlechte Ergebnisse für die Übereinstimmung bei Messungen der radiologischen Zeichen der Hüftdysplasie, des head- neck- offset und des posterioren head tilt (Ausziehungen des Femurkopfes am Übergang zum Schenkelhals, in der axialen Aufnahme sichtbar) aufzeigen [74] [84] [85]. Nelitz et al. [86] hingegen konnten in ihren Analysen zur Übereinstimmung mit Werten des Intraklassen- Korrelationskoeffizienten von 0,76- 0,87 gute Werte für die Intra- Klassen- Korrelation für den CE- Winkel, Acetabulumwinkel und Dachschiefewinkel erreichen. Schlechtere Werte von 0,58- 0,66 fanden sie beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis. Für die Übereinstimmung fanden sie ebenfalls für gute Werte für den CE- Winkel, Acetabulumwinkel und Dachschiefewinkel (0,7- 0,92) und schlechtere Werte beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis (0,56- 0,76). Interessant ist, dass es bei Nelitz et al. keinen signifikanten Unterschied der Übereinstimmung zwischen den zwei erfahrenen Orthopäden und dem Medizinstudenten gab.

## 4.1 Diskussion der demografischen Daten

Der häufigste Grund dafür, dass keine Vermessung stattfinden konnte war das Vorhandensein einer TEP des Hüftgelenkes. Aber auch Pfannen- und Hüftkopfprothesen waren vorhanden und führten zum Ausschluss. TEPs, Pfannen- und Hüftkopfprothesen werden unter anderem auch bei fortgeschrittener Coxarthrose implantiert. Dies bedeutet, dass auch Patienten mit einer Coxarthrose in der Anamnese nicht in die Zählung eingegangen sind.

Desweiteren ist zu berücksichtigen, dass auch Patienten mit einer Hüftdysplasie im Stadium Crowe III- IV nicht vermessen werden konnten da die Strukturen im Hüftgelenk in diesen Fällen radiologisch nicht scharf abgebildet werden. Da diese Erkrankung eine präarthrotische Deformität ist könnte auch dieser Sachverhalt zu einer Verkleinerung der Arthroserate in dieser Stichgruppe beitragen. Ebenfalls wurden Patienten mit einer Fehlrotation bei der Beckenübersichtsaufnahme ausgeschlossen. Auch hier ist zu beachten, dass es bei einer Coxarthrose zu einer Beugekontraktur im Hüftgelenk kommen kann die die falsche Projektion auslöst. Dies könnte auch dazu geführt haben, dass Patienten mit einer Coxarthrose ausgeschlossen wurden und so die Quote eventuell beeinflusst wurde.

## 4.2 Diskussion der quantitativen und qualitativen Messwerte

Wiberg et al. [54] beschrieben eine acetabuläre Dysplasie als einen CE- Winkel  $<20^\circ$  als Hinweis auf eine Dysplasie als einen CE- Winkel zwischen  $20^\circ$  und  $25^\circ$ , Werte  $> 25^\circ$  definierten sie als physiologisch. Beträgt der Wert des CE-Winkel  $>39^\circ$ , besteht laut Tönnis et al. [53] und Tönnis et al. [72] die Gefahr eines femoroacetabulären Impingements aufgrund einer vermehrten Überdachung des Hüftkopfes. Ipach et al. [20] definieren ein FAI bereits ab einem CE-Winkel  $>35^\circ$  und deuten einen CE- Winkel  $>39^\circ$  als Coxa profunda.

In der hier vorliegenden Studie zeigen 2,51% aller Fälle einen CE- Winkel  $<20^\circ$  und zeigen demnach einen Anhalt auf eine Hüftdysplasie. 4,76% der Fälle dieser Vermessungen zeigen eine grenzwertige Dysplasie nach Wiberg et al..

1365 Fälle, dies entspricht einem Anteil von 51,2% der hier vorliegenden Messungen weisen einen CE- Winkel  $>39^\circ$  auf.

Laut Henle et al. [21] besteht bei diesen Hüftgelenken aufgrund der ausgedehnten Überdachung die Gefahr eines femoroacetabulären Impingements. Ipach et al. [20] ermittelten einen gemittelten CE- Winkel von  $27^\circ \pm 6,8^\circ$  ( $10^\circ - 39^\circ$ ) bei Patienten die vor dem 60. Lebensjahr aufgrund einer Coxarthrose im Endstadium eine TEP des Hüftgelenkes implantiert bekamen und Zeichen der Hüftdysplasie aufwiesen. Der Mittelwert lag bei  $45,8^\circ \pm 7,8^\circ$  ( $27^\circ - 69^\circ$ ) bei Patienten mit Zeichen eines FAI. Ipachs et al. [20] Mittelwert aller Patienten eines CE- Winkels lag bei  $35^\circ \pm 11,0^\circ$  ( $10^\circ - 66^\circ$ ). In der hier vorliegenden Studie liegt der Mittelwert links bei  $38,01^\circ \pm 10,26^\circ$  ( $0^\circ - 70^\circ$ ) und rechts bei  $42,11^\circ \pm 10,13^\circ$  ( $0^\circ - 98^\circ$ ).

Es ist zu bedenken, dass im Rahmen des Ausschlusses von Beckenübersichtsaufnahmen Patienten mit starken Deformitäten des coxalen Femures und Dislokation des Hüftgelenkes wie sie auch bei einer Hüftdysplasie vorkommt ausgeschlossen wurden da die Bilder nicht vermessen werden konnten. Auch ist anzunehmen, dass unter den Fällen die aufgrund einer TEP des Hüftgelenks ausgeschlossen wurden Fälle mit einer Hüftdysplasie vertreten waren.

Ipach et al. [20] zeigten in ihrer Stichprobe von Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenks implantiert bekamen eine Quote von 29,8% mit den Zeichen einer Hüftdysplasie und mit 26,3% den Zeichen eines FAI. Diese Studie verdeutlicht den Einfluss dieser Parameter auf weitere klinische Erkrankungen des Hüftgelenks die zum Ersatz dieses führen.

Halle et al. [73] beschrieben den Einfluss der Hüftgeometrie auf die Entwicklung einer Coxarthrose bei Männern im Alter zwischen 26 und 55 Jahren. Eingeschlossen wurden männliche dänische Patienten die aufgrund einer primären Coxarthrose oder einer Hüftdysplasie eine TEP des Hüftgelenks implantiert bekamen. Ihre Hüftgelenksgeometrie wurde mit der von Männern die aufgrund eines Traumas an der Hüfte operiert wurden verglichen. Sie konnten zeigen, dass der Mittelwert des CE- Winkel mit  $28^\circ \pm 11,7^\circ$  in der Gruppe der Patienten ohne Trauma kleiner war als der Mittelwert von  $31^\circ \pm 6,9^\circ$  in der Gruppe mit Trauma.

In dieser Studie beträgt der Mittelwert des CE- Winkels auf der rechten Seite  $42,11^{\circ} \pm 10,13^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ -  $98^{\circ}$ ) und auf der linken Seite  $38,01^{\circ} \pm 10,26^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ -  $70^{\circ}$ ). Der Wert liegt deutlich über den Werten von Halle et al. beiden Stichproben. Er hat speziell Patienten mit einer Dysplasie oder Patienten mit einem Trauma untersucht. In dieser Studie hingegen wurden Patienten mit Hüftgelenksbeschwerden vermessen. Zu beachten ist die kleine Größe seiner Stichproben, die 26 Patienten mit Dysplasie und 36 Patienten mit Trauma einschloss. Halle et al. untersuchte nur Männer. Seine Patienten waren mit einem mittleren Alter von  $50 \pm 5,1$  Jahren in der Dysplasie- Gruppe bzw. mit  $39 \pm 8,8$  Jahren in der Kontrollgruppe deutlich jünger als in dieser Arbeit. Hier waren die Männer im Mittel  $58,3 \pm 16,9$  (9- 94) Jahre alt und die Frauen  $61,6 \pm 17,1$  (6-95) Jahre alt.

Lau et al. [82] untersuchten die Prävalenz für Dysplasie und Coxarthrose an einer Gruppe männlicher Patienten anhand radiologischer Aufnahmen im Rahmen einer Urographie in Hongkong. Lau et al. definierten eine Hüftdysplasie als einen CE- Winkel  $<25^{\circ}$  oder eine acetabuläre Tiefe  $<9\text{mm}$ . Sie diagnostizierten sie bei 4,5% ihrer chinesischen Teilnehmer. Beim Vergleich der hier ermittelten Daten mit den Daten von Lau et al. gilt es zu berücksichtigen, dass bei einer Aufnahme im Rahmen einer Urographie nicht der Ausgleich der femoralen Anteversion durch Innenrotation des Beines durchgeführt wurde. Die Messwerte können aufgrund dieses Tatbestandes abweichend sein von einer standardisierten Beckenübersichtsaufnahme a.p., wie sie in der vorliegenden Studie durchgeführt wurde.

In der Studie von Cooperman et al. [87] in Großbritannien zeigte sich eine Rate von 3,6% für eine acetabuläre Dysplasie in der Bevölkerung. Die englischen Patienten waren im Mittel  $67 \pm 4$  Jahre. In dieser Studie zeigen 7,27% der Fälle einen CE- Winkel  $<25^{\circ}$ . Die Quote war somit deutlich höher. Der Grund hierfür könnte sein, dass in dieser Stichprobe Patienten mit Hüftbeschwerden untersucht wurden die wahrscheinlich ein höheres Risiko haben an einer Erkrankung

des Hüftgelenks zu leiden als Patienten deren Hüften nach einer Urographie vermessen wurden.

Es ist anzumerken, dass Lau et al. ausschließlich Männer analysierten. Damit ist im Vergleich mit der hier vorliegenden Studie zu beachten, dass er Frauen und generell Patienten die jünger als 60 Jahre alt waren ausschloss. In den hier vorliegenden Analysen liegt zum Vergleich der Anteil der Männer bei 44,36% und der der Frauen bei 55,64%. Das Durchschnittsalter der Männer liegt bei unseren Patienten bei  $58,3 \pm 16,9$  (9- 94), das der Frauen bei  $61,6 \pm 17,1$  (6-95) Jahren und somit niedriger als bei Lau et al.. Bei ihm waren die Männer im Mittel  $70 \pm 7$  Jahre alt. Bei Cooperman et al. waren die Patienten auch älter als in meinen Untersuchungen, sie waren im Mittel  $67 \pm 4$  Jahre alt.

Wirth et al. [2] beschrieben bei Frauen eine höhere Rate an Coxarthrose als bei Männern. Dies könnte die höhere Rate an Frauen in den hier vorliegenden Untersuchungen mit erklären.

Interessant ist der Vergleich der hier ermittelten Ergebnisse mit denen von Gosvig et al. [74]. Sie publizierten Untersuchungen zum CE- Winkel an einer Kohorte in Dänemark die Teil einer Längsschnittstudie zu Lebensstil, Gesundheit und Kreislaufparametern war. Ihr Mittelwert für den CE- Winkel links lag bei Männern bei  $34,4 \pm 7,3^\circ$  ( $8^\circ$ -  $60^\circ$ ) und bei Frauen bei  $35,3 \pm 7,5^\circ$  ( $6^\circ$ -  $67^\circ$ ). Rechts betrug der Wert der Männer  $34,4 \pm 7,2^\circ$  ( $10^\circ$ -  $62^\circ$ ) und der der Frauen  $35,2 \pm 7,2^\circ$  ( $10^\circ$ -  $65^\circ$ ). Der Mittelwert der hier durchgeführten Messung liegt für beide Geschlechter auf der linken Seite bei  $38,01 \pm 10,26^\circ$  ( $0^\circ$ -  $70^\circ$ ) und auf der rechten Seite bei  $42,11 \pm 10,13^\circ$  ( $0^\circ$ -  $98^\circ$ ). Er liegt deutlich höher als in den Gruppen von Gosvig et al..

Zum Vergleich ist zu beachten, dass die Teilnehmer der dänischen Studie zufällig randomisiert wurden. Das bedeutet, dass sie auch nur zufällig Auffälligkeiten am Hüftgelenk aufzeigten. Die Männer waren durchschnittlich 60 (22- 90) Jahre alt und somit etwa 2 Jahre älter als die hier untersuchten männlichen Patienten. Die weiblichen Teilnehmer waren mit einem mittleren Alter von 60,8 (21- 90) etwa gleich alt wie diese in der vorliegenden Studie.



Gosvig et al. [74] beschrieben eine vermehrte Überdachung des Femurkopfes als tiefe Hüftpfanne mit einem CE- Winkel  $>45^\circ$ . 15,2% der Männer und 19,4% der Frauen wiesen diese Diagnose bei Gosvig et al. auf. Wenn man in den Messungen der Tübinger Patienten den Grenzwert für eine acetabuläre Mehrüberdachung auf  $>45^\circ$  anhebt so sind insgesamt 27,5% (733 Fälle) der Hüftgelenke betroffen. Die Rate ist deutlich höher als die bei Gosvig et al.. Dieser Sachverhalt könnte damit zu erklären sein, dass seine Probandengruppe randomisiert war aus einer Studie die eigentlich den Lebensstil von Menschen untersuchen sollte und nicht wie in der vorliegenden Analyse bei der Patienten mit Hüftgelenksbeschwerden vermessen wurden.

Der in der vorliegenden Studie erhobene mittlere Wert des CE- Winkels liegt dem von Ipachs et al. [88] Patienten aus oben genannten Kollektiv am nächsten welche eine pistol- grip- deformity und eine acetabuläre Mehrüberdachung aufzeigten. Hier lag der Wert bei  $44,6^\circ \pm 7,2^\circ$  ( $36^\circ - 66^\circ$ ).

Lane et al. [89] fanden bei Patientinnen mit Coxarthrose einen signifikant höheren CE- Winkel als bei Patientinnen ohne Coxarthrose.

Als weiteres Zeichen für eine Hüftdysplasie beschrieben Tannast et al. [21] und Anda et al. [55] einen Acetabulumwinkel (Sharps Winkel)  $>43^\circ$ .

In den hier vorliegenden Messungen zeigen 105 von 2666 Fällen einen Acetabulumwinkel  $>43^\circ$ . Dies entspricht 3,94% der vermessenen Fälle. Der Mittelwert des Acetabulumwinkels der rechten Körperseite (1303 Fälle) liegt bei  $34,85^\circ \pm 4,93^\circ$  ( $10^\circ - 53^\circ$ ) und auf der linken Körperseite (1363 Fälle) bei  $35,27^\circ \pm 4,96^\circ$  ( $12^\circ - 55^\circ$ ).

Ipach et al. [20] analysierten in Ihren Untersuchungen ebenfalls den Acetabulumwinkel an Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenks in der Abteilung für Orthopädie des Tübinger Universitätsklinikums implantiert bekamen. Sie beschrieben einen Mittelwert des Winkels von  $38^\circ \pm 7,0^\circ$  ( $15^\circ - 61^\circ$ ). Dieser Wert liegt höher als in den hier vorliegenden Erhebungen. Sein höheres Ergebnis könnte an der ausgewählten Stichprobe liegen. Ipach et al. geben an, dass bei ihrer Stichprobe in 51,5% der Fälle von sogenannter „idiopathischer

Coxarthrose“ Zeichen für eine acetabuläre Dysplasie vorlagen. Interessant ist, dass Ipach et al. einen mittleren Acetabulumwinkel von  $40,5^\circ \pm 8,2^\circ$  ( $26^\circ$ -  $61^\circ$ ) bei Patienten mit Zeichen einer Hüft dysplasie ermittelten. Dies zeigt, dass eine Hüft dysplasie auch bei einem Acetabulumwinkel  $<43^\circ$  durchaus möglich ist. Ipach et al. [20] ermittelten bei Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenkes implantiert bekamen und mindestens ein radiologisches Zeichen für eine übermäßige Überdachung des Hüftkopfes aufwiesen einen Acetabulumwinkel von im Mittel  $34,6^\circ \pm 5,3^\circ$  ( $15^\circ$ -  $42^\circ$ ).

Zukünftig wäre es hilfreich eine genaue Einteilung des Acetabulumwinkels zu finden die zwischen normalen und vermehrten Überdachungsverhältnissen differenzieren kann.

Das Tiefe- zu- Weite- Verhältnis nach Heyman und Herndon [31] diene ursprünglich der Beschreibung der acetabulären Morphologie von Hüften nach einem Morbus Perthes. Es wurde von Murphy et al. [32] angepasst um dysplastische Hüften beschreiben zu können. Henle et al. [21] definierten ein Tiefe- zu- Weite- Verhältnis von  $<40\%$  als Zeichen einer Dysplasie.

Ein Wert zwischen  $40\%$  und  $60\%$  gilt als normal [21].

Henle et al. [21] geben an, dass es derzeit nicht möglich ist ab einem bestimmten Wert auf ein FAI schließen zu können.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen in 55 Fällen ein Tiefe- zu- Weite- Verhältnis  $<40\%$ . Dies entspricht einem Anteil von  $2,06\%$ . Die Ergebnisse zeigen hier beim Tiefe- zu- Weite Verhältnis links (1363 Fälle) einen Mittelwert von  $59,3\% \pm 8,9\%$  ( $6,3\%$ -  $100\%$ ) und rechts (1303 Fälle) von  $57,79\% \pm 8,7\%$  ( $24\%$ -  $90\%$ ). Die Mittelwerte liegen demnach im Normbereich.

Ipach et al. [20] ermittelten bei ihren Untersuchungen einen Mittelwert von  $48\% \pm 11\%$  ( $16\%$ -  $83\%$ ). Ihr Mittelwert und ihre Streuung der Werte sind kleiner als bei den vorliegenden Messungen von hier. In den vorliegenden Messungen liegen die Ergebnisse der rechten Seite näher an denen von Ipach et al., dies könnte daran liegen, dass sie mehr rechtsseitige als linksseitige Hüftgelenke untersuchten. Ein Unterschied der Messwerte für das Tiefe- zu- Weite- Verhältnis zwischen den beiden Körperseiten kann in den hier vorliegenden Messun-

gen nachgewiesen werden. Bei Ipach et al. lag der Mittelwert des Tiefe- zu- Weite- Verhältnis bei Patienten die Zeichen einer Hüft dysplasie aufwiesen bei  $44,4\% \pm 9,7$  (16%- 65%). Dies bedeutet, dass selbst bei Werten  $>40\%$  eine Dysplasie vorliegen kann. Würde Ipachs et al. Mittelwert als Grenze zur Dysplasie für die hier vorliegende Kohorte ausgewählt würde sich der Anteil der Fälle mit Dysplasie verdoppeln. Waren es 2,06% mit einem Tiefe- zu- Weite- Verhältnis  $<40\%$ , sind es 4,09% mit einem Wert  $<44,4\%$ . Ipach et al. [20] konnten bei ihren Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenkes wegen einer Coxarthrose im Endstadium implantiert bekamen und mindestens ein Zeichen für eine acetabuläre Mehrüberdachung aufwiesen einen mittleren Wert von  $52,7\% \pm 10,8\%$  (26%- 83,3%) aufzeigen. Murphy et al. [32] diagnostizierte bei seinem Patientenkollektiv das im Alter von 65 Jahren eine schwere Coxarthrose aufwies einen mittleren Wert von  $31\% \pm 7\%$  und im nicht von der Coxarthrose betroffenen Kontrollkollektiv ein Mittel von  $48\% \pm 6\%$ . Sein Mittelwert des nicht betroffenen Kontrollkollektivs liegt näher an dem bei den Tübinger Patienten ermittelten Messergebnissen. Das mittlere Tiefe- zu- Weite- Verhältnis der hier vorliegenden Erhebungen liegt der Patientengruppe oben genannten Kollektivs Ipachs et al. [88] am nächsten, die eine pistol- grip- deformity und Zeichen der acetabulären Mehrüberdachung zeigten. Ihr Wert lag bei  $52,4\% \pm 11,1\%$  (35%- 80%).

Hilfreich wäre zukünftig die Definition eines Wertes mit dem sich eine Mehrüberdachung diagnostizieren lassen würde.

Wie Henle et al. [21], Heyman et al. [31], Murphy et al. [32] und Steppacher et al. [56] beschrieben, gilt ein Femurkopfextrusionsindex  $>25\%$  als Zeichen einer Hüft dysplasie und ein Wert  $<10\%$  als Zeichen der femoralen Mehrüberdachung beziehungsweise als FAI. In den hier durchgeführten Messungen zeigen insgesamt 187 Hüften, entsprechend 7,01% der Fälle einen Femurkopfextrusionsindex  $>25\%$ . Der Mittelwert liegt auf der linken Seite bei  $12,99\% \pm 9,21\%$  (0%- 56,3%) und auf der rechten Seite bei  $12,98\% \pm 9,3\%$  (0%- 95,2%).

Ipach et al. [20] beschrieben in ihrer Patientengruppe die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenkes wegen hochgradiger Coxarthrose eingesetzt

bekamen einen Mittelwert von  $20,6\% \pm 11,1\%$  (0%- 70%). Der deutlich höhere Wert könnte daher kommen, dass in ihren Untersuchungen Patienten mit Hüftgelenkserkrankungen, vor allem auch mit einer Dysplasie vermessen wurden. Bei Patienten mit Zeichen einer Dysplasie lag ihr Mittelwert bei  $26,5\% \pm 8,6\%$  (10%- 60%). Er liegt damit deutlich über dem hier ermittelten Wert.

30,9% der in der vorliegenden Studie untersuchten Fälle haben einen Femurkopfextrusionsindex  $<10\%$ . Das bedeutet, dass fast ein Drittel der Fälle Zeichen der femoralen Mehrüberdachung aufzeigt. Ipachs et al. [20] Patienten die Zeichen der vermehrten femoralen Überdachung aufwiesen hatten im Mittel einen Wert von  $12,2\% \pm 10,3\%$  (0%- 45%). Dies verdeutlicht, dass auch bei einem Wert des Femurkopfextrusionsindex der eigentlich für eine Dysplasie spricht, ein FAI vorliegen kann. Der Mittelwert der hier erhobenen Daten kommt dem Mittelwert der Patienten von Ipach et al. [88] am nächsten die aufgrund schwerer Coxarthrose eine TEP des Hüftgelenkes vor dem 60. Lebensjahr implantiert bekamen und in der Beckenübersichtsaufnahme a.p. eine pistol- grip- deformity und eine vermehrte acetabuläre Überdachung aufzeigten. Der Mittelwert des Femurkopfextrusionsindex lag hier bei  $12,6\% \pm 6,5\%$  (0%- 23%).

Henle et al. [21] beschrieben einen acetabulären Indexwinkel, auch bekannt als Dachschiefewinkel von  $>10^\circ$  als dysplastisch. Bei Werten von  $\leq 0^\circ$  muss von einer Disposition zum FAI ausgegangen werden [21].

In der vorliegenden Studie liegt der Mittelwert links  $8,91^\circ \pm 4,83^\circ$  (0°- 38°) und rechts bei  $9,75^\circ \pm 5,4^\circ$  (1°- 34°). Die Werte liegen dicht am Grenzwert zur Dysplasie. 859 Fälle, entsprechend einem Anteil von 32,3% zeigen in der vorliegenden Studie einen Dachschiefewinkel  $>10^\circ$  und damit ein Zeichen für eine Dysplasie. 10 Fälle haben einen Wert  $\leq 0^\circ$ , das entspricht 0,38% der vermessenen Hüftgelenke. Ipach et al. [20] zeigte in seiner Studie mit Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine TEP des Hüftgelenkes aufgrund einer schweren Coxarthrose implantiert bekamen einen Mittelwert von  $9,0^\circ \pm 0^\circ$  (0°- 28°). Sein Wert liegt nah an dem der hier durchgeführten Untersuchungen. Bei Ipachs et al. Patienten der oben genannten Stichprobe die mindestens ein radiologisches Zei-

chen der Hüftdysplasie zeigten lag der mittlere Dachschiefewinkel bei  $5,7^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$  ( $0^{\circ}$  -  $14^{\circ}$ ). Bei Patienten die mindestens einen radiologischen Hinweis auf eine verminderte Überdachung aufzeigten lag der Mittelwert bei  $12,4^{\circ} \pm 5,5^{\circ}$  ( $3^{\circ}$  -  $28^{\circ}$ ). Der mittlere Wert der hier vorliegenden Messungen der linken Seite liegt näher an dem der Patienten Ipachs et al. mit vermehrter Überdachung ( $5,7^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$  ( $0^{\circ}$  -  $14^{\circ}$ )). Der Wert der rechten Seite liegt näher am Wert Ipachs et al. der Dysplasiepatienten ( $12,4^{\circ} \pm 5,5^{\circ}$  ( $3^{\circ}$  -  $28^{\circ}$ )). Vergleicht man die Werte mit Ipachs et al. oben genannter Stichprobe und vergleicht sie mit Ipachs et al. [88] Einteilung dieser Stichprobe nach den Kriterien der Dysplasie, FAI, pistol- grip- deformity und cross- over- sign so kann festgestellt werden, dass der hier ermittelte Wert dem der Patientengruppe mit pistol- grip- deformity am nächsten kommt.

Halle et al. [73] beschrieben in ihren Analysen über männliche Patienten die eine TEP des Hüftgelenks aufgrund einer Coxarthrose vor dem 56. Lebensjahr implantiert bekamen einen durchschnittlichen Dachschiefewinkel von  $9^{\circ} \pm 8,3^{\circ}$ . In seiner Kontrollgruppe von Patienten die aufgrund eines Traumas eine Beckenübersichtsaufnahme a.p. erhielten war der Mittelwert  $3^{\circ} \pm 5,6^{\circ}$ . Der in der gegenwärtigen Studie ermittelte Wert liegt deutlich näher an dem der vorerkrankten Gruppe. Zu beachten ist die Fallzahl von Halle et al. die 26 Patienten umfasst und in der Kontrollgruppe 36 Patienten.

Desweiteren ist zu bedenken, dass der CE- Winkel von Wiberg im Jahr 1939 und der acetabuläre Indexwinkel im Jahr 1963 entwickelt wurden. In der Zwischenzeit sind die Menschen schwerer und größer geworden und erreichen ein höheres Alter. Über eine Anpassung des „Normwertes“ sollte nachgedacht werden. Werner et al. [71] untersuchten in einer neueren Studie die Verteilung des CE- Winkels und des Dachschiefewinkel an Traumapatienten deren Röntgenbilder sie retrospektive auswerteten. Ihre Patienten waren durchschnittlich 38,9 Jahre (14- 97) alt. Sie fanden im 95% Konfidenzintervall einen Normalwert für den CE- Winkel von  $18,1^{\circ}$  -  $48^{\circ}$  und für den Dachschiefewinkel von  $-6,9^{\circ}$  -  $14,9^{\circ}$ . Diese „Normwerte“ weichen deutlich von den von uns verwendeten Vergleichsnormwerten ab. Würde der von uns ermittelte durchschnittliche CE- Winkel mit

dem Referenzwert von Werner et al. verglichen, so würde er auf beiden Körperseiten in der Norm liegen. Beim Dachschiefewinkel würde der Vergleich unserer Ergebnisse mit den Normwerten von Werner et al. bedeuten, dass er nicht an der oberen Begrenzung zur Dysplasie hin liegen würde.

Labrum- und Knorpelschäden im anteriosuperioren Bereich wie sie beim Cam-Impingement auftreten, können ein Grund für Hüftgelenksschmerzen [90], Bewegungseinschränkungen im Hüftgelenk [90] und für die Entwicklung einer Coxarthrose sein [42].

Ein anomaler Übergang im Schenkelhals- Hüftkopfbereich wie man es bei der sogenannten pistol- grip- deformity findet [91] [92], pathologisch verheilte Schenkelhalsfrakturen, acetabuläre Dysplasie, acetabuläre Retroversion und ein Status post periacetabulärer Osteotomie können zu dieser Impingementform führen [90]. Tilt- deformity und post- slip- deformity sind weitere Synonyme für die pistol- grip- deformity [44] [45]. Stuhlberg et al. [87] beschrieben diese Veränderung aufgrund der Projektion dieser typischen Form eines Pistolengriffs in der zweidimensionalen Bildgebung: Beckenübersichtsaufnahme a.p., frog lateral und der crosstable lateralen Aufnahme.

Nötzli et al. [39] entwickelten eine Messmethode zur Bestimmung der Taillierung des Übergangs zwischen Hüftkopf und Schenkelhals für MRT- Aufnahmen. Hierbei wird der vordere Rand der Taillierung des Oberschenkelhalses definiert und der  $\alpha$ -Winkel gemessen. Dieser Winkel kann auch in der konventionellen axialen Röntgenaufnahme des Hüftgelenks ermittelt werden. Ipach et al. [42] und Goodman et al. [93] fordern für die Diagnose der pistol- grip- deformity zwei Ebenen in der Bildgebung zur Bestimmung der head- ratio und des  $\alpha$ -Winkels.

Ipach et al. [42] entwickelten ein Einteilungssystem für die pistol- grip- deformity. Sie beinhaltet neben der Bestimmung des  $\alpha$ -Winkels auch die Bestimmung der head- ratio. Murray et al. [44] entwickelten eine Messung zur Quantifizie-

rung der tilt- deformity an Beckenübersichtsaufnahmen a.p.- die head- ratio. Ipach et al. [42] fanden einen  $\alpha$ -Winkel  $<51^\circ$  bei Patienten ohne Coxarthrose. Nötzli et al. [39] und Beaulé et al. [94] beschrieben einen Winkel  $<50,5^\circ$  als normal. Ipach et al. [42] definierte eine head- ratio  $> 1,16$  als verdächtig auf eine pistol- grip- deformity. Murray et al. [44] sprechen von einer kritischen head- ratio ab Werten  $>1,35$ . Je nach Verwendung des Grenzwertes erhält man eine unterschiedliche Quote hinsichtlich einer pathologischen head- ratio. Dies ist zusammen mit dem  $\alpha$ -Winkel auch relevant bei der Beurteilung einer pistol- grip- deformity.

Die in der vorliegenden Studie ermittelten Mittelwerte für die Variable head- ratio liegen auf der linken Seite bei  $1,16 \pm 0,29$  (0,18- 2,38) und auf der rechten Seite bei  $1,11 \pm 0,24$  (0,18- 2,4). 759 von 2658 ermittelten Fällen zeigen eine head- ratio  $>1,16$ . Dies entspricht 28,56%.

Würde der Grenzwert von Murray et al. angewandt so hätten 473 von 2658 Fällen, entsprechend 17,8%, je nach  $\alpha$ -Winkel den Verdacht auf eine pistol- grip- deformity. Dies verdeutlicht wie die Auswahl des Referenzwertes das Ergebnis beeinflusst.

Es ist zu bedenken, dass in den vorliegenden Untersuchungen kein  $\alpha$ -Winkel gemessen wurde. Der  $\alpha$ -Winkel in der Dunn- Aufnahme in  $45^\circ$  oder  $90^\circ$  Flexion des Hüftgelenkes stellt die beste Methode zur Beurteilung der Asphérité des Femurkopf- Schenkelhals- Übergangs dar [95].

In dieser Arbeit ist aufgrund der fehlenden Aufnahme eine Abschätzung des Schweregrades der Deformität und eine Einteilung der pistol- grip- deformity nach Ipach et al. [42] nicht möglich.

Die fehlende Bestimmung des  $\alpha$ -Winkel stellt eine Schwäche dieser Arbeit dar.

Eine Alternative für eine genauere Diagnose wäre die Ermittlung des anterioren Offsets und der Offsetratio in einer axialen Aufnahme des Hüftgelenkes.

Diese Aufnahme war auch nicht Teil der hier vorliegenden Studie und ist somit nicht möglich.

Die MRT ist aufgrund des hohen Weichteilkontrastes ein Standardverfahren zur Beurteilung von Labrum, Knorpel und anderen Gelenkstrukturen am Hüftgelenk [96]. Mittels MRT- Schnitten in der koronaren, sagittalen und axialen Ebene lassen sich die Morphologie und Version des Acetabulums, Femurkopf- Hals- Offset und etwaige Knochen- Knorpel- und Weichteilschäden akkurat diagnostizieren [35]. Es ist vorteilhaft wenn diese Strukturen orthogonal angeschnitten werden da sie dabei verzerrungsfrei abgebildet werden [35]. Diese radialen Schnitte erlauben eine Rundumbetrachtung des Femurkopf- Hals- Übergangs mittels  $\alpha$ -Winkel, Offset und Offsetratio [35]. Mit dem Einsatz eines intraartikulär eingespritzten Kontrastmittels können im direkten MR- Arthrogramm (MRA) natürliche und pathologisch entstandene Hohlräume und Spalten dargestellt werden [35]. Die Sensitivität zur Beurteilung von Schäden des Labrums reichen von 71-90% [35]. Im Gegensatz dazu ist die Datenlage zur Detektion von Schädigungen am femoroacetabulären Knorpel kontrovers und zeigt je nach Studie eine stark unterschiedliche Sensitivität [35].

Der Einsatz von MR- Bildern hätte eine bessere Beurteilbarkeit hinsichtlich Impingement und pistol- grip- deformity geboten. Ein weiterer Vorteil der MRT- Bildgebung wäre die Detektion von Impingementzysten als Indiz für ein Impingement [35] gewesen.

Bei der acetabulären Form des FAI, dem Pincer- Impingement kommt es bei der Hüftgelenksflexion zum frontalen Anschlagen des Femurhalses an das acetabuläre Labrum im anteriosuperioren Bereich [35]. Die Überdachungsverhältnisse können in eine generalisierte Mehrüberdachung und eine lokale Mehrüberdachung eingeteilt werden [35]. Bei der generalisierten Mehrüberdachung liegt häufig eine erhöhte Tiefe der acetabulären Fossa, wie sie bei der Coxa profunda und Protrusio acetabuli gefunden werden vor [35]. Eine lokale anteriore Mehrüberdachung findet sich häufig bei der acetabulären Retroversion, eine posteriore Mehrüberdachung hingegen findet sich bei einer prominenten Acetabulumhinterwand [35]. Acetabuläre Retroversion führt zu FAI und kann dadurch in eine Coxarthrose münden [73]. Zur Beurteilung der acetabulären Version



kann das cross- over- sign und das posteriore wall- sign herangezogen werden [73].

In der hier vorliegenden Studie zeigen 249 von 1363 linksseitigen Fällen ein cross- over- sign. Dies entspricht einem Anteil von 18,3%. Auf der rechten Seite weisen 177 von 1303 Fällen das Merkmal auf. Das sind 13,6%.

Halle et al. [73] konnten bei ihren Untersuchungen zeigen, dass ein cross- over- sign signifikant häufiger bei Patienten die eine TEP des Hüftgelenkes zwischen dem 25. und 55. Lebensjahr eingesetzt bekamen auftrat als bei Patienten die im Rahmen eines Traumas eine Beckenübersichtsaufnahme erhielten. Ipach et al. [88] untersuchten mit welchen anderen femoralen und acetabulären Auffälligkeiten das cross- over- sign vergesellschaftet ist. Sie fanden es bei 17,3% ihrer Patienten. Dieser Wert liegt nahe an dem von mir ermittelten Wert auf der linken Seite. Ipach et al. [88] konnten zeigen, dass es einen signifikanten Altersunterschied zwischen den Patientengruppen mit der Kombination pistol- grip- deformity/ Dysplasie und pistol- grip- deformity/ cross- over- sign gab. Patienten der ersten Gruppe waren im Mittel  $53,5 \pm 4,1$  (46- 58) Jahre alt, Patienten der zweiten Gruppe waren mit einem mittleren Alter von  $48,2 \pm 5,1$  (41- 56) Jahren jünger.

Desweiteren ist zu beachten, dass die Quote einer Coxarthrose unter den hier untersuchten Patienten bei 71,11% liegt. Ipach et al. [42] zeigten auf, dass es beim Cam- Impingement durch die Schädigung des Knorpels im Bereich des Femurkopf- Schenkelhals- Übergangs zur ausgeprägten Arthrose mit Entstehung eines Osteophyten kommen kann. Resnick et al. [45] äußerten den Verdacht, dass es im Rahmen einer Coxarthrose durch Bildung von Osteophyten und einem Remodelling des Femurkopfes zu einer sekundär erworbenen Pistolengriffdeformität kommen kann. Es gibt eine Studie die aufzeigte, dass es an der hinteren Femurkopfneigung im Bereich des Übergangs zum Schenkelhals zur Bildung der pistol- grip- deformity aufgrund von Osteophyten kommen kann [44]. Allerdings gibt es auch Studien die belegen, dass sich die pistol- grip- deformity mit steigendem Alter nicht verändert [93].

Eine Limitation der Messungen in dieser Arbeit ist die manuell- grafische Auswertung der Winkel und Verhältnisse mit einem Stift auf Papier. Der Vorteil einer Ausmessung an digitalen Bildern am Bildschirm ist der Ausgleich einer Rotation der Hüfte in der Frontalebene, wie es zum Beispiel mit einem „picture-archiving communication system (PACS) imaging program“ [71] möglich ist. Mithilfe eines solchen Programmes kann der Ausschluss von Patienten die eine Fehlrotation des Hüftgelenks in der Frontalebene zum Zeitpunkt der Aufnahme zeigen vermieden werden.

Deformitäten des proximalen Femurs treten isoliert oder im Rahmen anderer Erkrankungen auf. Sie kommen bei der Hüftdysplasie und neuromuskulären Erkrankungen wie zum Beispiel der infantilen Zerebralparese oder der Meningomyelozele regelmäßig vor [62]. Der CCD- Winkel, welcher die Stellung des Schenkelhalses in der Frontalebene angibt ist definiert als Winkel zwischen der Schenkelhalsachse und der Femurdiaphysenachse [62]. Tönnis et al. [72] definieren eine CCD- Winkel  $<126^\circ$  als Coxa vara und einen Winkel  $>139^\circ$  als Coxa valga. Die Coxa valga kommt häufiger vor [62]. Bei ausgeprägten Schenkelhalsfehlstellungen kann es aufgrund der Inkongruenz der Gelenkflächen bereits im mittleren Lebensalter zur Coxarthrose kommen [26].

In den vorliegenden Messungen liegt der Mittelwert des CCD- Winkels links bei  $127,68^\circ \pm 7,22^\circ$  ( $56^\circ$ -  $162^\circ$ ) und auf der rechten Seite bei  $135,09^\circ \pm 7,05^\circ$  ( $110^\circ$ -  $161^\circ$ ). Die Mittelwerte liegen im Normbereich und liegen nahe bei den von Ipach et al. [20] ermittelten Werten von Patienten mit einer hochgradigen Coxarthrose vor dem 60. Lebensjahr. Hier lagen die Werte durchschnittlich bei  $132^\circ \pm 8^\circ$  ( $116^\circ$ -  $158^\circ$ ).

660 von 2661 Fällen zeigen einen CCD- Winkel  $<126^\circ$ . 24,8% haben somit eine Coxa vara. 406 Fälle, entsprechend 15,26%, haben einen CCD- Winkel  $>139^\circ$  und damit eine Coxa valga. Unsere Analyse bezüglich des CCD- Winkels kann nicht bestätigen, dass eine Coxa valga häufiger vorkommt.

Liegt keine Inkongruenz der Gelenkflächen trotz pathologischem CCD- Winkel vor gilt die Veränderung nicht als präarthrotische Deformität [25]. Tönnis et al.

[72] vermuten, dass eine Coxa vara neben einer erhöhten acetabulären Tiefe und der Epiphysiolyse capitis femoris zu einer Coxarthrose führen kann da sie häufig mit einer verringerten femoralen Anteversion vergesellschaftet sind. Tönnis et al. [72] ermittelte die acetabuläre und femorale Anteversion seiner Patienten mittels Messungen an Computertomographie - Aufnahmen.

Eine Limitation dieser Arbeit ist die fehlende Durchführung schnittbildgebender Verfahren wie Computertomographie und Magnetresonanztomographie. Hierbei könnten die acetabuläre und femorale Anteversion bestimmt und genauere geometrische Aspekte des Hüftgelenks auf einen Zusammenhang mit der Coxarthrose untersucht werden.

#### 4.3 Diskussion der Korrelation der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie mit dem Alter

Die Untersuchung eines monotonen Zusammenhanges nach Spearman zeigt in unseren Analysen eine positive Korrelation des Lebensalters mit dem CE- Winkel von  $r = 0,334$  und eine negative Korrelation zwischen dem Lebensalter und dem Acetabulumwinkel  $r = -0,229$  und Femurkopfextrusionsindex  $r = -0,218$ . Dies bedeutet, dass mit steigendem Lebensalter der CE- Winkel größer und der Dachschiefwinkel kleiner wird.

Werner et al. [71] konnten ebenfalls eine schwach positive Korrelation  $r = 0,19$  zwischen Lebensalter und CE- Winkel zeigen. Bei ihnen zeigte sich mit  $r = -0,07$  wie in unseren Messungen mit  $r = 0,133$  eine schwach negative Korrelation zwischen des Dachschiefwinkel und dem Lebensalter. Die negative Korrelation des CE- Winkels mit des Dachschiefwinkel wie von Werner et al. gefunden mit  $r = -0,61$  können wir in unseren Auswertungen mit  $r = -0,48$  bestätigen. Die Stichprobe dieser Studie weicht deutlich von der hier vorliegenden ab. Werners et al. Patienten bekamen eine Beckenübersichtsaufnahme a.p. nach einem Trauma in den USA.

Laut Imhoff et al. steigt der CE- Winkel mit steigendem Lebensalter [25]. Es ist zu beachten, dass die Messwerte untereinander ebenfalls deutliche Zusammenhänge aufweisen und die Korrelation deshalb teilweise auch auf die hohen Fallzahlen zurückzuführen ist.

Lane et al. [89] konnten in ihren Analysen zeigen, dass der CE- Winkel bei Patientinnen mit Coxarthrose signifikant größer  $36,7^{\circ} \pm 7,6^{\circ}$  ist als bei Patienten ohne Coxarthrose  $35,4^{\circ} \pm 5,7^{\circ}$ . Die Patientinnen mit Coxarthrose ( $72,4 \pm 5,5$  Jahre) waren auch signifikant älter als die Patientinnen ohne Coxarthrose ( $71,0 \pm 4,7$  Jahre). Hier kommt die Frage auf, was den größeren Wert des CE- Winkels erklärt. In unseren Analysen können wir einen Zusammenhang zwischen der Größe des Wertes des CE- Winkels sowohl mit dem Alter als auch mit der Coxarthrose feststellen. Sowohl der Einfluss Alter als auch der Einfluss Grad der Coxarthrose zeigen eine positive Korrelation mit dem CE- Winkel. Das bedeutet, dass der Wert des CE- Winkels mit steigendem Alter und steigendem Grad der Arthrose größer wird, was auf eine Veränderung der Werte durch osteophytäre Anbauten hinweist.

#### 4.4 Diskussion geschlechtsspezifischer Unterschiede

In der hier vorliegenden Arbeit ergibt sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) für die Messwerte Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite Verhältnis und Femurkopfextrusionsindex zwischen dem weiblichen und männlichen Geschlecht.

Der Unterschied beim Mittelwert des Acetabulumwinkels, Tiefe-zu- Weite- Verhältnisses, und Femurkopfextrusionsindex zwischen den Geschlechtern ist mit  $1,12^{\circ}$ ,  $3,63\%$  und  $2,43\%$  gering.

Die Untersuchungen von Werner et al. [71] ermittelten einen kleinen aber signifikanten Unterschied ( $p < 0,05$ ) zwischen den Ergebnissen männlicher und weiblicher Teilnehmer bei den Messwerten des CE- Winkels und des Dachschiefe-

winkel. Die Werte des CE- Winkels waren bei Werner et al. [71] beim weiblichen Geschlecht höher, die Messergebnisse des Dachschiefewinkels waren beim männlichen Geschlecht höher. Diese Tatsache kann in unseren Messungen ebenfalls festgestellt werden.

Beim Vergleich der Werte unter den Geschlechtern muss berücksichtigt werden, dass unsere Untersuchungen auch einen Zusammenhang der Messwerte mit dem Lebensalter zeigen. Das durchschnittliche Alter unserer Patienten differierte zwischen den Männern und Frauen. Die männlichen Patienten sind mit einem Durchschnittsalter von  $58.3 \pm 16.9$  Jahren (9- 94) Jahren etwa 3,3 Jahre jünger als die weiblichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von  $61.6 \pm 17.1$  (6-95) Jahren.

Es sollte hier auch beachtet werden, dass die große Fallzahl diese Signifikanzen verursachen kann. Wichtig ist hierbei die klinische Einordnung, inwieweit dieser Unterschied Bedeutung in der klinischen Diagnose hat. Da die Differenz der Mittelwerte sehr klein ist, ist trotz statistischer Signifikanz nicht von einer klinischen Relevanz auszugehen.

#### 4.5 Diskussion der Arthrosehäufigkeit

In der vorliegenden Studie zeigen 22,7% der untersuchten Fälle keine Coxarthrose. Lau et al. [82] stellten in ihren Untersuchungen an chinesischen Männern bei 69,5% keine Coxarthrose fest.

28,2% der hier untersuchten Tübinger Patienten zeigen eine Coxarthrose I°, 27,6% eine Coxarthrose II°, 13,4% eine Coxarthrose III° und 3,9% eine Coxarthrose IV°.

Lau et al. diagnostizierten im Vergleich dazu eine Coxarthrose Grad I° bei 14,8%, eine Coxarthrose Grad II° bei 10,2%, eine Coxarthrose Grad III° bei 5,0% und eine Coxarthrose Grad IV° bei 0,3% ihrer Patienten.

Croft et al. [79] diagnostizierten in ihren Analysen britischer Männer keine Coxarthrose bei 62,8%. Eine Coxarthrose I° bei 12,9%, eine Coxarthrose II° bei 13,3%, eine Coxarthrose III° bei 8,4% und eine Coxarthrose IV° bei 1,5%.

Die hier ermittelte höhere Quote kann unter anderem durch die andere Stichprobe erklärt werden. Lau et al. und Croft et al. analysierten Urographieaufnahmen. Die Bildgebungen wurden zur Diagnostik der Prostatahyperplasie durchgeführt. Die Röntgenbilder der hier untersuchten Patienten wurden aufgrund einer Hüftschmerzproblematik aufgenommen. Da die Coxarthrose Hüftschmerzen verursachen kann ist es mit zu erklären, dass Patienten mit Hüftgelenksschmerzen eine höhere Quote für Coxarthrose aufweisen als eine andere Stichprobe.

Lau et al. und Croft et al. untersuchten nur Aufnahmen des männlichen Geschlechts. In der hier durchgeführten Studie wurden mehr weibliche als männliche Probanden untersucht. Die Quote für die Coxarthrose wird in der Literatur bei den Frauen höher als bei den Männern beschrieben [2.]

Interessant ist auch, dass die Patienten von Lau et al. und Croft et al. mit einem Durchschnittsalter von  $70 \pm 7$  Jahren (60- 75 Jahre) beziehungsweise  $67 \pm 4$  Jahren (60- 75 Jahre) älter waren als in den hier vorliegenden Untersuchungen und die hier beurteilten Patienten mit  $60,2 \pm 17,1$  Jahren trotzdem eine höhere Coxarthroserate aufzeigen. Auch diese Tatsache lässt sich mitunter der hier untersuchten Stichprobe an Patienten mit Hüftgelenkschmerzen erklären.

Weitere Gründe für die niedrigere Rate an Coxarthrose unter den chinesischen Männern im Vergleich zu der hier vorliegenden Analyse kann die niedrigere Quote für die rheumatoide Arthritis in Hong Kong beziehungsweise China [97] verglichen mit Europa sein, auch wenn die rheumatoide Arthritis für einen kleinen Teil der Coxarthrosen verantwortlich ist. Bei Ipach et al. [20] war sie bei 2,2% der Fälle Grund für eine TEP des Hüftgelenkes bei hochgradiger Coxarthrose vor dem 60. Lebensjahr.

Die höhere Quote an Coxarthrose bei den in Tübingen untersuchten Patienten kann auch an der hohen Zahl der übergewichtigen Menschen in Deutschland liegen. In Deutschland waren im Jahr 2011 14,7% der Menschen fettleibig, entsprechend einem Body-Mass-Index (Gewicht in kg / (Höhe in Meter)<sup>2</sup>) >30 [98]. In China waren 2011 2,9% der Menschen fettleibig [98]. Allerdings ist ein Zusammenhang zwischen Coxarthrose und Übergewicht nicht sicher [1]. Vingard et al. [99] und Gosvig et al. [74] konnten einen Zusammenhang zwischen Übergewicht und der Entwicklung von Coxarthrose herstellen. Sie beschrieben ein steigendes Lebensalter als Risikofaktor für eine Coxarthrose.

Die höhere Rate an Coxarthrose unter den Tübinger Patienten lässt sich eventuell auch durch die unterschiedlichen Sitzgewohnheiten der Europäer und Asiaten erklären. Gunn et al. [100] konnten zeigen, dass es bei der hockenden Position wie sie in China häufiger angewandt wird als in Europa zur besseren Verteilung des Druckes am Femurkopfknochen mit Vermeidung nichtdruckbelasteter Zonen kommt. Bei der sitzenden Position wie sie in Europa häufig gebraucht wird gibt es Zonen am Femurkopf die nicht belastet werden [100]. Gunn et al. [100] beschrieben, dass an postmortal untersuchten Hüftgelenken Knorpelschäden vor allem an nicht belasteten Zonen auftraten.

In der hier vorliegenden Untersuchung kann ein schwacher Zusammenhang zwischen dem Alter und der Schwere einer Coxarthrose festgestellt werden. Der Kendall-Tau-b-Korrelationskoeffizient liegt auf der linken Seite bei 0,291 und rechts bei 0,275. Für beide Seiten gilt  $p < 0,001$ . Lane et al. [89] kamen in ihren Untersuchungen an weiblichen US-Bürgern zu dem Ergebnis, dass das Alter einen Einfluss auf die Coxarthrose hat. Sie verglichen das Alter und die Häufigkeit von Coxarthrose bei Frauen die in den USA an einer Langzeitstudie zur Erkennung von Risikofaktoren für osteoporotische Frakturen teilnahmen. Lane et al. [89] fanden heraus, dass Frauen mit Coxarthrose in ihrer Studie signifikant älter waren, nämlich im Mittel  $71 \pm 4,7$  Jahre als Frauen ohne Coxarthrose mit durchschnittlich  $72,4 \pm 5,5$  Jahren. Alle Frauen waren älter als 65 Jahre.

Genau vergleichen lassen sich die Stichproben hinsichtlich eines Ländervergleiches untereinander aber deswegen nicht da in Tübingen alle Patienten mit Hüftgelenksbeschwerden unabhängig von ihrer ethnischen Herkunft in die Studie eingeschlossen wurden. Bei Lau et al. und Lane et al. gibt es keine genauen Angaben über die ethnische Herkunft ihrer Probanden. Allerdings wurden in den Untersuchungen von Lane et al. Schwarzafrikanerinnen ausgeschlossen.

#### 4.6 Diskussion körperseitenspezifischer Unterschiede

Bei den Variablen CE- Winkel, CCD- Winkel und Dachschiefewinkel ist der mittlere Wert der rechten Seite höher als der der linken Seite. CE- Winkel links: Mittelwert  $38,01^{\circ} \pm 10,26^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ -  $70^{\circ}$ ), CE- Winkel rechts: Mittelwert:  $42,11^{\circ} \pm 10,13^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ -  $98^{\circ}$ ), CCD- Winkel links: Mittelwert  $127,68^{\circ} \pm 7,22^{\circ}$  ( $56^{\circ}$ -  $162^{\circ}$ ), CCD- Winkel rechts: Mittelwert  $135,09^{\circ} \pm 7,05^{\circ}$  ( $110^{\circ}$ -  $161^{\circ}$ ), Dachschiefewinkel links: Mittelwert  $8,91^{\circ} \pm 4,83^{\circ}$  ( $0^{\circ}$ -  $38^{\circ}$ ), Dachschiefewinkel rechts: Mittelwert  $9,75^{\circ} \pm 5,4^{\circ}$  ( $1^{\circ}$ -  $34^{\circ}$ ).

Werner et al. [71] konnten bei ihren Untersuchungen an Traumapatienten des Adams Cowley Trauma Center, Baltimore, MD, USA ebenfalls einen höheren CE- Winkel für die rechte Seite feststellen. Bei Ihnen war der Dachschiefewinkel der rechten Seite signifikant größer als auf der linken Seite.

Morvan et al. [101] ermittelten im Gegensatz zu der hier vorliegenden Studie bei ihren Untersuchungen an Patienten mit Hüftgelenksschmerzen einen höheren Wert für den CE- Winkel auf der linken Seite mit  $30,4^{\circ}$  als auf der rechten Seite mit  $29,0^{\circ}$ . In den hier vorliegenden Messungen ist der CE- Winkel der rechten Seite größer als der der linken Seite. In den Untersuchungen von Morvan et al. war der mittlere Dachschiefewinkel der rechten Seite mit  $7,1^{\circ}$  versus  $5,3^{\circ}$  höher als auf der linken Seite. In der hier vorliegenden Studie zeigt sich rechts ein höherer Dachschiefewinkel als links. Morvan et al. [101] fanden in Ihren Untersuchungen mehr Hüftdysplasien auf der rechten Seite als auf der linken Seite.



Lane et al.[89] fanden in ihren Messungen bei älteren Frauen (Durchschnittsalter  $72\pm 5,3$  Jahre) in Großbritannien, mit und ohne Coxarthrose, auf der rechten Seite einen höheren CE- Winkel mit  $37,1^\circ\pm 6,7^\circ$  als auf der linken Seite mit  $35,5^\circ\pm 6,5^\circ$ .

Zur Erklärung der Unterschiede zwischen den Körperseiten wäre es interessant zu wissen welche Händigkeit die Patienten haben. Diese wirkt sich auf die Wahl das Sprung- und Standbeines aus. Dieses wiederum hat Einfluss auf die Belastung und die Stärke der wirkenden Kräfte im Hüftgelenk. In einer anderen Studie könnte der Einfluss auf die Messwerte untersucht werden.

Zur Untersuchung auf eine Differenz der radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie und eines FAI pro Patient wurden aus der rechten und linken Seite die Differenz bestimmt: Differenz= Messwert links – Messwert rechts.

Ein großer Wert der Differenz zwischen den Seiten rechts und links deutet auf einen großen Unterschied zwischen den Werten der Körperseiten hin. Es können nur die Patienten in die Berechnung einbezogen werden bei denen beide Hüftseiten vermessen werden konnten.

Beim gepaarten T- Test zeigen sich unter der Annahme einer Normalverteilung für die Variablen CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio dargestellt signifikante Unterschiede für die Differenz aus der linken und rechten Seite,  $p<0,01$ .

Diese Unterschiede sind kritisch zu betrachten. Zum einen kann die hier vorliegende hohe Fallzahl von 1614 Patienten Signifikanzen verursachen, zum anderen ist es wichtig zu prüfen ob die zwar signifikanten aber kleinen Unterschiede eine klinische Bedeutung haben.

Wichtig für die Beurteilung der Veränderung der radiologischen Zeichen der Hüftdysplasie und des FAI ist der Einfluss von degenerativen Veränderungen wie man sie bei der Coxarthrose findet. Ipach et al. [20] fanden bei 51,5% aller Patienten mit sogenannter „idiopathischer“ Coxarthrose mindestens ein Zeichen für eine acetabuläre Dysplasie.

Ganz et al. [102] zeigten auf, dass bis zu 79% aller Patienten mit „idiopathischer“ oder „primärer“ Coxarthrose Zeichen einer anormaler Hüftgeometrie mit acetabulärer Dysplasie aufwiesen.

Die Prävalenz der Dysplasie in der englischen Bevölkerung wurde mit 3,8% [87] und mit 4,5% [82] in der chinesischen männlichen Bevölkerung beschrieben. Bezieht man andere Auffälligkeiten der Hüftgeometrie wie eine zu stark ausgeprägte Überdachung des Hüftkopfes, eine acetabuläre Retroversion oder einen pathologisches Hüftkopf- Schenkelhalsübergang mit in die Beobachtungen bei Patienten mit primärer Arthrose ein, so wird man bei 97% der Patienten die vor dem 60. Lebensjahr eine Coxarthrose entwickelten fündig [20].

Vergleicht man die Daten der Dysplasie in der Bevölkerung mit denen von Patienten die aufgrund einer „idiopathischen“ Coxarthrose eine TEP des Hüftgelenkes vor dem 60. Lebensjahr implantiert bekamen, so wird die hohe Relevanz der frühzeitigen Erkennung von Hüftanomalien deutlich.

Ein anomaler Hüftkopf- Schenkelhalsübergang wurde bei 40- 50% aller Patienten mit Coxarthrose gefunden [85]. Laborie et al. [103] fanden bei einer Kohorte gesunder Erwachsener die im Mittel 18,6 Jahre (17,2- 20,1 Jahre) alt waren bei 868 von 874 männlichen Teilnehmern und bei 1192 von 1207 weiblichen Teilnehmern mindestens ein Zeichen für ein Cam-oder Pincer- Impingement.

#### 4.7 Diskussion der Korrelation der Messwerte mit dem Grad der Arthrose

Die Regressionsanalyse ANOVA zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied für die Messungen des CE- Winkels ( $p < 0,001$ ), Acetabulumwinkels ( $p < 0,001$ ), Femurkopffextrusionsindexes ( $p < 0,001$ ) und CCD- Winkels ( $p < 0,001$ ) zwischen Patientengruppen die nach dem Grad ihrer Arthrose in die Stadien 0- 4 nach Kellgren- Lawrence eingeteilt wurden.

Unter Annahme einer schiefen Verteilung für die Variablen head- ratio und Dachschiefewinkel zeigt der Kruskal- Wallis- Test einen signifikanten Unterschied zwischen den Coxarthrosegruppen nach Kellgren und Lawrence nur bei der head- ratio ( $p < 0,001$ ) und nicht beim Dachschiefewinkel ( $p = 0,18$ ).

Dieser Zusammenhang der radiologischen Zeichen der Hüftdysplasie und des femoroacetabulären Impingements mit dem Schweregrad der Arthrose könnte damit zusammenhängen, dass durch die degenerativen Veränderungen am Hüftgelenk im Rahmen der Coxarthrose die radiologischen Fixpunkte für den Messvorgang unscharf dargestellt werden. Zum Beispiel ist es beim Vorhandensein von Osteophyten schwierig den am weitesten lateral gelegenen Punkt des Acetabulums zur Bestimmung des CE- Winkels zu definieren.

Desweiteren ist zu beachten, dass die Messwerte CE- Winkel, Acetabulumwinkel und Femurkopfextrusionsindex mit dem Lebensalter korrelieren. Eine positive Korrelation des Schweregrades der Coxarthrose mit steigendem Alter können wir in unseren Messungen ebenfalls zeigen. Diese Tatsachen könnten ein Grund für die Korrelation des Schweregrades der Coxarthrose mit den Messparametern sein.

Lane et al. [89] konnten in ihren Messungen an englischen Frauen die im Mittel  $72 \pm 5,3$  Jahre alt waren, einen signifikanten Unterschied für den CE- Winkel zwischen den beiden Gruppen mit und ohne Coxarthrose finden. In der Gruppe mit Coxarthrose war der Wert durchschnittlich  $36,7^\circ \pm 7,6^\circ$  und in der Gruppe ohne Coxarthrose war der Wert  $35,4^\circ \pm 5,7^\circ$ . In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Patienten in der Gruppe mit Coxarthrose mit  $72,4 \pm 5,5$  Jahren signifikant älter waren als in der Gruppe ohne Coxarthrose mit  $71,0 \pm 4,7$  Jahren.

Auch in diesem Zusammenhang fällt es schwer zu beurteilen, ob das Alter oder/und der Grad der Arthrose einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Da sich laut Imhoff et al. [25] der CE- Winkel mit steigendem Lebensalter vergrößert könnte auch dies einen Einfluss auf das Ergebnis in unserer Analyse haben da der Schweregrad der Arthrose in unseren Untersuchungen einen Zusammenhang mit dem Lebensalter zeigt.

Gosvig et al. [74] konnten in ihren Untersuchungen keinen Zusammenhang zwischen den radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie und der Coxarthrose herstellen. Eine Hüftdysplasie definierten sie als einen CE- Winkel  $<20^\circ$ .

## 5. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es die radiologischen Messparameter CE- Winkel, Acetabulum-winkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, head- ratio und CCD- Winkel sowie die Diagnosen Coxa profunda, Protrusio acetabuli und das cross- over- sign auf eine Korrelation mit dem Lebensalter, Geschlecht, Körperseite und dem Grad der Coxarthrose zu untersuchen. Für diese retrospektive Analyse wurden die Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang von Patienten die zwischen Januar 2006 und Dezember 2011 aufgrund von Hüftgelenksbeschwerden die Orthopädische Universitätsklinik Tübingen aufsuchten ausgewählt. Hintergrund dieser Fragestellungen ist, dass in den letzten Jahren Veränderungen der Hüftgeometrie wie eine acetabuläre Retroversion, eine vermehrte Überdachung des Femurkopfes und ein anomaler Übergang des Femurkopfes in den Schenkelhals neben der Hüftdysplasie deutlich an Bedeutung bezüglich des Verursachens von Hüftgelenksbeschwerden und Coxarthrose in jungen Lebensjahren zugenommen haben. Diese typischen Veränderungen führen zum femoroacetabulären Impingement. Hierbei kommt es zu einem pathologischen Kontakt zwischen Acetabulum und dem proximalen Femurende.

Im Rahmen unserer Messungen können wir herausfinden, dass mehr Frauen als Männer mit Hüftschmerzen in die Klinik kamen und die Männer im Schnitt jünger waren als die Frauen. Die meisten Messvariablen zeigen eine Korrelation mit dem Lebensalter, einen signifikanten Unterschied zwischen der rechten und linken Körperseite und dem männlichen und weiblichen Geschlecht. Wir können auch einen signifikanten Einfluss des Lebensalters auf den Schweregrad der Coxarthrose nachweisen. Mit steigendem Lebensalter steigt in unseren Untersuchungen der Grad der Coxarthrose. Durch die Feststellung der Einflüsse des Alters, des Geschlechts, der Körperseite und des Arthrosegrades auf die Messparameter in unseren Messungen ist es schwierig deren Verlauf allgemein zu beschreiben. Es bleibt teilweise die Frage ob sich der Messparameter aufgrund der Degeneration verändert oder der pathologische Messparameter zur Degeneration führt. Generell kann man darauf schließen, dass die

erwähnten Messparameter zur Diagnose des FAI und der Dysplasie bei arthrotischen Veränderungen mit Vorsicht eingesetzt werden sollten.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [2] C. J. Wirth, L. Zichner, C. Tschauer, R. M. Aigner, F. Anderhuber, and M. Beck, *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie*, 1st ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2002.
- [3] J. S. Kellgren and J. H. Lawrence, "Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis," *Ann Rheum Dis.*, vol. 16(4), pp. 494–502., 1957.
- [4] A. D. Imhoff, R. Linke, and B. René, *Orthopädie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [5] Y. Sun, T. Stürmer, K. P. Günther, and H. Brenner, "Inzidenz und Prävalenz der Cox- und Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung," *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, pp. 184–192, 1997.
- [6] F. U. Niethard, J. Pfeil, and P. Biberthaler, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 6th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2009.
- [7] C. Vetter, "Orthopädie: Standard und Optionen für die Therapie der Arthrose," *Deutsches Ärzteblatt*, p. 95(46), Nov-1998.
- [8] P. Schnabel and S. Borelli, "Deutsches Ärzteblatt: Endoprothesenregister: Höchsten Anforderungen genügen (02.12.2011)," *Dtsch Arztebl*, 2011. [Online]. Available: <http://www.aerzteblatt.de/archiv/115583/Endoprothesenregister-Hoehcsten-Anforderungen-genueegen?src=search>. [Accessed: 30-Jan-2014].
- [9] "Grafik: Abbildung 1.2.14: Lebenszeitprävalenz von Arthrose (in Prozent) [Gesundheit in Deutschland, 2006]." [Online]. Available: [http://www.gbe-bund.de/gbe10/ergebnisse.prc\\_tab?fid=10329&suchstring=&query\\_id=&sprache=D&fund\\_typ=GRA&methode=&vt=&verwandte=1&page\\_ret=0&seite=1&p\\_sprachkz=D&p\\_uid=gast&p\\_lfd\\_nr=8&p\\_news=&p\\_aid=345917&hlp\\_nr=1&p\\_janein=J](http://www.gbe-bund.de/gbe10/ergebnisse.prc_tab?fid=10329&suchstring=&query_id=&sprache=D&fund_typ=GRA&methode=&vt=&verwandte=1&page_ret=0&seite=1&p_sprachkz=D&p_uid=gast&p_lfd_nr=8&p_news=&p_aid=345917&hlp_nr=1&p_janein=J). [Accessed: 21-Jul-2014].
- [10] F. J. Blanco, R. Guitian, E. Vázquez-Martul, F. J. De Toro, and F. Galdo, "Osteoarthritis chondrocytes die by apoptosis. A possible pathway for osteoarthritis pathology.," *Arthritis Rheum.*, vol. 41, no. 2, pp. 284–289, 1998.
- [11] C. M. Thomas, C. J. Fuller, C. E. Whittles, and M. Sharif, "Chondrocyte death by apoptosis is associated with cartilage matrix degradation.," *Osteoarthr. Cartil. OARS Osteoarthr. Res. Soc.*, vol. 15, no. 1, pp. 27–34, 2007.
- [12] T. Hardingham and M. Bayliss, "Proteoglycans of articular cartilage: Changes in aging and in joint disease," *Semin. Arthritis Rheum.*, vol. 20, no. 3, Supplement 1, pp. 12–33, 1990.
- [13] F. U. Niethard and J. Pfeil, *Orthopädie*, 5th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005.
- [14] M. Jäger and C. J. Wirth, *Praxis der Orthopädie*, 1st ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1992.

- [15] M. B. Goldring, "The role of the chondrocyte in osteoarthritis," *Arthritis Rheum*, pp. 1916–26, 2000.
- [16] S. E. Campbell, D. Bennett, L. Nasir, E. A. Gault, and D. J. Argyle, "Disease- and cell-type-specific transcriptional targeting of vectors for osteoarthritis gene therapy: further development of a clinical canine model.," *Rheumatology (Oxford)*, vol. 44, no. 6, pp. 735–43, Jun. 2005.
- [17] C. I. Johnson, D. J. Argyle, and D. N. Clements, "In vitro models for the study of osteoarthritis," *Vet. J.*, vol. 209, pp. 40–49, Jul. 2015.
- [18] C.-J. Silfverswärd, A. Frost, H. Brändström, O. Nilsson, and O. Ljunggren, "Interleukin-4 and interleukin-13 potentiate interleukin-1 induced secretion of interleukin-6 in human osteoblast-like cells.," *J. Orthop. Res.*, vol. 22, no. 5, pp. 1058–62, Sep. 2004.
- [19] D. T. Felson, "An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis," *Radiol. Clin. North Am.*, vol. 42, no. 1, pp. 1–9, v, 2004.
- [20] I. Ipach, F. Mittag, R. Syha, B. Kunze, P. Wolf, and T. Kluba, "Indications for Total Hip Arthroplasty in Young Adults - Idiopathic Osteoarthritis Seems To Be Overestimated.," *RoFo Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nucl.*, vol. 184, no. 3, pp. 239–247, 2012.
- [21] P. Henle, M. Tannast, and K. A. Siebenrock, "Bildgebende Diagnostik der Hüft dysplasie," *Orthopäde*, vol. 37, no. 6, pp. 525–531, Jun. 2008.
- [22] M. Engelhardt and K. Richter, "Deformität, präarthrotische," *Engelhardt Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie*. [Online]. Available: <http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=00500>. [Accessed: 02-Feb-2014].
- [23] C. Wirth, L. Zichner, C. Tschauner, R. M. Aigner, F. Anderhuber, and M. Beck, *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie*, 1st ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2002.
- [24] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [25] A. B. Imhoff, R. Linke, and R. Baumgartner, *Checkliste Orthopädie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [26] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [27] "Hüft dysplasie – Wikipedia." [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%BCft dysplasie>. [Accessed: 21-Jul-2014].
- [28] J. F. Crowe, V. J. Mani, and C. S. Ranawat, "Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip.," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 61, no. 1, pp. 15–23, Jan. 1979.
- [29] H. Kohlhof, K. Ziebarth, S. Gravius, D. C. Wirtz, and K. A. Siebenrock, "[Operative treatment of congenital hip osteoarthritis with high hip luxation (Crowe type IV)].," *Oper. Orthop. Traumatol.*, vol. 25, no. 5, pp. 469–82, Oct. 2013.
- [30] C. Devens, "Dr. Devens | Facharzt für Orthopädie | Hüftultraschall." [Online]. Available: <http://devens.de/11-0-Hueftultraschall.html>. [Accessed: 18-Nov-2014].



- [31] C. H. Heyman and C. H. Herndon, "Legg-Perthes disease; a method for the measurement of the roentgenographic result.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 32, no. A:4, pp. 767–778, 1950.
- [32] S. B. Murphy, R. Ganz, and M. E. Müller, "The prognosis in untreated dysplasia of the hip. A study of radiographic factors that predict the outcome.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 77, no. 7, pp. 985–989, 1995.
- [33] P. L. S. Li and R. Ganz, "Morphologic features of congenital acetabular dysplasia: one in six is retroverted.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 416, pp. 245–53, Nov. 2003.
- [34] J. W. Mast, R. L. Brunner, and J. Zebrack, "Recognizing acetabular version in the radiographic presentation of hip dysplasia.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 418, pp. 48–53, 2004.
- [35] T. C. Mamisch, S. Werlen, C. Zilkens, S. Trattnig, Y.-J. Kim, K. a. Siebenrock, and B. Bittersohl, "Radiologische Diagnose des femoroazetabulären Impingements," *Radiologe*, vol. 49, no. 5, pp. 425–433, May 2009.
- [36] M. B. Dobbs and S. L. Weinstein, "Natural history and long-term outcomes of slipped capital femoral epiphysis.," *Instr. Course Lect.*, vol. 50, pp. 571–575, 2001.
- [37] M. Beck, M. Kalhor, M. Leunig, and R. Ganz, "Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip.," *J. bone Jt. Surg. Br. Vol.*, vol. 87, no. 7, pp. 1012–1018, 2005.
- [38] K. Ito, M. A. Minka, M. Leunig, S. Werlen, and R. Ganz, "Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset.," *J. bone Jt. Surg. Br. Vol.*, vol. 83, no. 2, pp. 171–176, 2001.
- [39] H. P. Nötzli, T. F. Wyss, C. H. Stoecklin, M. R. Schmid, K. Treiber, and J. Hodler, "The contour of the femoral head- neck junction as a predictor for the risk of anterior ipingement.," *J Bone Surg.*, no. 84, pp. 556–560, 2002.
- [40] K. A. Siebenrock, K. H. A. Wahab, S. Werlen, M. Kalhor, M. Leunig, and R. Ganz, "Abnormal extension of the femoral head epiphysis as a cause of cam impingement.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 418, no. 418, pp. 54–60, 2004.
- [41] H. Eijer, S. R. Myers, and R. Ganz, "Anterior femoroacetabular impingement after femoral neck fractures.," *J. Orthop. Trauma*, vol. 15, no. 7, pp. 475–481, 2001.
- [42] I. Ipach, F. Mittag, S. Sachsenmaier, P. Heinrich, and T. Kluba, "A New Classification for 'Pistol Grip Deformity'- Correlation Between the Severity of the Deformity and the Grade of Osteoarthritis of the Hip," *"Fortschr. Röntgenstrahlen"*, vol. 183(4), pp. 365–71, 2010.
- [43] J. Pfeil, J. Frank, N. M. Gumpert, and H. Laurer, *Hüftchirurgie*, 1st ed. Berlin, Heidelberg, New York: Axel Springer Verlag, 2008.
- [44] R. O. Murray, "The Aetiology of Primary Osteoarthritis of the Hip," *Br. J. Radiol.*, vol. 38, no. 455, pp. 810–824, Nov. 1965.
- [45] D. Resnick, "The 'tilt deformity' of the femoral head in oste... [Clin Radiol. 1976] - PubMed - NCBI," *Clin Radiol*, 1976. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/975742>. [Accessed: 07-Feb-2014].

- [46] L. B. Laborie, T. G. Lehmann, I. Ø. Engesæter, L. B. Engesæter, and K. Rosendahl, "Is a positive femoroacetabular impingement test a common finding in healthy young adults?," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 471, no. 7, pp. 2267–77, Jul. 2013.
- [47] K. A. Siebenrock, R. Schoeniger, and R. Ganz, "Anterior femoroacetabular impingement due to acetabular retroversion. Treatment with periacetabular osteotomy.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 85-A, no. 2, pp. 278–286, 2003.
- [48] R. Ganz, J. Parvizi, M. Beck, M. Leunig, H. Nötzli, and K. a Siebenrock, "Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 417, pp. 112–20, Dec. 2003.
- [49] P. Bamert, P. Hausner, B. Isler, F. Vrevc, and R. Ganz, "Cervicoacetabular impingement after femoral neck fracture," *Unfallchirurg*, vol. 94(4), pp. 172–175, 1991.
- [50] A. N. Larson, D. J. Sucato, J. A. Herring, S. E. Adolphsen, D. M. Kelly, J. E. Martus, J. F. Lovejoy, R. Browne, and A. Delarocha, "A prospective multicenter study of Legg-Calvé-Perthes disease: functional and radiographic outcomes of nonoperative treatment at a mean follow-up of twenty years.," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 94, no. 7, pp. 584–92, Apr. 2012.
- [51] A. B. Imhoff, R. Linke, and R. Baumgartner, *Checkliste Orthopädie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [52] M. Tannast, K. A. Siebenrock, and S. E. Anderson, "Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis--what the radiologist should know.," *AJR. Am. J. Roentgenol.*, vol. 188, no. 6, pp. 1540–52, Jun. 2007.
- [53] D. Tönnis, *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter*, 1st ed. Berlin, Heidelberg, New York: Axel Springer Verlag, 1984.
- [54] Wiberg G, "Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint: With special reference to the complications of osteoarthritis.," *Acta Chir Scan*, vol. 58, pp. 7–38, 1939.
- [55] S. Anda, T. Terjesen, K. A. Kvistad, and S. Svenningsen, "Acetabular angles and femoral anteversion in dysplastic hips in adults: CT investigation.," *J. Comput. Assist. Tomogr.*, vol. 15, no. 1, pp. 115–120, 1991.
- [56] S. D. Steppacher, M. Tannast, S. Werlen, and K. A. Siebenrock, "Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 466, no. 4, pp. 782–90, Apr. 2008.
- [57] M. Lequesne, "COXOMETRY. MEASUREMENT OF THE BASIC ANGLES OF THE ADULT RADIOGRAPHIC HIP BY A COMBINED PROTRACTOR.," *Rev. du Rhum. des Mal. Osteoartic.*, vol. 30, pp. 479–485, 1963.
- [58] K. P. Schulitz and H.-O. Dustmann, *Morbus Perthes: Ätiopathogenese, Differentialdiagnose, Therapie und Prognose*, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Axel Springer Verlag, 1998.
- [59] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg

- Thieme Verlag, 2010.
- [60] K. Buckup, *Kinderorthopädie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2001.
- [61] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [62] N. Wülker, T. Kluba, S. Rehart, P. Reize, B. Roetman, and M. Rudert, *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2nd ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2010.
- [63] P. A. Dieppe and L. S. Lohmander, "Pathogenesis and management of pain in osteoarthritis.," *Lancet*, vol. 365, no. 9463, pp. 965–973, 2005.
- [64] M. Leunig and R. Ganz, "[Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis].," *Unfallchirurg*, vol. 108, no. 1, pp. 9–10, 12–7, Jan. 2005.
- [65] R. Ganz, T. J. Gill, E. Gautier, K. Ganz, N. Krügel, and U. Berlemann, "Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis.," *J. Bone Joint Surg. Br.*, vol. 83, no. 8, pp. 1119–24, Nov. 2001.
- [66] "Femoroazetabuläres Impingement," 2014.
- [67] M. Dienst, M. Kusma, O. Steimer, P. Holzhofer, and D. Kohn, "[Arthroscopic resection of the cam deformity of femoroacetabular impingement].," *Oper. Orthopädie und Traumatol.*, vol. 22, no. 1, pp. 29–43, Mar. 2010.
- [68] "pp\_2007\_06\_Assessm-WOMAC.qxp - pp607\_assessment-WOMAC.pdf." [Online]. Available: [http://www.igptr.ch/cms/uploads/PDF/PTR/ass\\_artikelserie/pp607\\_assessment-WOMAC.pdf](http://www.igptr.ch/cms/uploads/PDF/PTR/ass_artikelserie/pp607_assessment-WOMAC.pdf). [Accessed: 11-Mar-2016].
- [69] V. M. Ilizaliturri, L. Orozco-Rodriguez, E. Acosta-Rodríguez, and J. Camacho-Galindo, "Arthroscopic treatment of cam-type femoroacetabular impingement: preliminary report at 2 years minimum follow-up.," *J. Arthroplasty*, vol. 23, no. 2, pp. 226–34, Feb. 2008.
- [70] A. A. der hier vorliegenden Studie, *Beispielaufnahme, Hüftgelenk im a.p.-Strahlengang mit Bezugspunkten*.
- [71] C. M. L. Werner, L. E. Ramseier, T. Ruckstuhl, J. Stromberg, C. E. Copeland, C. H. Turen, K. Rufibach, and S. Bouaicha, "Normal values of Wiberg's lateral center-edge angle and Lequesne's acetabular index--a coxometric update.," *Skeletal Radiol.*, vol. 41, no. 10, pp. 1273–8, Sep. 2012.
- [72] D. Tönnis and A. Heinecke, "Acetabular and femoral anteversion: relationship with osteoarthritis of the hip.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 81, no. 12, pp. 1747–1770, 1999.
- [73] B. Halle, D. M. Halle, T. Torfing, and S. Overgaard, "The role of acetabulum geometry and femoral head-neck ratio in the development of osteoarthritis in young men.," *Hip Int.*, vol. 17, no. 3, pp. 131–6, 2007.
- [74] K. K. Gosvig, S. Jacobsen, S. Sonne-Holm, H. Palm, and A. Troelsen, "Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey.," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 92, no. 5, pp. 1162–9, May 2010.

- [75] O. Reikerås and I. Bjerkreim, "Idiopathic increased anteversion of the femoral neck. Radiological and clinical study in non-operated and operated patients.," *Acta Orthop. Scand.*, vol. 53, no. 6, pp. 839–845, 1982.
- [76] M. Lequesne, J. Malghem, and E. Dion, "The normal hip joint space: variations in width, shape, and architecture on 223 pelvic radiographs.," *Ann. Rheum. Dis.*, vol. 63, no. 9, pp. 1145–51, Sep. 2004.
- [77] H. P. Nötzli, T. F. Wyss, C. H. Stoecklin, M. R. Schmid, K. Treiber, and J. Hodler, "The contour of the femoral head-neck ju... [J Bone Joint Surg Br. 2002] - PubMed - NCBI," *J Bone Joint Surg Br.*, 2002. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12043778>. [Accessed: 09-Feb-2014].
- [78] W. H. Harris, "Etiology of osteoarthritis of the hip.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 213, pp. 20–33, Dec. 1986.
- [79] P. Croft, C. Cooper, C. Wickham, and D. Coggon, "Defining osteoarthritis of the hip for epidemiologic studies.," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 132, no. 3, pp. 514–22, Sep. 1990.
- [80] M. G. Stulberg SD, Cordell LD, "Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip.," in *The Hip Procs Third Open Scientific Meeting of the Hip Society.*, 2010, pp. 212–218.
- [81] R. Ganz, M. Leunig, K. Leunig-Ganz, and W. H. Harris, "The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 466, no. 2, pp. 264–72, Feb. 2008.
- [82] E. M. Lau, F. Lin, D. Lam, A. Silman, and P. Croft, "Hip osteoarthritis and dysplasia in Chinese men.," *Ann. Rheum. Dis.*, vol. 54, no. 12, pp. 965–9, Dec. 1995.
- [83] Irb/dapd, "Durchschnittsalter der Deutschen wird deutlich ansteigen - SPIEGEL ONLINE," 2012. [Online]. Available: <http://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/durchschnittsalter-der-deutschen-wird-deutlich-ansteigen-a-868019.html>. [Accessed: 15-Feb-2014].
- [84] J. M. Bland and D. G. Altman, "Measuring agreement in method comparison studies.," *Stat. Methods Med. Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 135–60, Jun. 1999.
- [85] J. C. Clohisy, J. C. Carlisle, R. Trousdale, Y.-J. Kim, P. E. Beaulé, P. Morgan, K. Steger-May, P. L. Schoenecker, and M. Millis, "Radiographic evaluation of the hip has limited reliability.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 467, no. 3, pp. 666–75, Mar. 2009.
- [86] M. Nelitz, K. P. Guenther, S. Gunkel, and W. Puhl, "Reliability of radiological measurements in the assessment of hip dysplasia in adults.," *Br. J. Radiol.*, vol. 72, no. 856, pp. 331–4, Apr. 1999.
- [87] D. R. Cooperman, R. Wallensten, and S. D. Stulberg, "Post-reduction avascular necrosis in congenital dislocation of the hip.," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 62, no. 2, pp. 247–58, Mar. 1980.
- [88] I. Ipach, F. Mittag, C. Walter, R. Syha, P. Wolf, and T. Kluba, "The prevalence of acetabular anomalies associated with pistol-grip-deformity in osteoarthritic hips.," *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 99, no. 1, pp. 37–45, Feb. 2013.

- [89] N. E. Lane, M. C. Nevitt, C. Cooper, A. Pressman, R. Gore, and M. Hochberg, "Acetabular dysplasia and osteoarthritis of the hip in elderly white women.," *Ann. Rheum. Dis.*, vol. 56, no. 10, pp. 627–30, Oct. 1997.
- [90] J. C. Clohisy and J. T. McClure, "Treatment of anterior femoroacetabular impingement with combined hip arthroscopy and limited anterior decompression.," *Iowa Orthop. J.*, vol. 25, pp. 164–71, Jan. 2005.
- [91] M. Leunig, M. M. Casillas, M. Hamlet, O. Hersche, H. Nötzli, T. Slongo, and R. Ganz, "Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis.," *Acta Orthop. Scand.*, vol. 71, no. 4, pp. 370–5, Aug. 2000.
- [92] S. Panzer, P. Augat, and J. Scheidler, "[Herniation pits and their renaissance in association with femoroacetabular impingement].," *Rofo*, vol. 182, no. 7, pp. 565–72, Jul. 2010.
- [93] C. D. Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, Latimer B, Buly RL, "Subclinical slipped capital femoral epi... [J Bone Joint Surg Am. 1997] - PubMed - NCBI," *J Bone Joint Surg*, 1997. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9378734>. [Accessed: 07-Feb-2014].
- [94] P. Beaulé, E. Zaragoza, K. Motamedi, N. Copelan, and F. Dorey, "Three-dimensional computed tomography of the hip in the assessment of femoroacetabular impingement," *J. Orthop. Res.*, vol. 23, no. 6, pp. 1286–1292, Nov. 2005.
- [95] D. C. Meyer, M. Beck, T. Ellis, R. Ganz, and M. Leunig, "Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 445, pp. 181–5, Apr. 2006.
- [96] T. C. Mamisch, B. Bittersohl, T. Hughes, Y.-J. Kim, G. H. Welsch, M. Dudda, K. A. Siebenrock, S. Werlen, and S. Trattnig, "Magnetic resonance imaging of the hip at 3 Tesla: clinical value in femoroacetabular impingement of the hip and current concepts.," *Semin. Musculoskelet. Radiol.*, vol. 12, no. 3, pp. 212–22, Sep. 2008.
- [97] E. Lau, D. Symmons, C. Bankhead, A. MacGregor, S. Donnan, and A. Silman, "Low prevalence of rheumatoid arthritis in the urbanized Chinese of Hong Kong.," *J. Rheumatol.*, vol. 20, no. 7, pp. 1133–7, Jul. 1993.
- [98] "• Übergewicht und Adipositas | Statista." [Online]. Available: <http://de.statista.com/themen/1468/uebergewicht-und-adipositas/>. [Accessed: 18-Feb-2014].
- [99] E. Vingård, "Overweight predisposes to coxarthrosis. Body-mass index studied in 239 males with hip arthroplasty.," *Acta Orthop. Scand.*, vol. 62, no. 2, pp. 106–9, Apr. 1991.
- [100] D. R. Gunn, "Don't sit--squat!," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 103, pp. 104–5, Jan. 1974.
- [101] J. Morvan, R. Bouttier, B. Mazieres, E. Verrouil, J. Pouchot, A.-C. Rat, D. Guellec, F. Guillemin, J. Coste, and A. Saraux, "Relationship between hip dysplasia, pain, and osteoarthritis in a cohort of patients with hip symptoms.," *J. Rheumatol.*, vol. 40, no. 9, pp. 1583–9, Sep. 2013.
- [102] R. Ganz, M. Leunig, K. Leunig-Ganz, and W. H. Harris, "The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 466, no. 2, pp. 264–72, Feb. 2008.
- [103] L. B. Laborie, T. G. Lehmann, I. Ø. Engesæter, D. M. Eastwood, L. B.

Engesæter, and K. Rosendahl, "Prevalence of radiographic findings thought to be associated with femoroacetabular impingement in a population-based cohort of 2081 healthy young adults.," *Radiology*, vol. 260, no. 2, pp. 494–502, Aug. 2011.

## 7. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Tübingen unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. med. Ingmar Ipach, Oberarzt am Klinikum Ingolstadt, durchgeführt.

Das Studiendesign wurde von Herrn Prof. Dr. med. Ingmar Ipach, Oberarzt am Klinikum Ingolstadt, entwickelt.

Das Vermessen des CE- Winkels, des Acetabulumwinkels, des Tiefe- zu- Weite- Verhältnisses, des Femurkopfextrusionsindex, des Dachschiefewinkels und des CCD- Winkels erfolgten durch mich. Die Untersuchung auf eine Coxarthrose, die Bestimmung des Grades der Coxarthrose nach Kellgren und Lawrence wurden von mir durchgeführt. Das Untersuchen auf eine Coxa profunda, eine Protrusio acetabuli und das cross- over- sign erfolgte ebenfalls durch mich. Hr. Prof. Dr. med. Ingmar Ipach, Oberarzt am Klinikum Ingolstadt, ermittelte die head- ratio.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie in Tübingen durch Prof. Dr. med. Ingmar Ipach, Ina- Christine Rondak vom Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der Technischen Universität München und mich.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

## 8. Anhang

### 8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 zeigt die Lebenszeitprävalenz der Arthrose in Deutschland in 10 Jahres- schritten beim Lebensalter und nach den alten und neuen Bundesländern getrennt [9] .....	7
Abbildung 2 zeigt die sonographische Messtechnik zur Bestimmung des Pfannendachwinkels $\alpha$ und des Knorpeldachwinkels $\beta$ . Anhand dieser Werte kann unter Berücksichtigung des Alter des Kindes der Grad der Dysplasie eingeschätzt werden [26].....	11
Abbildung 3 zeigt die Messmethode zur Bestimmung des Luxationsgrades nach Crowe [28].....	12
Abbildung 4 zeigt die anatomischen Verhältnisse bei A: physiologischer Hüftanatomie, B: Cam- Impingement und C: Pincer- Impingement der linken Hüfte [45] .....	16
Abbildung 5 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des $\alpha$ – Winkels in der axialen Röntgenaufnahme des Hüftgelenks [19] .....	17
Abbildung 6 zeigt die Untersuchungstechnik des Schmerzprovokationstestes bei anteriorem Impingement in Flexions- Innenrotations und Adduktionsstellung [45] .....	19
Abbildung 7 zeigt eine Beckenübersichtsaufnahme im a.p.- Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie mit den Bezugspunkten Symphyse (1), Foramina obturatoria (3) und Spitze des Os coccygeum (2) [69].....	32
Abbildung 8 zeigt eine Coxarthrose die sich aufgrund einer Hüftdysplasie entwickelte aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind deutlich das steil gestellte Acetabulum und der abgeflachte Femurkopf zu sehen.....	33
Abbildung 9 zeigt eine Hüftkopfnekrose auf der linken Seite aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie.....	33
Abbildung 10 zeigt eine Totalendoprothese des linken Hüftgelenks aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie.....	34
Abbildung 11 zeigt das Goniometer mit konzentrischen Kreisen und einer Aussparung in der Mitte zur Bestimmung des Hüftkopfzentrums.....	35
Abbildung 12 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CE- Winkels schematisch [19].....	37
Abbildung 13 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CE- Winkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie....	37
Abbildung 14 zeigt die manuell zeichnerische Bestimmung des Actetabulumwinkels schematisch [19].....	38
Abbildung 15 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Acetabulumwinkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie .....	38



Abbildung 16 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des Tiefe- zu- Weite Ver-hältnisses [19] .....	39
Abbildung 17 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie.....	39
Abbildung 18 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des Femurkopfextrusionsindex [19] .....	40
Abbildung 19 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des Femurkopfextrusionsindex in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie .....	40
Abbildung 20 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des acetabulären Indexwinkel [19].....	41
Abbildung 21 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des acetabulären Indexwinkel in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie .....	41
Abbildung 22 zeigt die grafische Darstellung der Überlappung des vorderen und hinteren Acetabulumrandes beim cross- over- sign [19] .....	42
Abbildung 23 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des cross- over- sign in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie .....	42
Abbildung 24 zeigt eine erhöhte Tiefe der acetabulären Fossa im Rahmen einer Coxa profunda des rechten Hüftgelenks aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie.....	43
Abbildung 25 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung der head- ratio [19].....	44
Abbildung 26 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung der head- ratio in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie.....	44
Abbildung 27 zeigt die manuell zeichnerische Messtechnik zur Bestimmung des CCD- Winkels [19].....	45
Abbildung 28 zeigt die Messtechnik zur manuell zeichnerischen Bestimmung des CCD- Winkels in Anwendung auf der Beckenübersichtsaufnahme a.p. aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie .....	45
Abbildung 29 zeigt ein rechtes Hüftgelenk aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie das keine Coxarthrose aufweist. Es findet sich ein normal breiter Hüftspalt bei fehlender verstärkter subchondraler Sklerosierung, fehlenden Geröllzysten und Osteophyten.....	46
Abbildung 30 zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose I° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es ist eine verstärkte subchondrale Sklerosierung zu erkennen .....	47
Abbildung 31 zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose II° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind eine Verschmälerung des Gelenkspaltes, verstärkte subchondrale Sklerosierung, acetabuläre Osteophyten und Geröllzysten erkennbar .....	47

Abbildung 32 zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose III° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind ein fast aufgehobener Gelenkspalt mit deutlicher subchondraler Sklerosierung, osteophytären Anbauten am Acetabulum und Geröllzysten erkennbar .....	48
Abbildung 33 zeigt ein linkes Hüftgelenk mit einer Coxarthrose IV° nach Kellgren und Lawrence aus dem Patientenkollektiv der hier vorliegenden Studie. Es sind ein aufgehobener Gelenkspalt und deutliche Osteophyten und Geröllzysten zu erkennen.....	48
Abbildung 34 zeigt die Häufigkeit der Fälle auf das Alter bezogen in 2-Jahresschritten. Grüne Balken zeigen die Häufigkeit der weiblichen Fälle und blaue Balken zeigen die Häufigkeit der männlichen Fälle. Es ist zu sehen, dass bei beiden Geschlechtern die Häufigkeit einer Röntgenaufnahme bis etwa zum 70. Lebensjahr ansteigt und danach wieder abfällt. ....	51
Abbildung 35 zeigt die prozentuale Verteilung der vermessenen Hüftgelenke (Fälle) bezogen auf das Geschlecht. Der Anteil der Männer an allen Fällen liegt bei 44,4%, der der Frauen bei 55,6 %. ....	52
Abbildung 36 zeigt die Anzahl der Patienten bei welchen ein bzw. zwei Hüftgelenke vermessen wurden, nach dem Geschlecht getrennt .....	53
Abbildung 37 zeigt die Gründe und die Häufigkeit für den Ausschluss des rechten Hüftgelenks aus den Messungen .....	54
Abbildung 38 zeigt die Gründe und die Häufigkeit für den Ausschluss des linken Hüftgelenks aus den Messungen .....	55
Abbildung 39 zeigt die Verteilung der Fälle nach CE- Winkel in für Hüftdysplasie und FAI relevante Wertegruppen .....	58
Abbildung 40 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des CE- Winkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite. 59	
Abbildung 41 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Acetabulumwinkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite .....	61
Abbildung 42 zeigt die Anzahl der Fälle mit einem Tiefe- zu- Weite- Verhältnis von <math><40^\circ</math> im Verhältnis zu allen Fällen .....	62
Abbildung 43 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Tiefe- zu- Weite- Verhältnisses als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite .....	63
Abbildung 44 zeigt die Verteilung der Fälle nach Wert des Femurkopfextrusionsindex .....	64
Abbildung 45 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindexes als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite .....	65
Abbildung 46 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des Dachschiefwinkel als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite .....	66
Abbildung 47 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite .....	67

Abbildung 48 zeigt die grafische Darstellung der Verteilung der Messwerte der head- ratio als gruppiertes Boxplot für die rechte und linke Körperseite ...	69
Abbildung 49 zeigt die Arthrosehäufigkeit in getrennt für die linke und rechte Hüfte nach dem Grad der Coxarthrose nach den Stadien von Kellgren und Lawrence (0- 4). .....	81
Abbildung 50 zeigt im gruppierten Boxplot die Altersverteilung der Patienten ohne Coxarthrose bzw. mit Coxarthrose auf der linken Seite. Patienten mit Coxarthrose sind nach dem Schweregrad in 4 Gruppen eingeteilt (Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence).....	82
Abbildung 51 zeigt im gruppierten Boxplot die Altersverteilung der Patienten ohne Coxarthrose bzw. mit Coxarthrose auf der rechten Seite. Patienten mit Coxarthrose sind nach dem Schweregrad in 4 Gruppen eingeteilt (Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence).....	83
Abbildung 52 zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.....	85
Abbildung 53 zeigt die Verteilung der Werte des Acetabulumwinkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.....	86
Abbildung 54 zeigt die Verteilung der Messwerte des Tiefe- zu- Weite Verhältnisses nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.....	87
Abbildung 55 zeigt die Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindex nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot .....	88
Abbildung 56 zeigt die Messwerte des Dachschiefewinkel nach Geschlecht getrennt als pruppiertes Boxplot.....	89
Abbildung 57 zeigt die Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.....	90
Abbildung 58 zeigt die Verteilung der Messwerte der head- ratio nach Geschlecht getrennt als gruppiertes Boxplot.....	91
Abbildung 59 zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkel nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des CE- Winkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt.....	94
Abbildung 60 zeigt die Verteilung der Messwerte des Acetabulumwinkels nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des Acetabulumwinkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt.....	95
Abbildung 61 zeigt die Verteilung der Messwerte des Femurkopfextrusionsindex nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des Femurkopfextrusionsindex, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt .....	96
Abbildung 62 zeigt die Verteilung der Messwerte des CCD- Winkels nach Alter und Geschlecht getrennt. Grüne Kreise entsprechen weiblichen Messwerten des CCD- Winkels, blaue Kreise männlichen Messwerten. Die Messwerte wurden aus der rechten und linken Seite gemittelt .....	97
Abbildung 63 zeigt die Verteilung der Messwerte des CE- Winkels, Acetabulumwinkels (sharps- angle), Femurkopfextrusionsindex, Tiefe-	

zu- Weite- Verhältnisses, CCD- Winkels, der head- ratio und des Dachschiefewinkel basierend auf dem Schweregrad der Coxarthrose nach Kellgren- Lawrence in die Stadien 0- 4. Es wurde der zugehörige Messwert der am schwersten veränderten Hüfte verwendet. Bei gleichem Arthrosegrad auf beiden Seite wurde der Mittelwert gebildet. .... 99

## 8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 zeigt die Einteilung der Hüftdysplasie des Erwachsenen nach Crowe unter Berücksichtigung der Veränderungen an Acetabulum, Femurkopf und dem Grad der Dislokation [27].....	13
Tabelle 3 zeigt das Einteilungsschema der pistol- grip- deformity in die Gruppen 0- II unter Verwendung der haed- ratio und des $\alpha$ - Winkels nach Ipach et al. [41].....	17
Tabelle 2 zeigt die Messparameter und optischen Hinweise zur Beurteilung der Hüftkopfüberdachung und acetabulären Retroversion in der Beckenübersichtsaufnahme im a.p. Strahlengang .....	20
Tabelle 4 zeigt die Kriterien zur Einteilung der Stadien der Arthrose nach Kellgren und Lawrence [3].....	25
Tabelle 5 zeigt die Tabelle, die für die Dokumentation der gemessenen Werte auf jede der Beckenübersichtsaufnahmen im a.p. Strahlengang gedruckt wurde .....	36
Tabelle 8 zeigt die oben genannten Lagemaße der quantitativen Messvariablen .....	57
Tabelle 9 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Arthrosegrade 1- 4 nach Kellgren und Lawrence sowie die Anzahl der Hüftgelenke (Fälle) ohne Coxarthrose auf der linken Körperseite .....	69
Tabelle 10 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Arthrosegrade 1- 4 nach Kellgren und Lawrence sowie die Anzahl der Hüftgelenke (Fälle) ohne Coxarthrose auf der rechten Körperseite .....	70
Tabelle 11 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden .....	70
Tabelle 12 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Protrusio acetabuli auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden .....	71
Tabelle 13 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Coxa profunda auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden.....	71
Tabelle 14 zeigt die absolute und relative Häufigkeit der Coxa profunda auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden.....	72
Tabelle 15 zeigt die absolute und relative Häufigkeit des cross- over- sign auf der linken Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden .....	73
Tabelle 16 zeigt die absolute und relative Häufigkeit des cross- over- sign auf der rechten Körperseite und die Anzahl der Hüftgelenke, die von der Messung ausgeschlossen wurden .....	73
Tabelle 17 zeigt die Nichtparametrische Korrelation zwischen den radiologischen Zeichen einer Hüftdysplasie, dem FAI und dem Alter, relevante monotone Zusammenhänge nach Spearman und das Signifikanzniveau sind hervorgehoben.....	75

Tabelle 18 zeigt die Lagemaße Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, 25. und 75. Perzentile und Median der Differenz der quantitativen Messwerte zwischen der linken und rechten Körperseite ....	77
Tabelle 19 Gepaarter T- Test der gepaarten Stichproben CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio der rechten und linken Körperseite .....	78
Tabelle 21 gibt einen Überblick über die oben genannten Lagemaße der quantitativen Messwerte CE- Winkel, Acetabulumwinkel, Tiefe- zu- Weite- Verhältnis, Femurkopfextrusionsindex, Dachschiefewinkel, CCD- Winkel und head- ratio nach Geschlecht getrennt .....	84

## 8.3 Danksagung

Herrn Prof. Dr. med Ingmar Ipach vom Klinikum Ingolstadt gilt mein ganz besonderer Dank für die Bereitstellung des hochinteressanten Themas, die Annahme als Doktorandin, die Betreuung meiner Promotion, die vielen Anregungen und innovativen Ideen sowie die hilfreiche Unterstützung während meiner Arbeit.

Desweiteren möchte ich Frau Dr. med. Saskia Sachsenmaier vom Universitätsklinikum für Orthopädie und Unfallchirurgie in Tübingen für die Hilfe beim Aussuchen der Röntgenaufnahmen und Ausdrucken herzlich danken.