

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und
Rehabilitation/ Campus Großhadern
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Dipl. Ing. Volkmar Jansson

**Das femoroazetabuläre Impingement
als mögliche Ursache der Coxarthrose-
eine epidemiologische Untersuchung mittels
Computertomographie beim Erwachsenen**

Dissertation

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

Vorgelegt von

Hanna Mauritz

aus Weißenburg i. Bay.

2017

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Matthias Pietschmann

Mitberichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Mansmann

Mitbetreuung durch den

promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Thomas Niethammer

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 23.02.2017

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

Inhalt

1. EINLEITUNG	7
1.1 DIE PATHOLOGIE DER COXARTHROSE	7
1.2 DAS FEMOROAZETABULÄRE IMPINGEMENT (FAI).....	9
1.2.1 CAM – IMPINGEMENT.....	9
1.2.2 Pincer – IMPINGEMENT.....	11
1.3 SYMPTOMATIK UND DIAGNOSTIK DES FAI.....	12
1.4 THERAPIE DES FAI.....	14
1.4.1 KONSERVATIVE THERAPIEANSÄTZE	14
1.4.2 CHIRURGISCHE THERAPIEKONZEPTE	15
1.5 FOLGEN DER ARTHROSE-ERKRANKUNG FÜR DEN PATIENTEN UND DIE GESELLSCHAFT	15
1.6 FRAGESTELLUNG	16
2. MATERIAL UND METHODIK	18
2.1 PATIENTENKOLLEKTIV.....	18
2.2 CT – DIAGNOSTIK.....	19
2.3 RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDUNG.....	19
2.3.1 MESSUNGEN	19
2.3.1.1 ALPHA-WINKEL.....	19
2.3.1.2 HEAD-TO-NECK-OFFSET	20
2.3.1.3 CE – WINKEL.....	21
2.3.1.4 Pincer – WINKEL.....	22
2.3.1.5 AV – WINKEL	23
2.3.1.6 FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX (FEI).....	23
2.3.2 ARTHROSE - SCORES	24
2.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG	26
2.4.1 DESKRIPTIVE ANALYSE.....	26
2.4.2 DIE FAKTORENANALYSE.....	27
3. ERGEBNISSE	28
3.1 EPIDEMIOLOGIE DES PATIENTENKOLLEKTIVS.....	28
3.2 ALPHA-WINKEL	28
3.2.1 SCOUT-MESSUNG	28
3.2.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS	29
3.2.1.2 DER ALPHA-WINKEL IM SEITENVERGLEICH	29
3.2.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ALPHA-WINKEL UND ALTER.....	30
3.2.1.4 DER ALPHA-WINKEL IM GESCHLECHTERVERGLEICH.....	30
3.2.2 AXIALE MESSUNG	31
3.2.2.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS	31
3.2.2.2 DER ALPHA-WINKEL IM SEITENVERGLEICH	32
3.2.2.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ALPHA-WINKEL UND ALTER.....	32
3.2.2.4 DER ALPHA-WINKEL IM GESCHLECHTERVERGLEICH.....	32
3.2.3 DIE DEFINITION DES NORMALBEREICHS	33

3.3 HEAD-TO-NECK-OFFSET	35
3.3.1 <i>AXIALE MESSUNGEN</i>	35
3.3.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES OFFSETS	35
3.3.1.2 DAS OFFSET IM SEITENVERGLEICH	36
3.3.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN OFFSET UND ALTER	36
3.3.1.4 DAS OFFSET IM GESCHLECHTERVERGLEICH	36
3.3.2 <i>DAS HEAD-TO-NECK-OFFSET UND DER ALPHA-WINKEL</i>	37
3.3.3 <i>DIE DEFINITION DES NORMALBEREICHS</i>	37
3.4 CE-WINKEL.....	38
3.4.1 <i>SCOUT-MESSUNG</i>	38
3.4.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS	38
3.4.1.2 DER CE-WINKEL IM SEITENVERGLEICH	39
3.4.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN CE-WINKEL UND ALTER	39
3.4.1.4 DER CE-WINKEL IM GESCHLECHTERVERGLEICH	40
3.4.2 <i>CORONALE MESSUNG</i>	40
3.4.2.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS	41
3.4.2.2 DER CE-WINKEL IM SEITENVERGLEICH	41
3.4.2.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN CE-WINKEL UND ALTER	41
3.4.2.4 DER CE-WINKEL IM GESCHLECHTERVERGLEICH	42
3.4.3 <i>VERGLEICH VON SCOUT UND CORONALER MESSUNG</i>	42
3.5 Pincer-Winkel	43
3.5.1 <i>AXIALE MESSUNGEN</i>	43
3.5.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES Pincer-Winkels	43
3.5.1.2 DER Pincer-Winkel IM SEITENVERGLEICH	43
3.5.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN Pincer-Winkel UND ALTER	44
3.5.1.4 DER Pincer-Winkel IM GESCHLECHTERVERGLEICH	44
3.5.2 <i>DIE KORRELATION VON Pincer-Winkel UND CE-Winkel</i>	45
3.5.3 <i>DIE DEFINITION DES NORMALBEREICHS</i>	45
3.6 FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX.....	46
3.6.1 <i>CORONALE MESSUNGEN</i>	46
3.6.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX	46
3.6.1.2 DER FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX IM SEITENVERGLEICH	47
3.6.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX UND ALTER	47
3.6.1.4 DER FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX IM GESCHLECHTERVERGLEICH	47
3.7 AV-Winkel	48
3.7.1 <i>AXIALE MESSUNGEN</i>	48
3.7.1.1 DIE NORMALVERTEILUNG DES AV-Winkels	48
3.7.1.2 DER AV-Winkel IM SEITENVERGLEICH	49
3.7.1.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN AV-Winkel UND ALTER	49
3.7.1.4 DER AV-Winkel IM GESCHLECHTERVERGLEICH	49
3.7.2 <i>KORRELATION VON AV-Winkel UND Pincer-Winkel</i>	50
3.8 ARTHROSE	50
3.8.1 <i>ERGEBNISSE DER FAKTORENANALYSE</i>	50
3.8.2 <i>STADIENEINTEILUNG NACH TÖNNIS</i>	54
3.8.3 <i>EINTEILUNG NACH KELLGREN & LAWRENCE (MODIFIZIERT)</i>	54
3.9 INTERRATER-RELIABILITÄT	54
3.10 PRÄVALENZ DES FEMOROAZETABULÄREN IMPINGEMENTS.....	55
3.10.1 <i>CAM-IMPINGEMENT</i>	55
3.10.1.1 WEIBLICHE PATIENTEN	55

3.10.1.2 MÄNNLICHE PATIENTEN.....	57
3.10.2 <i>DAS Pincer-IMPINGEMENT</i>	58
3.10.2.1 WEIBLICHE PATIENTEN.....	58
3.10.2.2 MÄNNLICHE PATIENTEN.....	64
3.10.3 <i>DIE HÜFTDYSPLASIE</i>	70
3.10.3.1 WEIBLICHE PATIENTEN.....	70
3.10.3.2 MÄNNLICHE PATIENTEN.....	71
4. DISKUSSION.....	73
4.1 ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTERGEBNISSE.....	73
4.2 DISKUSSION DER METHODEN.....	74
4.2.1 PATIENTENKOLLEKTIV.....	74
4.2.2 COMPUTERTOMOGRAPHIE.....	74
4.2.3 MESSUNGEN.....	75
4.2.3.1 ALPHA-WINKEL.....	76
4.2.3.2 HEAD-TO-NECK-OFFSET.....	77
4.2.3.3 CE-WINKEL.....	78
4.2.3.4 Pincer-WINKEL.....	78
4.2.3.5 AV-WINKEL.....	79
4.2.3.6 FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX.....	79
4.2.4 ARTHROSE-SCORES.....	80
4.3 DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	81
4.3.1 <i>HÜFTARTHROSE</i>	82
4.3.2 <i>ALPHA-WINKEL</i>	83
4.3.3 <i>CAM-IMPINGEMENT</i>	84
4.3.4 <i>Pincer-IMPINGEMENT</i>	86
4.4 FAZIT UND AUSBLICK.....	88
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	90
6. LITERATURVERZEICHNIS.....	92
7. ANHANG.....	101
7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	101
7.2 TABELLENVERZEICHNIS.....	103
8. DANKSAGUNG.....	104

1. Einleitung

1.1 Die Pathologie der Coxarthrose

Die Coxarthrose ist definiert als eine primär nicht-entzündliche, degenerative Erkrankung des Hüftgelenks², bedingt durch irreversiblen Verschleiß von Azetabulum und Caput femoris³. Sie ist langsam fortschreitend und kann als Entkopplung des Gleichgewichts zwischen aufbauenden und abbauenden Prozessen im Gelenk verstanden werden⁴. Die Hüftarthrose stellt mit einer röntgenologischen Prävalenz von 10,5% bei der Bevölkerungsgruppe über 65 Jahren neben der Gonarthrose die häufigste Form der Arthrose dar⁵. Bezüglich ihrer Pathogenese kann zwischen idiopathischer (primärer) und sekundärer Hüftarthrose unterschieden werden. Während bei erstgenannter Form das Gelenk primär strukturell gesund und funktionell ist, können bei zweitgenannter immunologische⁶, genetische⁷, biologische⁸ oder auch biomechanische⁹ Auslöser identifiziert werden. Als häufigste Risikofaktoren werden folgende genannt⁴:

1. **Hüftdeformitäten** im Sinne von Morbus Perthes, Epiphysiolysis capitis femoris oder Hüftdysplasie
2. **Trauma**, wie Hüftluxation oder intraartikuläre Fraktur
3. **Chondromatose**
4. **entzündliche Gelenkerkrankungen**, wie septische Coxitis oder rheumatischer Formenkreis
5. **Stoffwechselerkrankungen**, z.B. Hypercholesterinämie

Im Rahmen der „Ulmer Osteoarthrose-Studie“ wurden bei 41,7% der Patienten mit Coxarthrose gelenkspezifische Risikofaktoren nachgewiesen¹⁰. Meist jedoch findet sich kein monokausaler Zusammenhang zwischen Gelenkschädigung und Arthroseentstehung, es müssen vielmehr verschiedene Risikofaktoren und externe Einflüsse zusammenspielen, um das Krankheitsbild hervorzurufen⁴.

Histologisch zeigt sich zu Beginn der Erkrankung eine vermehrte Proliferation der Chondrozyten mit Clusterbildung. Es kommt zur Apoptose der Chondrozyten und Verlust von Knorpelmasse. Knorpelrisse und frei im Gelenk zirkulierende Knorpelfragmente treten auf. Dies führt zu einer reaktiven Synovialitis. Interleukin-1 und weitere knorpelzersetzende Proteasen werden dadurch freigesetzt und bauen das Knorpelgewebe

weiter ab⁴. Dieser circulus vitiosus führt schließlich zu einem partiellen oder totalen Knorpelverlust mit Freiliegen des subchondralen Knochens¹¹.

Klinisch manifestiert sich die Erkrankung durch belastungsabhängigen Hüftschmerz, meist im Bereich der Leistenregion, Phasen der akuten Exazerbation und Remission können sich abwechseln¹², man spricht dann von aktiver bzw. kompensierter Arthrose. Bewegungseinschränkungen, vor allem bei der Innenrotationsbewegung und Funktionsstörungen können auftreten. Röntgenologisch können sich eine reduzierte Gelenkspaltbreite, Osteophyten, Sklerosierung, Gelenkdeformationen und Geröllzysten zeigen⁴. Allerdings manifestieren sich nicht bei allen Patienten, welche röntgenologische Zeichen einer Coxarthrose aufweisen, auch klinische Symptome, gemäß Günther und Merx finden sich nur bei ca. 1/3 der Patienten klinische Beschwerden¹³.



Abbildung 1: Hüftgelenk (rechts) mit röntgenologisch manifester Coxarthrose, reduzierte Gelenkspaltbreite, Osteophyten, Sklerosierung und Geröllzysten sichtbar (Eigene Darstellung, CT in coronaler Schichtung vom 27.04.2012)

Eine kausale konservative Therapie der Hüftarthrose besteht nicht. Das Ziel der Maßnahmen sieht eine Schmerzlinderung sowie eine mechanische Entlastung des Gelenks vor. Physiotherapie, physikalische Methoden, orthopädische Hilfsmittel, wie Schuhzurichtung mit Pufferabsätzen oder Gehstöcke und die Verabreichung von nichtsteroidalen Antiphlogistika kommen zum Einsatz. Die kausale invasive Therapie sieht den endoprothetischen Gelenkersatz vor¹⁴.

1.2 Das femoroazetabuläre Impingement (FAI)

Die Entstehung der idiopathischen Coxarthrose ist bis heute noch unklar und Gegenstand umfangreicher Forschungen. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse lassen den Schluss zu, dass mechanische Schädigungen von Labrum und Hüftknorpel zu dem Krankheitsbild Hüftarthrose führen können. Schon 1965 postulierte Murray¹⁵, dass subtile anatomische Deformationen des Femurkopfes ursächlich für eine Vielzahl der sogenannten primären Hüftarthrosen seien. Solomon^{16, 17} und Harris^{18, 19} führten in ihren Arbeiten diese Theorie fort. Aber erst vor ungefähr einem Jahrzehnt wurde durch eine Forschergruppe um Ganz und Leunig²⁰ dieser Ansatz erneut aufgegriffen und hinreichend wissenschaftlich validiert.

Eine Begutachtung von Hüftgelenksdegenerationen im frühen Stadium während chirurgisch durchgeführter Hüftgelenksluxationen ermöglichte die Beschreibung des bewegungsinduzierten Pathomechanismus des femoroazetabulären Impingements²¹. Charakteristisch sind morphologische Deformitäten der Hüfte, welche bei Gelenkbewegungen zum Anschlagen bzw. Einpressen des proximalen Femurs gegen das Azetabulum führen. Man spricht hier auch von einer verminderten mechanischen Clearance des Gelenks²². Aber auch ohne knöcherne Deformationen kann FAI auftreten²³, wenn das Hüftgelenk über seine physiologischen Bewegungsamplituden hinaus bewegt wird. Betroffen hiervon sind vor allem Spitzensportler bei High-Impact-Sportarten²⁴⁻²⁶ und Balletttänzer²⁷.

Unterschieden werden 2 Formen, Cam–Impingement, auch Nockenwellen–Impingement genannt und Pincer- bzw. Beißzangen–Impingement. Eine Kombination beider Formen ist ebenfalls möglich, die Prävalenz eines kombinierten Impingements wird von Allen et al. mit 42% angegeben²⁸. Beck et al.²⁹ fanden nur bei 10% ein reines Cam–Impingement und bei 20% eine Pincer-Form, 70% hatten ein kombiniertes Impingement.

1.2.1 Cam – Impingement

Dieses FAI (siehe Abbildung 2) ist femoral induziert. Es findet sich ein asphärischer Hüftkopf, bedingt durch eine verminderte Taillierung des Kopfhalses, meist anteriolateral³⁰ gelegen. Die sogenannte „Pistol-Grip-Deformation“³⁰ bewirkt bei Innenrotations – und Flexionsbewegungen ein Einpressen des Hüftkopfes in die Pfanne. Vor allem Bewegungen mit hoher Geschwindigkeit bei sportlicher Betätigung führen zu

einer Verdrängung des Labrums und Einwirkung auf den azetabulären Knorpel mittels Scherkräften. Diese Kräfte lösen den azetabulären Knorpel „wie eine Tapete“³¹ vom subchondralen Knochen. Betroffen ist vornehmlich der anterior-superiore Bereich der Pfanne²⁹. Das freiliegende Labrum degeneriert sekundär. Bei progredienter Schädigung des Knorpels dezentriert der Hüftkopf in den Defekt. In Fehlstellung verheilte Schenkelhalsfrakturen, Morbus Perthes, Epiphysiolyse capitis femoris, Wachstumsstörungen der Epiphysenfuge oder die Hüftkopfnekrose bei Erwachsenen³¹ werden als mögliche Ursachen des (sekundären) Impingements angenommen. Bei einer großen Zahl der Patienten ist die exakte Ursache jedoch ätiologisch unklar³².

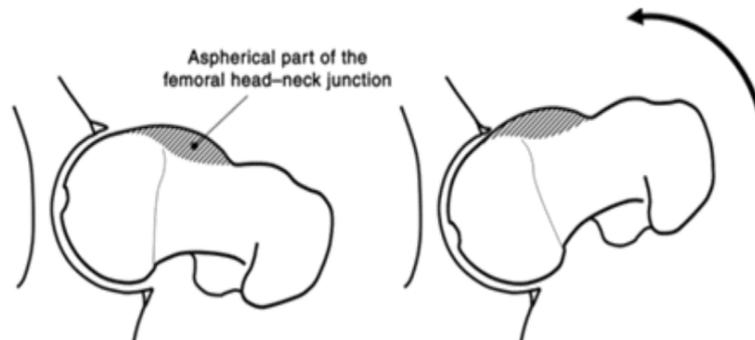


Abbildung 2: Cam-Impingement¹

Die Schädigung des Knorpels schreitet beim Cam-Impingement schnell voran. Dementsprechend ist vor allem eine junge, sportlich aktive Population betroffen³². In der Literatur wird ein Auftreten der Erkrankung mit durchschnittlich 32 Jahren angegeben³⁰, mehrheitlich bei Männern. Valide Daten zu Verteilung und Häufigkeit in der Gesamtbevölkerung sind jedoch rar. Dieses Forschungsdesideratum ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Fraitzl et al.²³ nennen eine Prävalenz von 15%, welche durch eine Reihenuntersuchung im Schweizer Heer eruiert wurde. Gosvig et al.³³ konnten im Rahmen der großflächig angelegten Copenhagen Osteoarthritis Study bei einem Kollektiv von 3202 Patienten eine durchschnittliche Prävalenz von 17% bei Männern und 4% bei Frauen nachweisen. Keogh und Batt³⁴ geben bei Leistungssportlern sogar eine Prävalenz von 25% an.

Viele der Patienten mit einer Cam-Deformation zeigen keine klinische Beschwerden³⁵. Welche Faktoren genau ein symptomatisches FAI auslösen, ist bisher noch nicht bekannt^{36, 37}.

Nepple et al.³⁸ untersuchte eine Kohorte junger Patienten mit symptomatischem FAI. Frauen litten hier trotz durchschnittlich geringer ausgeprägten Schädigungsmustern in den Hüftgelenken unter stärkeren Beschwerden. Das Geschlecht kann also möglicherweise als Risikofaktor für die Manifestation eines symptomatischen FAIs angesehen werden. Genetische Prädisposition und die Art und Intensität der Hüftgelenksnutzung werden als weitere mögliche Faktoren genannt^{39, 40}.

1.2.2 Pincer – Impingement

Beim Pincer-Impingement (siehe Abbildung 3) geht die Pathologie vom Azetabulum aus. Der Übergang des Kopfhalses ist normal konfiguriert, es findet sich eine „Über-Überdachung“²³ des Hüftkopfes durch die Hüftpfanne. Diese kann das gesamte Hüftgelenk betreffen; gemäß einer „coxa profunda“ oder „protrusio acetabuli“, oder nur lokal auftreten, im Sinne einer Retroversion des Azetabulums⁴¹. Bei Gelenkbewegung kommt es hierdurch zu einem vorzeitigen linearen Kontakt zwischen Kopf und Pfanne. Das Labrum wird gestaucht und degeneriert primär, Labrumganglien und -ossifikationen können auftreten, häufig bilden sich am ventralen Schenkelhals fibrocartilaginäre Läsionen unterschiedlicher Größe⁴. Schädigungsmuster im Gelenk treten typischerweise zirkumferenziell auf, meist ist nur ein schmaler Bereich des Azetabulums betroffen. Der Gelenkknorpel bleibt lange Zeit unversehrt und zeigt erst bei fortgeschrittenem Krankheitsverlauf Zeichen einer Veränderung⁴² im Sinne einer Knorpelabrasion.

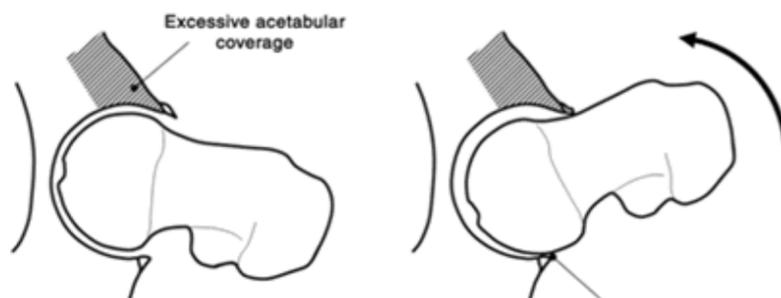


Abbildung 3: Pincer - Impingement¹

Das Pincer-Impingement zeigt sich häufiger bei Frauen als bei Männern, vor allem im dritten bis vierten Lebensjahrzehnt⁴². Auch bei dieser Impingementform sind kaum Daten zur Prävalenz vorhanden. Laut einer vergleichsweise kleinen Studie³⁹, in welcher 96

Probanden mit FAI-positiven Geschwistern und eine Kontrollgruppe von 77 Probanden verglichen wurden, liegt sie, wie auch beim Cam-Impingement, bei 15%.

1.3 Symptomatik und Diagnostik des FAI

Klinisch manifestiert sich das FAI durch belastungsabhängigen Leistenschmerz. Längere sportliche Betätigung bewirken häufig Beschwerdeexazerbationen, eine diesbezügliche Karenz führt im frühen Stadium zur Remission²³. Auch Zwangshaltungen, wie langes Sitzen oder Autofahren können Schmerzen hervorrufen⁴³. Gelegentlich wird ein Ausstrahlen in den Trochanter major, selten sogar bis ins Knie beschrieben⁴⁴.

Bei der körperlichen Untersuchung fällt häufig eine Bewegungseinschränkung bei Adduktion und Innenrotation, seltener bei Flexion auf⁴⁵. Ein positiver ventraler Impingement-Provokationstest³¹ (siehe Abbildung 4) ist bei der Mehrzahl der Patienten zu finden. Hierbei wird das Hüftgelenk gebeugt und forciert nach innen rotiert und adduziert. Spürt der Patient einen stechenden Schmerz, spricht dies für ein Anschlagen von Kopf und Pfanne anterior-superior.



**Abbildung 4: Ventraler Impingement-
Provokationstest³⁰**

Seltener ist ein positiver dorsaler Impingement-Provokationstest³¹ (siehe Abbildung 5). In Streckung wird das Bein gleichzeitig nach außen rotiert und abduziert. Dabei empfundene Schmerzen weisen auf einen posterior-inferioren Konflikt zwischen Femur und Azetabulum hin.



**Abbildung 5: Dorsaler Impingement-
Provokationstest³⁰**

Zur bildgebenden Diagnostik bietet sich die Beckenübersichtsaufnahme mit orthogonalem Strahlengang⁴⁶ an (siehe Abbildung 6). So stellen sich vor allem azetabuläre Fehlformungen gut dar.



Abbildung 6: Beckenübersichtsaufnahme mit Hüftdysplasie rechts⁴⁷

Femorale Pathologien lassen sich dagegen besser in der Lauenstein-Aufnahme⁴ (siehe Abbildung 7) oder der modifizierten Dunn-Aufnahme³¹ nachweisen.



Abbildung 7: Lauenstein-Aufnahme eines rechten Hüftgelenks⁴⁸

Bei weiterführender Bildgebung ist das MRT angezeigt⁴⁹. Weichgewebsstrukturen, allem voran Labrum und Gelenkknorpel können so beurteilt werden, Degenerationen und Ganglienbildungen stellen sich gut dar³¹.

1.4 Therapie des FAI

1.4.1 Konservative Therapieansätze

Eine kausale konservative Therapie ist nicht gegeben³¹. Allerdings kann gerade zu Beginn der Erkrankung durch verschiedene Maßnahmen eine Beschwerdebesserung erreicht werden. Dazu zählt die Verabreichung von Nicht-steroidalen Antirheumatika, Sportkarenz und Physiotherapie mit dem Ziel der Stärkung von Bauch-, Rücken- und Hüftmuskulatur.

1.4.2 Chirurgische Therapiekonzepte

Ziel einer chirurgischen Intervention ist die Reduktion der Impingement-Ursache und Optimierung der Bewegungsfreiheit des Gelenks³¹. Ein frühzeitiges Eingreifen sollte erfolgen, da bereits geschädigter Knorpel nicht regenerationsfähig ist.

Die chirurgische Hüftluxation

Eine Möglichkeit stellt die Technik der chirurgischen Hüftluxation nach Ganz und Leunig dar²⁰. Dabei wird nach Trochanter-Flip-Osteotomie und Z-förmiger Kapsulotomie der Femur nach ventral luxiert. Der Kopf kann so in seinem gesamten Umfang begutachtet und chondro-labrale Schäden beurteilt werden. Im nächsten Schritt werden Impingementursachen beseitigt. Bei Über-Überdachung erfolgt eine Resektion des Pfannenrandes, bei einem asphärischen Hüftkopf die konkave Konturierung desselben. Reparative Maßnahmen, wie die Refixation des Labrums, können im selben Schritt erfolgen. Die chirurgische Hüftluxation wurde mehrfach als sicheres und wirksames Verfahren zur Therapie des FAIs beschrieben^{50, 29, 51}.

Die Hüftarthroskopie

Ein weit weniger invasives Verfahren stellt die Hüftarthroskopie dar^{52, 53}. Sie wird als Alternative zum offenen Vorgehen angesehen^{54, 55} und erlaubt ebenfalls Resektionen und reparative Maßnahmen an Azetabulum, Femur und Labrum^{56, 57}. Ein großer Vorteil dieser Methode ist eine meist kurze Rekonvaleszenz-Phase²³ und eine geringe Komplikationsrate^{58, 59}. Bei diesem Verfahren wird der auf dem Rücken liegende Patient über 2 bis 3 Portale arthroskopisch instrumentiert⁶⁰. Zur Behandlung des zentralen Kompartiments wird das Gelenk über Extensionsmodule trahiert, bei der Arthroskopie den peripheren Kompartiments wird die Traktion aufgehoben und das Gelenk geflext⁶¹. Dieses dynamische Vorgehen erlaubt eine Reproduktion des Impingements intraoperativ und ermöglicht so die Überprüfung einer ausreichenden Resektion der betroffenen Strukturen.

1.5 Folgen der Arthrose-Erkrankung für den Patienten und die Gesellschaft

Die Arthrose stellt weltweit die häufigste Gelenkerkrankung dar⁶². Die daraus resultierende sozioökonomische Belastung, ebenso wie die individuelle Beeinträchtigung der Patienten sind bei dieser Erkrankung erheblich⁶³. March et al. hatte in seiner Studie

gezeigt, dass der finanzielle Aufwand zur Behandlung von muskulo-skelettalen Erkrankungen, unter welchen die Arthrose die größte Gruppe darstellt, in westlichen Ländern wie den USA oder Großbritannien, 1-2,5% des Bruttosozialprodukts ausmacht⁶⁴. Kosten entstehen hierbei nicht nur direkt durch Behandlung und Rehabilitationsmaßnahmen, sondern auch indirekt durch lang andauernde Invalidität und erhöhte Mortalität. In Deutschland werden jährlich mehr als 100 Hüftendoprothesen pro 100.000 Einwohner aufgrund von vorangegangener Hüftarthroseerkrankung implantiert⁶⁵. Für die Patienten geht die Diagnose Arthrose mit massiven Einschränkungen der Lebensqualität einher. Vor allem Schmerzen und verminderte körperliche Leistungsfähigkeit machen ihnen zu schaffen⁶⁶. Die Arthrose ist eine Alterserkrankung, während nur 9% der 20-Jährigen betroffen sind, haben in der Gruppe der über 65-Jährigen 90% eine Arthrose⁶⁷. Da in unserer westlichen Gesellschaft durch Geburtenrückgang und erhöhte Lebenserwartung eine signifikante Zunahme des Altersdurchschnitts festzustellen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Erkrankung Arthrose in Zukunft eine immer größere Anzahl an Menschen betreffen wird und die Belastungen des Gesundheitswesens dadurch progredient steigen werden.

1.6 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Studie war es, einen Zusammenhang zwischen röntgenologisch manifester Coxarthrose und femoroazetabulärem Impingement zu untersuchen. Unklar ist, ob das FAI oder eine seiner beiden Formen tatsächlich als präarthrotische Deformität ursächlich für das Krankheitsbild der Coxarthrose ist. Ein Zusammenhang zwischen symptomatischem FAI und Coxarthrose wurde in der Literatur mehrfach beschrieben^{68, 29, 21}. Die Prävalenz des FAIs bei Patienten mit Hüftbeschwerden ist hoch⁶⁹. Ob dies auch für die Gesamtbevölkerung gilt, ist bisher nicht bekannt, denn Daten zur Normalverteilung fehlen. Diese Fragestellung soll Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit sein. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass bei einer Vielzahl von Hüftarthrosen keine genaue Ursache ausgemacht werden kann, sie entstehen somit scheinbar aus einem primär gesunden Gelenk. Der Pathomechanismus des femoroazetabulären Impingements ist nun ein biomechanischer Ansatz, der eine Vielzahl dieser Fälle möglicherweise erklären kann und so auf lange Sicht gesehen unter Umständen durch eine verbesserte Diagnostik und Prophylaxe die Prävalenz der Coxarthrose signifikant senken kann. Die Einsparungen im Gesundheitswesen für

Therapie und Rekonvaleszenz im Falle einer Arthrose-Erkrankung und der Benefit für die betroffenen Patienten wäre hier enorm.

Um dies zu erreichen, wurden retrospektiv CT-Bilder von Schockraumpatienten hinsichtlich von Impingement-Zeichen befundet. So konnte eine große Fallzahl an Hüften bzw. Messungen bevölkerungsrepräsentativ gewonnen werden, ohne die Probanden zusätzlich einer aufwendigen und strahlungsintensiven CT-Diagnostik zu unterziehen. Eine alters- und geschlechtsnormierte Untersuchung des FAIs war durch dieses Vorgehen möglich und erlaubte eine sehr differenzierte Beurteilung des komplexen Forschungsgegenstandes FAI. Ziel dieser Studie war es, folgende Fragen hinreichend zu untersuchen:

- Wie hoch ist die Prävalenz des Cam- und Pincer-Impingements in der Gesamtbevölkerung?
- Kann das FAI tatsächlich als ein Auslöser der Coxarthrose angesehen werden?
- In welchem Normalbereich bewegen sich Messungen des Alpha-Winkels, des Head-to-Neck-Offsets und des Pincer-Winkels?
- Ist das CT in der Diagnostik des FAIs dem konventionellen Röntgenbild überlegen?

Langfristig soll diese Studie einen Beitrag zur primären Prävention der Coxarthrose leisten, die Behandlungsmöglichkeiten FAI-induzierter Gelenkschäden verbessern und die Möglichkeiten von Diagnostik und chirurgischer Intervention bei präarthrotischen Gelenken mit FAI fördern. Somit kann die Inzidenz der Coxarthrose gesenkt und ein Großteil der aus der Krankheit entstehenden Kosten für das Gesundheitswesen eingespart werden.

2. Material und Methodik

2.1 Patientenkollektiv

Von Juli 2009 bis Juni 2012 wurden CT- Aufnahmen aller Patienten, welche im Schockraum der Klinik für Allgemeine, Unfall-, Hand- und Plastische Chirurgie des Klinikums der Universität München / Innenstadt behandelt wurden, retrospektiv begutachtet. Eingeschlossen wurden Patienten, deren Hüftgelenke in axialer und coronaler Schichtung sowie im Scout beurteilbar waren. Auf eine ausgewogene Geschlechter – und Altersverteilung wurde geachtet. Ein Großteil der CT-Dateien, welche älter als 2 Jahre waren, konnten nicht mehr in vollem Umfang aufgerufen werden. So konnten in jeder Dekade mindestens 10 Frauen und 10 Männer, jedoch nicht mehr als 13 des jeweiligen Geschlechts aufgenommen werden, um eine für die Gesamtbevölkerung repräsentative Kohorte zu erhalten. Ausgeschlossen wurden folgende Patienten:

1. Patienten mit Frakturen beider Hüftgelenke
2. Patienten mit beidseitigen Hüftprothesen
3. Patienten mit röntgenologisch sichtbaren Knochenerkrankungen wie Osteoporose
4. Jugendliche unter 20 Jahren, da deren Wachstum noch nicht abgeschlossen war und
5. Patienten, die nicht der kaukasischen Bevölkerungsgruppe zugeordnet werden konnten.

Studien konnten nachweisen, dass Asiaten und Afrikaner eine niedrigere Arthrose- und FAI-Prävalenz aufweisen^{70, 71}. Um eine Verfälschung der Daten zu vermeiden, wurden diese Ethnien aus der Studie ausgeschlossen.

149 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien und wurden in die Studie aufgenommen. Bei 140 Patienten konnten beide Hüftgelenke beurteilt werden. Aufgrund von endoprothetischem Gelenkersatz, vorangegangenen Schenkelhalsfrakturen oder frakturierten Hüftpfannen konnten bei 3(2,0%) nur das rechte und bei 6(4,0%) nur das linke Gelenk befundet werden. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war der jüngste Patient 21 Jahre, der älteste 88 Jahre alt.

Es erfolgte ausschließlich eine röntgenologische Befundung der Patienten, Kenntnisse über Hüftgelenkserkrankungen, Lebenswandel o.Ä. lagen jenseits der röntgenologischen Manifestation nicht vor.

2.2 CT – Diagnostik

Die CT - Bilder entstanden im Rahmen der Initialversorgung Schwerstverletzter im Schockraum der Chirurgischen Klinik und Poliklinik / Innenstadt. Verwendet wurde der single-slice Computertomograph Somatom Plus 4 (Siemens AG, Medizinische Technik, Erlangen). Die Spannung des Geräts beträgt 120kV, die verwendete Kollimation liegt bei 1mm, die rekonstruierte Schichtdicke beträgt 2mm. Eine Beurteilung der Bilder erfolgte im Knochenfenster und mithilfe des Programms Syngo (Siemens). Syngo ermöglicht die Vermessung der CT-Bilder, Geraden mit Längenmessungen, Kreise mit ihren Durchmessern und Winkel können ermittelt werden.

2.3 Röntgenologische Befundung

2.3.1 Messungen

Zur Diagnostik des FAI wurden 4 Winkel, eine Längenmessung und ein Index herangezogen, welche im CT - Scout und/oder in Bildern in coronaler bzw. in axialer Schichtung bestimmt wurden. Der Scout wurde als Analogem zur Beckenübersichtsaufnahme befundet. Dies ermöglichte einen Vergleich der Diagnostik des FAIs im konventionellen Röntgen und im CT. Die Messungen erfolgten durch den Autor dieser Arbeit mithilfe des Programms Syngo der Firma Siemens (Siemens AG, Erlangen). Im Folgenden werden nun alle verwendeten Parameter definiert.

2.3.1.1 Alpha-Winkel

Der Alpha – Winkel wurde gemäß Nötzli et al.⁷² konstruiert. Die Bestimmung erfolgte im Scout und in axialer Schichtung. Dabei wurde zunächst ein exakter Kreis auf den Hüftkopf gelegt. Der erste Schenkel des Winkels (in Abbildung 8 mit A markiert) verlief durch den Mittelpunkt dieses Kreises und den Mittelpunkt des Schenkelhalses, der zweite (in Abbildung 8 durch B markiert) durch Kreismittelpunkt und anterioren Schnittpunkt zwischen Kreis und Schenkelhals. In axialer Darstellung wurden meist 2 Schichten gewählt, um eine exakte Erfassung von Kopf und Hals zu gewährleisten. Schenkel B

wurde dann auf der Höhe konstruiert, auf welcher der Femurkopf-Mittelpunkt ideal abgebildet war, Schenkel B dort, wo sich der Mittelpunkt des Halses befand. Durch die Funktion „auf Stapel legen“ des Programms Syngo konnten beide Schenkel in einer Ebene zum Winkel verknüpft werden.

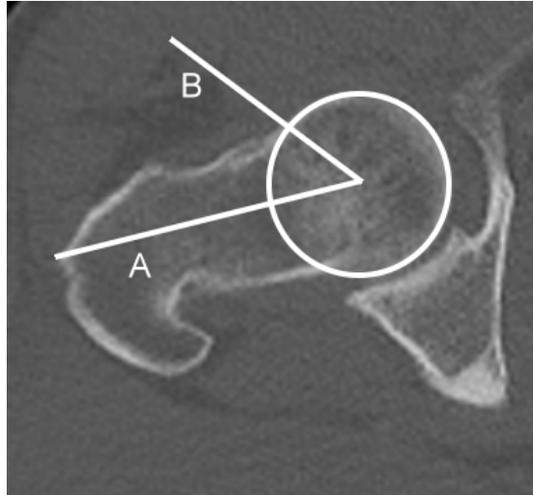


Abbildung 8: Alpha-Winkel in axialer Schichtung (Eigene Darstellung)

2.3.1.2 Head-to-Neck-Offset

Bei dieser Messung wurde die Ausprägung des anterioren Femurkopfrandes gemessen, welcher sich anterior der anterioren Begrenzungslinie des Schenkelhalses befand. Die Schenkelhalshalbierende verläuft durch den Schenkelhalsmittelpunkt und den Mittelpunkt des Hüftkopfes. Um eine genaue Bestimmung des Verlaufs des Hüftkopfes zu erleichtern, wurde ein Kreis auf seine Kontur gelegt. Parallel zur Schenkelhalshalbierenden wurde eine Gerade an den anteriorsten Punkt des Hüftkopfes angelegt. Das Offset wurde als Distanz A (Abbildung 9) definiert und misst die Distanz zwischen den beiden Geraden. Als aussagekräftige Messung wurde das Head-to-Neck-Offset unterstützend zur Bestimmung des Alpha-Winkels in diese Studie aufgenommen.

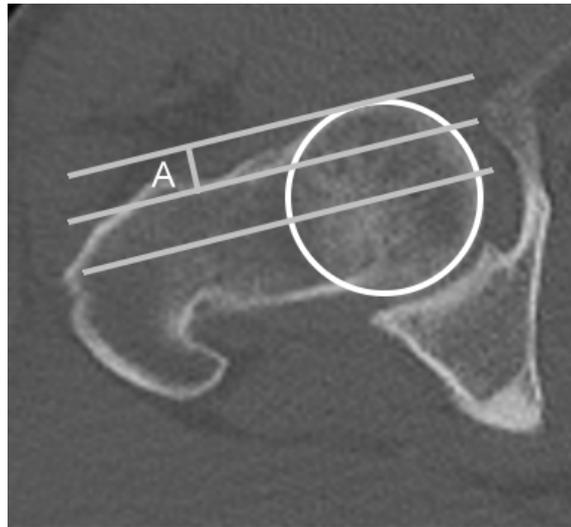


Abbildung 9: Head-to-Neck-Offset in axialer Schichtung (Eigene Darstellung)

2.3.1.3 CE – Winkel

Der Apex des Center – Edge – Winkels, auch Wiberg – Winkel genannt ⁷³, befindet sich im Zentrum des Hüftkopfes. Davon ausgehend wurde die Lotrechte (in Abbildung 10 mit A markiert) als erster Schenkel konstruiert, der zweite (in Abbildung 10 mit B markiert) verlief lateral zum Rand des Azetabulums. Eine Messung erfolgte im Scout und in coronaler Schichtung. Letztere wurde so gewählt, dass der Hüftkopf in seinem Mittelpunkt abgebildet war.

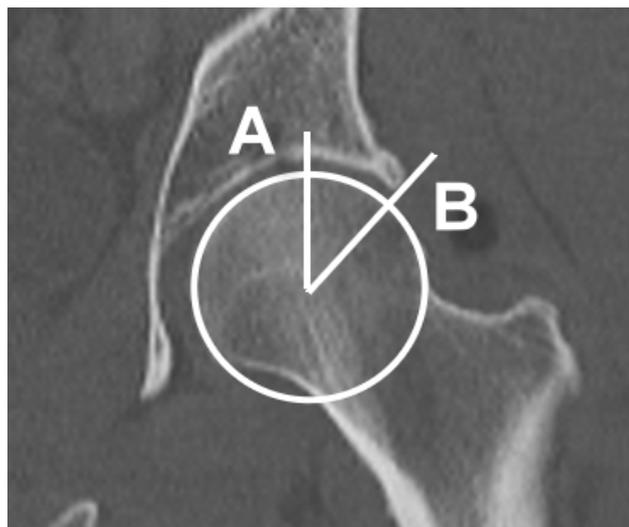


Abbildung 10: CE-Winkel in coronaler Schichtung (Eigene Darstellung)

Der CE-Winkel kann sowohl zur Diagnostik eines Pincer-Impingements als auch zur Bestimmung einer Dysplasie herangezogen werden.

2.3.1.4 Pincer – Winkel

Es wurde im axialen CT eine cranial gelegene axiale Schichtung des Hüftkopfes gewählt, auf welcher die Umfassung des Femurkopfes durch das Azetabulum am stärksten ausgeprägt war. Ein Winkel mit einem Schenkel vom posterioren Azetabulumrand zum Kopfmittelpunkt und vom anterioren Azetabulumrand zum Kopfmittelpunkt wurde angelegt, zur Erleichterung der Bestimmung des Kopfmittelpunktes wurde ein Kreis auf dem Hüftkopf konstruiert (siehe Abbildung 11).

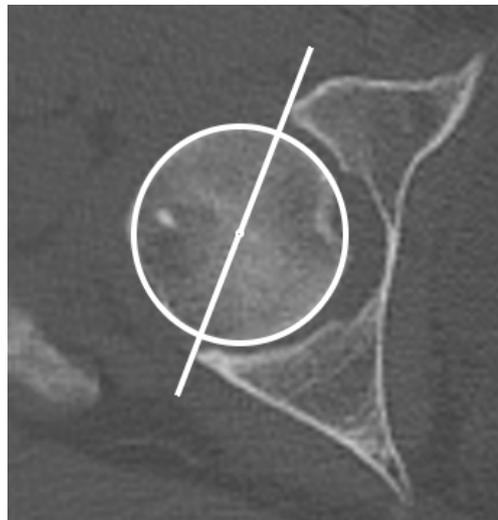


Abbildung 11: Pincer-Winkel (Eigene Darstellung, hier entspricht der Pincer-Winkel annähernd einem überstumpfen Winkel)

Dieser Winkel wurde bisher in der Literatur noch nicht beschrieben, erlaubt jedoch eine sehr präzise Bestimmung des Pincer-Impingements, da bei seiner Messung sowohl der anteriore als auch der posteriore Azetabulumrand einbezogen wird.

2.3.1.5 AV – Winkel

Bei diesem Winkel⁷⁴ (siehe Abbildung 12) wurde ebenfalls eine craniale axiale Schichtung gewählt, auf welcher die Ausprägung der Fossa acetabuli maximal dargestellt war. Eine Verbindungslinie zwischen den posterioren Azetabulumrändern beider Gelenke wurde gezogen. Die Senkrechte darauf stellte den ersten Schenkel des Winkels dar. Der zweite verlief entlang des anterioren und posterioren Gelenkrandes.

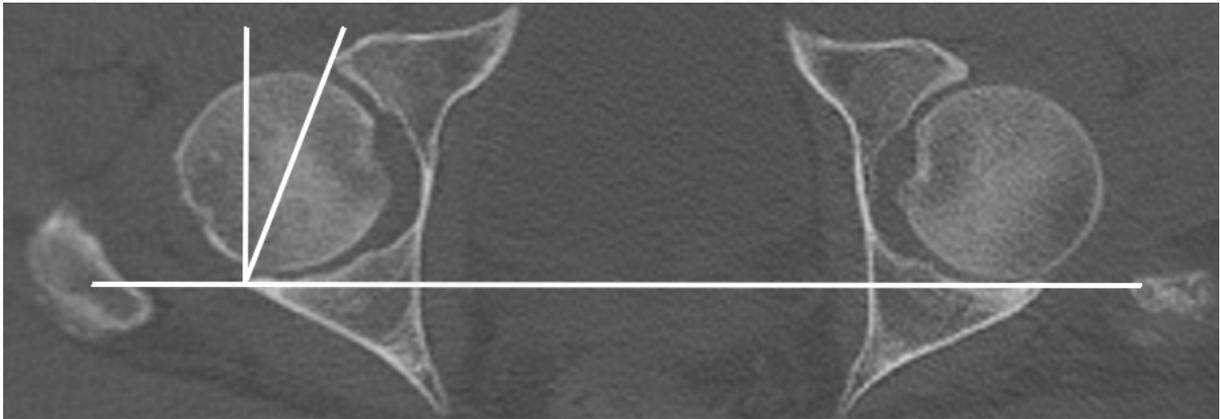


Abbildung 12: AV-Winkel (Eigene Darstellung)

2.3.1.6 Femurkopfextrusionsindex (FEI)

Der Femurkopfextrusionsindex⁷⁵⁻⁷⁷ definiert den Anteil des Femurkopfes, der nicht durch die Gelenkpfanne überdacht ist. Zur Konstruktion wurden im coronalen CT zwei horizontale Linien gezogen. Linie A (siehe Abbildung 13) reichte vom medialen bis zum lateralen Kopfrand, Linie B (siehe Abbildung 13) vom Rand des Azetabulums bis zum lateralen Kopfrand. Der Prozentsatz wurde wie folgt gebildet:

$$B/A \times 100\% = \text{Extrusion - Index}$$

Es wurde hier, ähnlich wie bereits beim CE-Winkel beschrieben, eine Schicht gewählt, in welche sich der Hüftkopf so ausgeprägt wie möglich projizierte.



**Abbildung 13: Femurkopfextrusionsindex
(Eigene Darstellung)**

2.3.2 Arthrose - Scores

Zur Stadieneinteilung der Arthroseerkrankungen wurden die Scores nach KELLGREN und LAWRENCE in modifizierter Form⁷⁵ sowie nach TÖNNIS⁷⁶ verwendet. Die Diagnostik wurde „blind“ durch zwei in der Diagnose muskuloskelettaler Erkrankungen erfahrene Personen unabhängig voneinander durchgeführt.

Gemäß DGOOC – Leitlinie⁷⁷ erfolgt die Einteilung der Coxarthrose nach KELLGREN und LAWRENCE⁷⁸ in 5 Stadien:

- Grad I Osteophyten
- Grad II periartikuläre Ossifikation
- Grad III Gelenkspaltverschmälerung und subchondrale Sklerosierung
- Grad IV Zysten
- Grad V Knöcherne Deformierung des Hüftgelenks

Zur genaueren Erfassung der Arthrose-Zeichen wurde im Rahmen dieser Studie auf die modifizierte Form des oben genannten Scores zurück gegriffen, welche am Institut für Qualität & Patientensicherheit(BQS)⁷⁵ zur Indikationsstellung bei Hüft-TEP-Erstimplantation entwickelt wurde und auch in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation der LMU Anwendung findet. Mit

dem röntgenologischen Befund wurden- je nach Ausprägungen- wie in Tabelle 1 dargestellt Punkte vergeben.

Tabelle 1: modifizierter Kellgren & Lawrence-Score

	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	3 Punkte
Osteophyten	keine oder fraglich	eindeutig	große	
Gelenkspalt	nicht oder fraglich verschmälert	eindeutig verschmälert	fortgeschritten verschmälert	aufgehoben
Sklerose	keine Sklerose	leichte Sklerose	leichte Sklerose mit Zystenbildung	Sklerose mit Zysten
Deformierung	keine Deformierung	leichte Deformierung	deutliche Deformierung	

Ab einem Punktwert größer 4 wurde das Gelenk als arthrotisch gewertet.

Der Score nach TÖNNIS⁷⁹ unterscheidet zwischen 4 Stadien:

Tabelle 2: Tönnis-Score

Grad 0	Keine Arthrosezeichen
Grad 1	Vermehrte Sklerosierung von Kopf und Pfanne und/oder Geringe Gelenkspaltverschmälerung und/oder Geringe Randwulstbildung
Grad 2	Kleine Zysten in Kopf und Pfanne und/oder Zunehmende Gelenkspaltverschmälerung und/oder Gemäßigte Kopfentrundung
Grad 3	Große Zysten in Kopf und Pfanne und/oder Starke Gelenkspaltverschmälerung bis zum völligen Aufbrauchen und/oder Starke Kopfentrundung und/oder Nekrosen

2.4 Statistische Auswertung

Es erfolgte sowohl eine deskriptive Analyse als auch eine umfangreiche Faktorenanalyse der erhobenen Daten.

2.4.1 Deskriptive Analyse

Die deskriptive Analyse erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 21) von IBM SPSS Statistics (New York, USA).

Die Normalverteilung wurde mittels Histogramm dargestellt.

Der t-Test bei gepaarten Stichproben fand Anwendung beim Vergleich von Messungen eines Parameters im rechten und linken Hüftgelenk und beim Vergleich von Messungen eines Parameters in unterschiedlichen Schichtungen des CTs.

Der Vergleich von Messungen in Abhängigkeit vom Alter der Patienten geschah mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Die Einteilung wurde wie folgt vorgenommen:

$.0 \leq r \leq .2 \Rightarrow$ geringer Zusammenhang

$.2 < r \leq .5 \Rightarrow$ mäßiger Zusammenhang

$.5 < r \leq .8 \Rightarrow$ deutlicher Zusammenhang

$.8 < r \leq 1.0 \Rightarrow$ hoher bis perfekter Zusammenhang

Mithilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse wurden Messungen bei Frauen und Männern verglichen.

Bei allen Berechnungen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5% ($p < .05$) galt das Ergebnis als signifikant.

Zur Definition von Normalbereichen eines Winkels bzw. einer Strecke wurden mit Mittelwert m und Standardabweichung SD folgende Formeln angewandt:

0 bis $m + 1,64 * SD$, falls der Wert nur zu groß werden kann

$m - 1,64 * SD$, falls der Wert nur zu klein werden kann

Aus einer gesunden Population mit einem Tönniswert < 2 wurde der Mittelwert m und die Standardabweichung SD bestimmt. Es wurde hinsichtlich des Geschlechts unterschieden.

2.4.2 Die Faktorenanalyse

Diese statistische Analyse wurde mit dem Programm SAS 9.2 für Linux (Cary, NC) erhoben. Mit der Faktorenanalyse wurde der Zusammenhang zwischen allen durchgeführten Messungen und dem Arthrose-Risiko überprüft. Mittels Hauptkomponentenanalyse wurden durch eine Datenreduktion die zugrunde liegenden Faktoren extrahiert. Die Bestimmung der Faktorenzahl geschah mithilfe eines Scree-Plots. Anschließend wurde mit der Varimax-Methode ein Rotationsverfahren angewandt, welches eine Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Dabei wurden die Faktoren im dreidimensionalen Raum so lange gedreht, bis die Varianz der quadrierten Ladungen maximal war. Niedrige Ladungen wurden dadurch erniedrigt, hohe Ladungen erhöht, und ließen sich so den Faktoren eindeutig zuordnen.

Das logistische Regressionsmodell wurde zur Darstellung einer Abhängigkeit zwischen „Alter“, „Geschlecht“, „Seite“, den ermittelten Faktoren und der Entstehung einer Hüftarthrose herangezogen. Mittels Chi-Quadrat-Test wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Bezug auf die Gesamtbevölkerung dargestellt. Bei der Analyse der maximalen Wahrscheinlichkeiten (Maximum-Likelihood Estimates) wurde das Risiko geschätzt, wie wahrscheinlich die oben genannten Parameter Alter, Geschlecht, Seite und Faktor zu einer Hüftarthrose führen werden. Bei den Berechnungen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5% ($p < .05$) galt das Ergebnis als signifikant. Davon abgeleitet wurde das Quotenverhältnis (Odds Ratio) bestimmt und mit 95%-Konfidenzintervall angegeben. Zur Bewertung der Güte des Verfahrens wurde die ROC (Receiver Operating Characteristic)-Kurve hinsichtlich der Sensitivität und Spezifität herangezogen.

Mit der Vorwärtsselektion der relevanten Einflussgrößen fand eine weitere Methode zur Vorhersage des Arthrose-Risikos Anwendung, um mögliche Interaktionseffekte in den vorangegangenen Analysen auszuschließen. Erneut wurden Maximum-Likelihood Estimates, Odds Ratio und ROC-Kurve bestimmt.

Die Interrater-Reliabilität wurde über den Kappa-Koeffizienten ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Epidemiologie des Patientenkollektivs

Von Juli 2009 bis Juni 2012 wurden CT- Aufnahmen aller Patienten, welche im Schockraum der Chirurgischen Klinik und Poliklinik / Innenstadt behandelt wurden, retrospektiv begutachtet. 149 Patienten wurden in die Studie eingeschlossen, davon waren 80 Männer und 69 Frauen. Die Verteilung hinsichtlich Alter und Geschlecht kann Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Patientenverteilung hinsichtlich Dekade und Geschlecht

Dekade	Mann	Frau
2	14	9
3	11	9
4	12	9
5	11	10
6	10	10
7	13	10
8	9	12

Bei 3 Patienten konnte nur das rechte Hüftgelenk, bei 6 konnte nur das linke Hüftgelenk beurteilt werden.

3.2 Alpha-Winkel

3.2.1 Scout-Messung

Es wurden rechts 127 und links 129 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $47,4^\circ$ (SD 7,2), [$49,6^\circ$ (SD 8,2) bei Männern und $44,7^\circ$ (SD 5,5) bei Frauen], im linken Hüftgelenk $46,4^\circ$ (SD 7,6), [$49,2^\circ$ (SD 7,7) bei Männern und $42,7^\circ$ (SD 4,7) bei Frauen].

3.2.1.1 Die Normalverteilung des Alpha-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

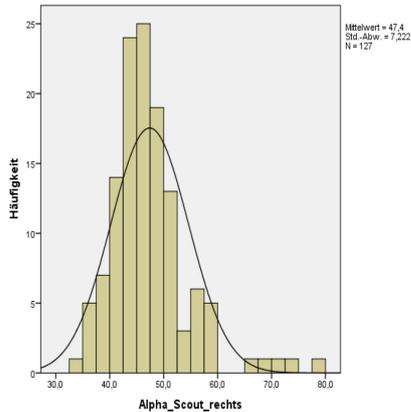


Abbildung 14: Normalverteilung des Alpha-Winkels im Scout rechtsseitig

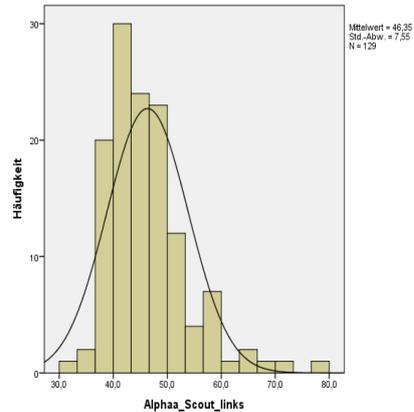


Abbildung 15: Normalverteilung des Alpha-Winkels im Scout linksseitig

3.2.1.2 Der Alpha-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .53$ ($p < .05$) ist die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich (siehe Abbildung 16).

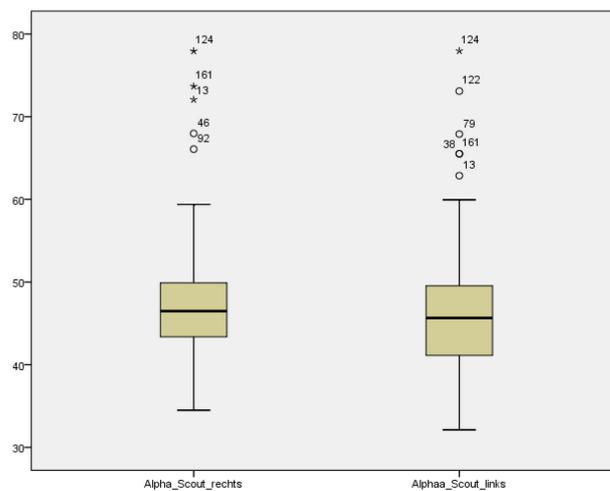


Abbildung 16: Alpha-Winkel (Scout) im rechten und linken Hüftgelenk

3.2.1.3 Zusammenhang zwischen Alpha-Winkel und Alter

Die Größe des Alpha-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) geprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = -.12$ rechts und $r = .06$ links sehr gering und darüber hinaus nicht signifikant ($p > .05$). Es zeigt sich also kein Zusammenhang zwischen Alter der Probanden und Alpha-Winkel.

3.2.1.4 Der Alpha-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des Alpha-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit einer einfaktorischen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist signifikant ($p < .05$). Bei männlichen Patienten lassen sich rechts und links höhere Alpha-Winkel nachweisen als bei Frauen (siehe Abbildung 17 und Abbildung 18).

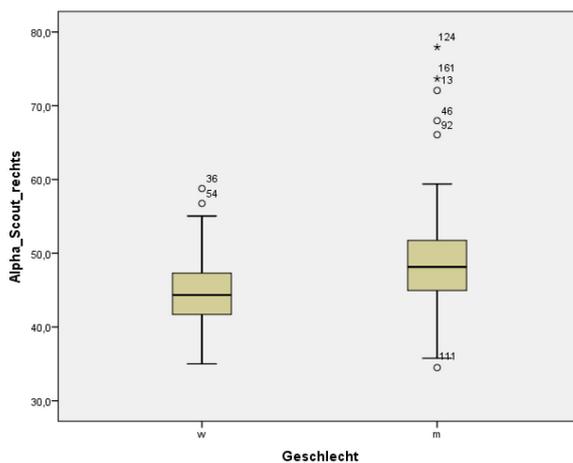


Abbildung 17: Alpha-Winkel (Scout) rechts bei Männern und Frauen

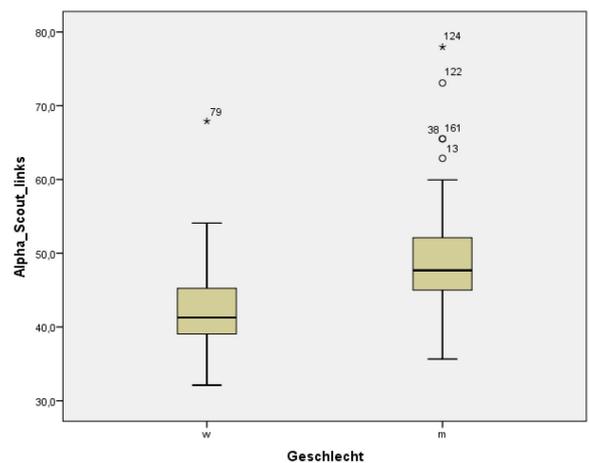


Abbildung 18: Alpha-Winkel (Scout) links bei Männern und Frauen

Fazit

Der Alpha-Winkel im Scout ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $47,4^\circ$, im linken Hüftgelenk $46,4^\circ$. Es besteht eine mittlere Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Eine Korrelation von Alter und Größe des Winkels ist nicht vorhanden. Männliche Probanden weisen höhere Werte des Alpha-Winkes auf als weibliche Probanden.

3.2.2 Axiale Messung

Es wurden rechts 143 und links 145 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $45,4^\circ$ (SD 6,8), [$46,4^\circ$ (SD 7,5) bei Männern und $44,4^\circ$ (SD 5,8) bei Frauen] im linken Hüftgelenk $47,1^\circ$ (SD 6,4), [$48,5^\circ$ (SD 6,8) bei Männern und $45,5^\circ$ (SD 5,2) bei Frauen].

3.2.2.1 Die Normalverteilung des Alpha-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

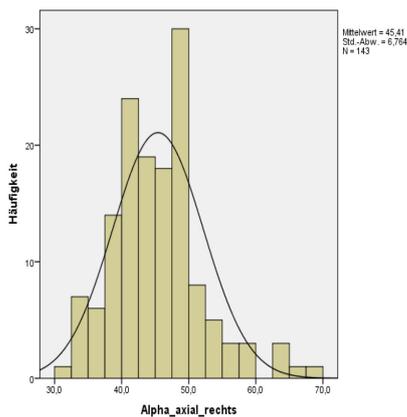


Abbildung 19: Normalverteilung des Alpha-Winkels (axial) rechtsseitig

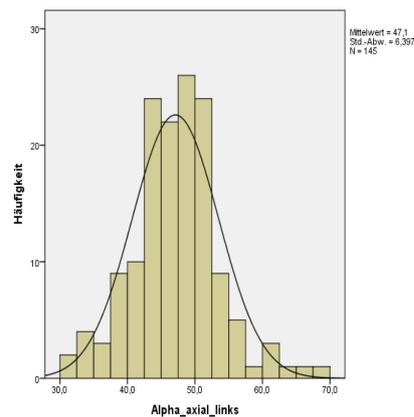


Abbildung 20: Normalverteilung des Alpha-Winkels (axial) linksseitig

3.2.2.2 Der Alpha-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .49$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich.

3.2.2.3 Zusammenhang zwischen Alpha-Winkel und Alter

Die Größe des Alpha-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .03$ rechts und $r = -.05$ links sehr gering und darüber hinaus nicht signifikant ($p > .05$). Es besteht also kein Zusammenhang zwischen Alpha-Winkel und Alter der Probanden.

3.2.2.4 Der Alpha-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des Alpha-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist auf der linken Seite mit $p = .004$ signifikant, auf der rechten Seite mit $p = .079$ jedoch nicht. Männliche Patienten weisen links deutlich höhere Werte auf als weibliche Patienten.

Fazit

Der Alpha-Winkel in axialer Schichtung ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $45,4^\circ$, im linken Hüftgelenk $47,1^\circ$. Es besteht eine mäßige Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Eine Korrelation von Alter und Größe des Winkels ist nicht vorhanden. Im linken Hüftgelenk ist der Wert des Winkels bei Männern und Frauen signifikant verschieden, im rechten Gelenk jedoch nicht. Männliche Probanden weisen links höhere Werte des Alpha-Winkels auf als weibliche Probanden.

3.2.3 Vergleich von Scout und axialer Messung

Bei einem Vergleich der Messungen im Scout und in axialer Schichtung mittels t-Test bei gepaarten Stichproben ist der Korrelationskoeffizient $r = .39$ rechts und $r = .42$ links im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$).

Der Alpha-Winkel ist rechts im Scout um $2,15^\circ$ größer als in axialer Schichtung. Links ist der Winkel im Scout um $0,72^\circ$ kleiner als in axialer Schichtung.

3.2.3 Die Definition des Normalbereichs

Die Werte von rechter und linker Hüfte ergeben bei weiblichen Patienten einen Normalbereich (siehe 2.4.1 Deskriptive Analyse) von **< $54,8^\circ$ im Scout** und **< $53,7^\circ$ in axialer Schichtung**. Im Folgenden wurden die Werte auf die Dezimalstelle vor dem Komma gerundet, um ihre Anwendbarkeit zu erleichtern.

Im Normalbereich beträgt der Mittelwert des Alpha-Winkels im Scout $43,0^\circ$ ($32,1^\circ$ - $54,1^\circ$) und in axialer Schichtung $44,3^\circ$ ($31,7^\circ$ - $54,0^\circ$) (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Normalbereich des Alpha-Winkels im Scout und in axialer Schichtung bei Frauen

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Alpha-Winkel im Scout rechts	43,8°	4,8°	< 51,7°
Alpha-Winkel im Scout links	44,3°	8,3°	< 57,9°
Alpha-Winkel axial rechts	45,4°	3,6°	< 51,3°
Alpha-Winkel axial links	46,1°	6,1°	< 56,1°

Die Werte von rechter und linker Hüfte ergeben bei männlichen Patienten ein Normalbereich von < **58,9° im Scout** und < **56,5° in axialer Schichtung**. Im Folgenden wurden die Werte auf die Dezimalstelle vor dem Komma gerundet, um ihre Anwendbarkeit zu erleichtern.

Im Normalbereich beträgt der Mittelwert des Alpha-Winkels im Scout 47,5° (34,5°-57,9°) und in axialer Schichtung 45,9° (31,0°-56,0°) (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Normalbereich des Alpha-Winkels im Scout und in axialer Schichtung bei Männern

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Alpha-Winkel im Scout rechts	47,5°	7,8°	< 60,3°
Alpha-Winkel im Scout links	46,6°	6,6°	< 57,4°
Alpha-Winkel axial rechts	44,1°	6,2°	< 54,3°
Alpha-Winkel axial links	48,0°	6,5°	< 58,7°

Fazit

Messungen im Scout und in axialer Schichtung korrelieren signifikant. Der Normalbereich beträgt bei Frauen < 54,8° im Scout und < 53,7° in axialer Schichtung und bei Männern < 58,9° im Scout und < 56,5° in axialer Schichtung.

3.3 Head-to-Neck-Offset

3.3.1 Axiale Messungen

Es wurden rechts 142 und links 145 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt die Distanz im Durchschnitt 9,2 mm (SD 1,5), [9,4 mm (SD 1,6) bei Männern und 9,0 mm (SD 1,3) bei Frauen], im linken Hüftgelenk 9,2 mm (SD 1,4), [9,2 mm (SD 1,5) bei Männern und 9,2 mm (SD 1,2) bei Frauen].

3.3.1.1 Die Normalverteilung des Offsets

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22) dargestellt. Sie folgen dabei annähernd der Gauß'schen Kurve.

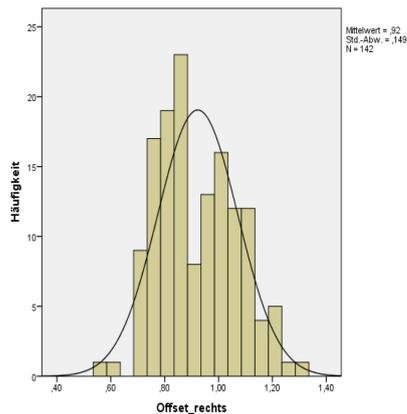


Abbildung 21: Normalverteilung des Head-To-Neck-Offsets rechtsseitig

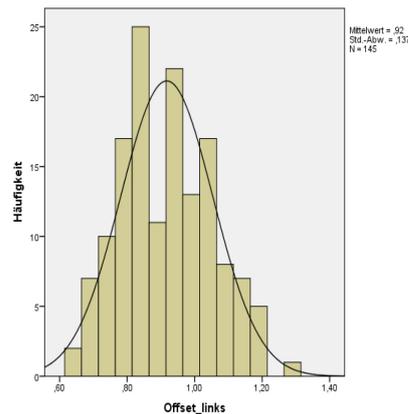


Abbildung 22: Normalverteilung des Head-To-Neck-Offsets linksseitig

3.3.1.2 Das Offset im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .34$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich.

3.3.1.3 Zusammenhang zwischen Offset und Alter

Die Größe des Offsets in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .02$ rechts und $r = -.03$ links sehr gering und darüber hinaus nicht signifikant ($p > .05$). Es zeigt sich also kein Zusammenhang zwischen Head-to-Neck-Offset und Alter der Probanden.

3.3.1.4 Das Offset im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des Offsets bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist mit $p = .15$ rechts und $p = .87$ links nicht signifikant.

3.3.2 Das Head-to-Neck-Offset und der Alpha-Winkel

Sowohl Offset als auch Alpha-Winkel stehen für die Diagnostik des CAM-Impingements zur Verfügung. Mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) kann die Korrelation beider Messmethoden (Alpha-Winkel und Offset) miteinander verglichen werden.

Im rechten Hüftgelenk ist der Korrelationskoeffizient sowohl bei der Scout-Messung und dem Head-to-Neck-Offset mit $r = -.40$ als auch bei der axialen Messung und dem Head-to-Neck-Offset mit $r = -.33$ im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$).

Im linken Hüftgelenk ist der Korrelationskoeffizient sowohl bei der Scout-Messung und dem Head-to-Neck-Offset mit $r = -.26$ als auch bei der axialen Messung und dem Head-to-Neck-Offset mit $r = -.37$ im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$).

3.3.3 Die Definition des Normalbereichs

Die Werte von rechter und linker Hüfte ergeben bei weiblichen Patienten einen Normalbereich von **> 0,70 cm** (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Normalbereich des Head-To-Neck-Offsets bei Frauen

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Offset_rechts	0,85 cm	0,10 cm	> 0,67 cm
Offset_links	0,89 cm	0,1 cm	> 0,72 cm

Die Werte von rechter und linker Hüfte ergeben bei männlichen Patienten ein Normalbereich von **>0,72 cm** (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Normalbereich des Head-To-Neck-Offsets bei Männern

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Offset_rechts	0,99 cm	0,17 cm	> 0,71 cm
Offset_links	0,93 cm	0,13 cm	>0,72 cm

Fazit

Das Head-to-Neck-Offset ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten und linken Hüftgelenk beträgt die Distanz im Durchschnitt 9,2 mm. Es besteht eine mäßige Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Eine Korrelation von Alter und Größe der Distanz ist nicht vorhanden. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist nicht signifikant. Die Messungen des Offsets und des Alpha-Winkels korrelieren signifikant. Der Normalbereich liegt bei Frauen $> 0,70$ cm und bei Männern $> 0,72$ cm.

3.4 CE-Winkel

3.4.1 Scout-Messung

Es wurden rechts 127 und links 130 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $32,7^\circ$ (SD 7,4), [$32,4^\circ$ (SD 6,8) bei Männern und $33,1^\circ$ (SD 8,3) bei Frauen], im linken Hüftgelenk $35,2^\circ$ (SD 6,3), [$35,2^\circ$ (SD 6,0) bei Männern und $35,3^\circ$ (SD 6,7) bei Frauen].

3.4.1.1 Die Normalverteilung des CE-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

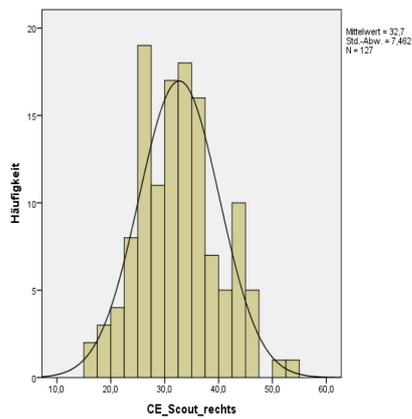


Abbildung 23: Normalverteilung des CE-Winkels (Scout) rechtsseitig

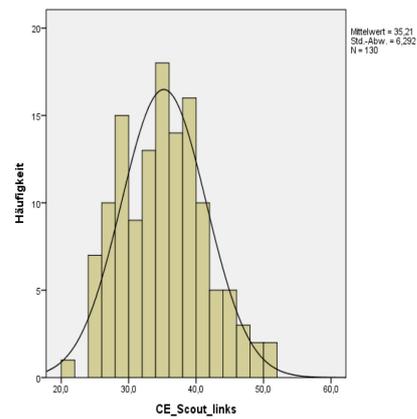


Abbildung 24: Normalverteilung des CE-Winkels (Scout) linksseitig

3.4.1.2 Der CE-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .58$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich.

3.4.1.3 Zusammenhang zwischen CE-Winkel und Alter

Die Größe des CE-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .31$ rechts und $r = .39$ links im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$). Es zeigt sich also ein Zusammenhang zwischen CE-Winkel und Alter der Probanden, die Größe des CE-Winkels nimmt im Alter zu (siehe Abbildung 25 und Abbildung 26).

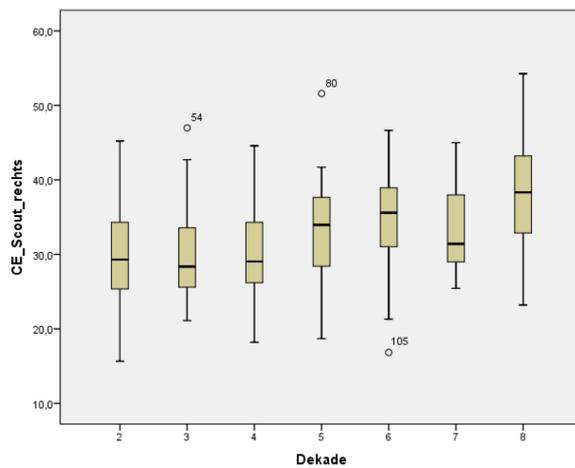


Abbildung 25: CE-Winkel (Scout) rechts in den Dekaden 2-8

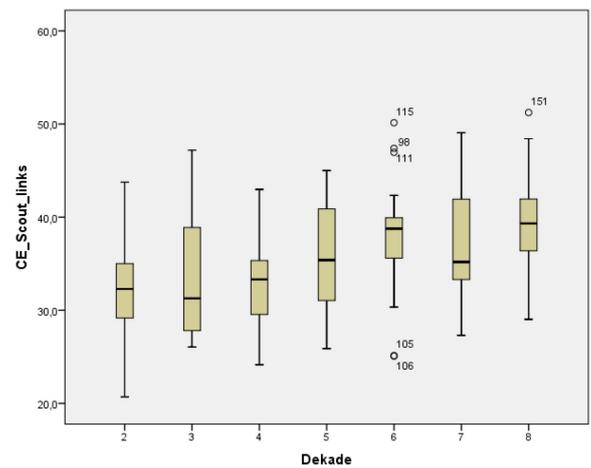


Abbildung 26: CE-Winkel (Scout) links in den Dekaden 2-8

3.4.1.4 Der CE-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des CE-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männer und Frauen ist mit $p = .63$ rechts und $p = .95$ links nicht signifikant.

Fazit

Der CE-Winkel im Scout ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $32,7^\circ$, im linken Hüftgelenk $35,2^\circ$. Es besteht eine mittlere Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Im Alter nimmt der Wert des Winkels zu. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist nicht signifikant.

3.4.2 Coronale Messung

Es wurden rechts 142 und links 145 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $34,9^\circ$ (SD 8,3), [$34,8^\circ$ bei Männern (SD 7,3) und $35,1^\circ$ (SD 9,4) bei Frauen], im linken Hüftgelenk $37,4^\circ$ (SD 7,5), [$36,7^\circ$ (SD 7,0) bei Männern und $38,2^\circ$ (SD 8,1) bei Frauen].

3.4.2.1 Die Normalverteilung des CE-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 27 und Abbildung 28) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

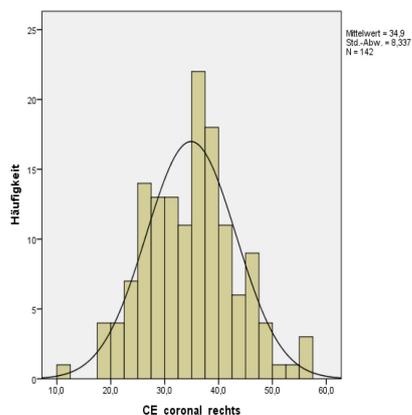


Abbildung 27: Normalverteilung des CE-Winkels (coronal) rechtsseitig

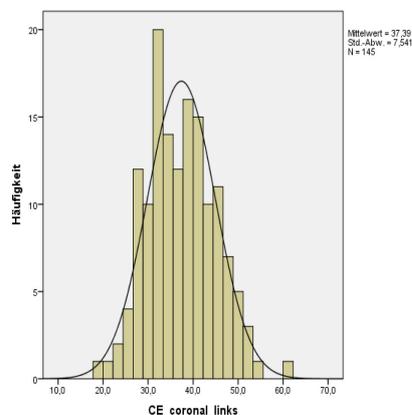


Abbildung 28: Normalverteilung des CE-Winkels (coronal) linksseitig

3.4.2.2 Der CE-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .59$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich.

3.4.2.3 Zusammenhang zwischen CE-Winkel und Alter

Die Größe des CE-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .46$ rechts und $r = .49$ links im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$). Es zeigt sich also ein Zusammenhang zwischen CE-Winkel und Alter der Probanden, der CE-Winkel nimmt im Alter zu (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30).

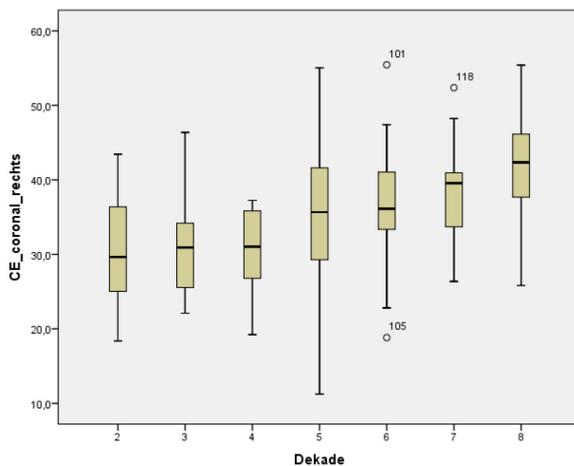


Abbildung 29: CE-Winkel (coronal) rechts in den Dekaden 2-8

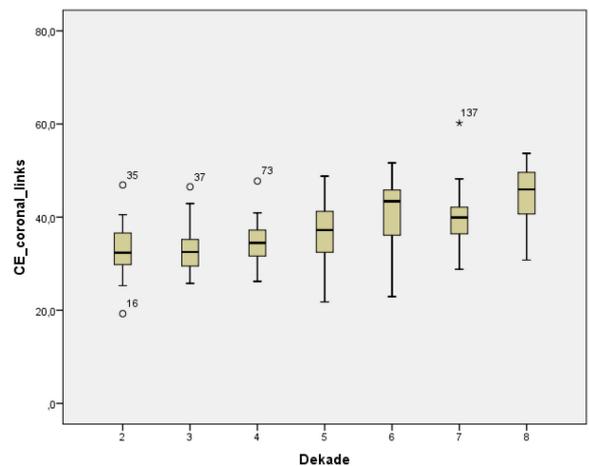


Abbildung 30: CE-Winkel (coronal) links in den Dekaden 2-8

3.4.2.4 Der CE-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des CE-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist mit $p = .85$ rechts und $p = .21$ links nicht signifikant.

Fazit

Der CE-Winkel in coronaler Schichtung ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $34,9^\circ$, im linken Hüftgelenk $37,4^\circ$. Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Im Alter nimmt der Wert des Winkels signifikant zu. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist nicht signifikant.

3.4.3 Vergleich von Scout und coronaler Messung

Bei einem Vergleich der Messungen im Scout und in coronaler Schichtung mittels t-Test bei gepaarten Stichproben ist mit $r = .78$ rechts und $r = .79$ links eine deutliche Korrelation zwischen den beiden Variablen vorhanden und diese ist zudem signifikant ($p < .05$).

Der CE-Winkel ist rechts im Scout um $1,92^\circ$ kleiner als in axialer Schichtung. Links ist der Winkel im Scout um $1,95^\circ$ kleiner.

3.5 Pincer-Winkel

3.5.1 Axiale Messungen

Der Pincer-Winkel wurde in axialer Schichtung ermittelt.

Es wurden rechts 143 und links 146 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $172,1^\circ$ (SD 17,9), [$171,0^\circ$ (SD 16,4) bei Männern und $173,4^\circ$ (SD 19,4) bei Frauen], im linken Hüftgelenk $169,9^\circ$ (SD 16,5), [$169,3^\circ$ (SD 16,5) bei Männern und $170,5^\circ$ (SD 16,7) bei Frauen].

3.5.1.1 Die Normalverteilung des Pincer-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

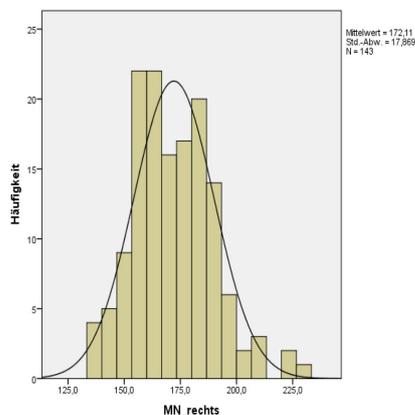


Abbildung 31: Normalverteilung des Pincer-Winkels rechtsseitig

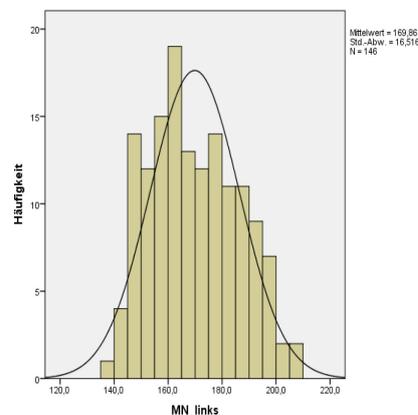


Abbildung 32: Normalverteilung des Pincer-Winkels linksseitig

3.5.1.2 Der Pincer-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert $r = .68$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im oberen Bereich.

3.5.1.3 Zusammenhang zwischen Pincer-Winkel und Alter

Die Größe des Pincer-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .46$ rechts und $.50$ links im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$). Es besteht also ein Zusammenhang zwischen Pincer-Winkel und Alter der Probanden, der Pincer-Winkel nimmt im Alter zu (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34).

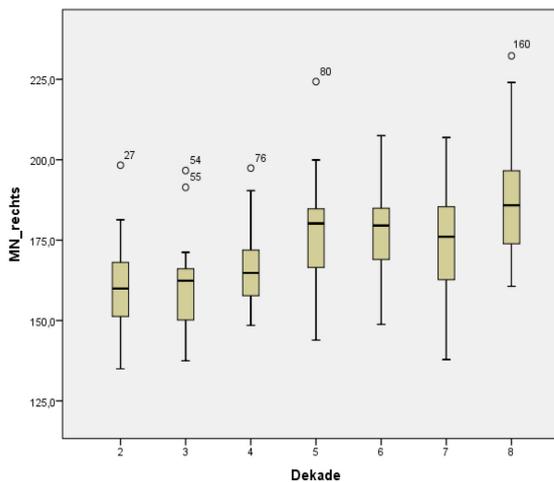


Abbildung 33: Pincer-Winkel rechts in den Dekaden 2-8

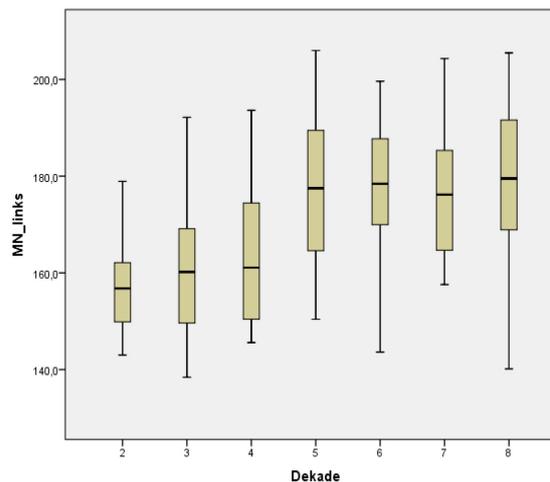


Abbildung 34: Pincer-Winkel links in den Dekaden 2-8

3.5.1.4 Der Pincer-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des Pincer-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männer und Frauen ist mit $p = .42$ rechts und $p = .67$ links nicht signifikant.

Fazit

Der Pincer-Winkel ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $172,1^\circ$, im linken Hüftgelenk $169,9^\circ$. Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Im Alter nimmt der Wert des Winkels signifikant zu. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist nicht signifikant.

3.5.2 Die Korrelation von Pincer-Winkel und CE-Winkel

Sowohl Pincer-Winkel als auch CE-Winkel stellen eine Messmethode zur Detektion des Pincer-Impingements dar. Aus diesem Grund wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) ermittelt, um beide Messungen miteinander vergleichen zu können.

Im rechten Hüftgelenk ist sowohl bei der Scout-Messung und dem Pincer-Winkel mit $r = .53$ als auch in der coronalen Messung des CE-Winkels und dem Pincer-Winkel mit $r = .57$ der Korrelationskoeffizient im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$).

Im linken Hüftgelenk ist sowohl bei der Scout-Messung und dem Pincer-Winkel mit $r = .57$ als auch in der coronalen Messung des CE-Winkels und dem Pincer-Winkel mit $r = .60$ der Korrelationskoeffizient im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$).

3.5.3 Die Definition des Normalbereichs

Die Werte von rechter und linker Hüfte ergeben bei weiblichen Patienten ein Normalbereich von $< 185,75^\circ$. Im Folgenden wurden die Werte auf die Dezimalstelle vor dem Komma gerundet, um ihre Anwendbarkeit zu erleichtern.

Tabelle 8: Normalbereich des Pincer-Winkels bei Frauen

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Pincer-Winkel rechts	167,5 °	16,8°	$< 195,1^\circ$
Pincer-Winkel links	157,7°	11,4°	$< 176,4^\circ$

Der Mittelwert von rechter und linker Hüfte ergibt bei männlichen Patienten ein Normalbereich von $< 189,15^\circ$. Im Folgenden wurden die Werte auf die Dezimalstelle vor dem Komma gerundet, um ihre Anwendbarkeit zu erleichtern.

Tabelle 9: Normalbereich des Pincer-Winkels bei Männern

	Mittelwert	Standardabweichung	Normalbereich
Pincer-Winkel rechts	167,5°	13,0°	< 188,8°
Pincer-Winkel links	164,0°	15,6°	< 189,5°

Fazit

Messungen des CE-Winkels und des Pincer-Winkels korrelieren signifikant. Der Normalbereich liegt bei Frauen < 185,75° und bei Männern < 189,15°.

3.6 Femurkopfextrusionsindex

3.6.1 Coronale Messungen

Der FEI wurde in coronaler Schichtung ermittelt.

Es wurden rechts 141 und links 145 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Wert im Durchschnitt 10,3% (SD 6,9), [10,8% (SD 6,7) bei Männern und 9,8% (SD 7,1) bei Frauen], im linken Hüftgelenk 10,0% (SD 6,3), [11,1% (SD 6,1) bei Männern und 8,8% (SD 6,3) bei Frauen].

3.6.1.1 Die Normalverteilung des Femurkopfextrusionsindex

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 35 und Abbildung 36) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

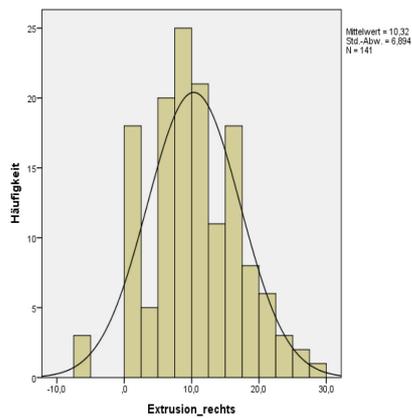


Abbildung 35: Normalverteilung des Femurkopfextrusionsindex es rechtsseitig

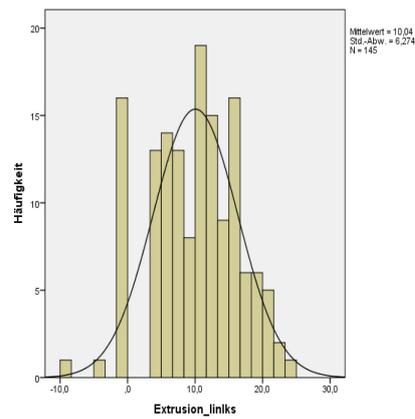


Abbildung 36: Normalverteilung des Femurkopfextrusionsindex es linksseitig

3.6.1.2 Der Femurkopfextrusionsindex im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = 58$ liegt die Korrelation beider Seiten im mittleren Bereich und ist signifikant ($p < .05$).

3.6.1.3 Zusammenhang zwischen Femurkopfextrusionsindex und Alter

Die Größe des Femurkopfextrusionsindexes es in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = -.41$ rechts und $r = -.43$ links im mittleren Bereich und signifikant ($p < .05$). Es zeigt sich also ein negativer Zusammenhang zwischen Femurkopfextrusionsindex und Alter der Probanden, die Größe des Femurkopfextrusionsindexes nimmt im Alter ab.

3.6.1.4 Der Femurkopfextrusionsindex im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des Femurkopfextrusionsindexes bei weiblichen und männlichen Patienten wurde ebenfalls mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist links mit $p = .03$ signifikant, rechts jedoch mit $p = .41$ nicht. Männer haben links höhere Werte.

Fazit

Der Femurkopffextrusionsindex ist in der Gesamtheit der Stichproben normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Wert im Durchschnitt 10,3%, im linken Hüftgelenk 10,0%. Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Im Alter nimmt der Wert des Indexes signifikant ab. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist nur im linken Hüftgelenk signifikant, hier haben Männer höhere Werte.

3.7 AV-Winkel

3.7.1 Axiale Messungen

Der AV-Winkel wurde in axialer Schichtung ermittelt.

Es wurden rechts 146 und links 143 Messungen einbezogen. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $19,3^\circ$ (SD 4,8), [$18,3^\circ$ (SD 4,3) bei Männern und $20,4^\circ$ (SD 4,9) bei Frauen], im linken Hüftgelenk $18,5^\circ$ (SD 5,2), [$17,4^\circ$ (SD 5,1) bei Männern und $19,9^\circ$ (SD 5,2) bei Frauen].

3.7.1.1 Die Normalverteilung des AV-Winkels

Die Verteilung der Messwerte im rechten und linken Hüftgelenk ist im Histogramm (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38) dargestellt. Sie folgen dabei der Gauß'schen Kurve.

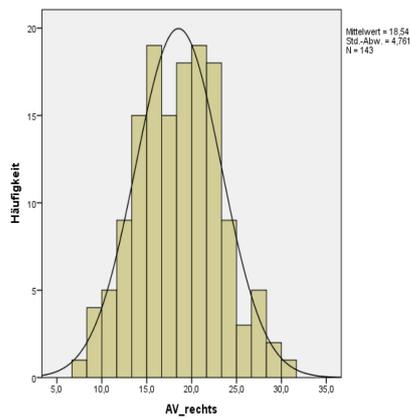


Abbildung 37: Normalverteilung des AV-Winkels rechtsseitig

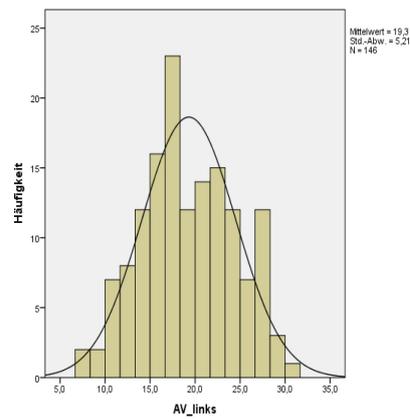


Abbildung 38: Normalverteilung des AV-Winkels linksseitig

3.7.1.2 Der AV-Winkel im Seitenvergleich

Zum Vergleich der rechten und linken Hüfte wurde ein t-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt. Mit einem Wert von $r = .73$ ($p < .05$) liegt die Korrelation beider Seiten im oberen Bereich.

3.7.1.3 Zusammenhang zwischen AV-Winkel und Alter

Die Größe des AV-Winkels in Abhängigkeit vom Alter (eingeteilt in die Dekaden 2 bis 8) wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist mit $r = .13$ rechts und $r = .24$ links gering und nur links signifikant ($p < .05$). Links nimmt die Größe des AV-Winkels im Alter zu.

3.7.1.4 Der AV-Winkel im Geschlechtervergleich

Der Vergleich des AV-Winkels bei weiblichen und männlichen Patienten wurde mit der einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist rechts mit $p = .001$ und links mit $p = .01$ signifikant. Bei weiblichen Patienten lassen sich in beiden Hüftgelenken höhere AV-Winkel nachweisen als bei Männern.

Fazit

Der AV-Winkel ist in der gesamten Stichprobe normalverteilt. Im rechten Hüftgelenk beträgt der Winkel im Durchschnitt $19,3^\circ$, im linken Hüftgelenk $18,5^\circ$. Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk. Eine Korrelation von Größe des AV-Winkels und Alter ist jedoch nur links vorhanden, hier wird der AV-Winkel im Alter größer. Männliche und weibliche Probanden weisen nur in der rechten Hüfte signifikant unterschiedlich große Werte des AV-Winkels auf, Frauen haben hier signifikant höhere Werte.

3.7.2 Korrelation von AV-Winkel und Pincer-Winkel

Sowohl AV-Winkel als auch Pincer-Winkel vermessen das Azetabulum in axialer Schichtung und sind ein Maß für die Überdachung des Hüftkopfes durch die Pfanne. Aus diesem Grund wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) ermittelt, um beide Messungen miteinander vergleichen zu können.

Im rechten Hüftgelenk ist bei AV-Winkel und Pincer-Winkel mit $r = .05$ der Korrelationskoeffizient im unteren Bereich und nicht signifikant ($p > .05$).

Im linken Hüftgelenk ist bei AV-Winkel und Pincer-Winkel mit $r = .14$ der Korrelationskoeffizient im unteren Bereich und nicht signifikant ($p > .05$).

3.8 Arthrose

3.8.1 Ergebnisse der Faktorenanalyse

In der Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion konnten mittels Scree-Plot 3 erklärende Faktoren ermittelt werden (siehe Abbildung 39).

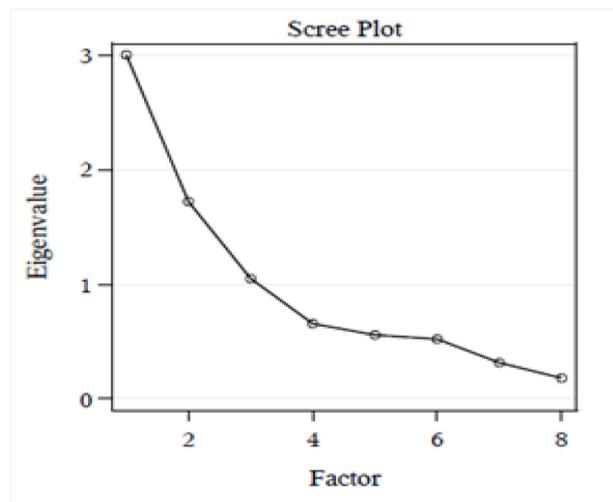


Abbildung 39: Scree Plot (Eigene Darstellung)

Nach Anwendung der Rotationsmethode Varimax zeigten sich folgende Dimensionen:

Faktor 1 → Alpha-Winkel im Scout und in axialer Schicht, Head-to-Neck-Offset

Faktor 2 → CE-Winkel im Scout und in coronaler Schicht, Pincer-Winkel

Faktor 3 → AV-Winkel

Im logistischen Regressionsmodell ergab sich ein signifikantes Beta-Gewicht zwischen einer Arthrose-Erkrankung und dem Alter und der durch Faktor 2 erklärten Messungen. Die Analyse der Effekte ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Analyse der Effekte im logistischen Regressionsmodell

Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Alter	1	32.9258	< .0001
Seite	1	0.0024	0.9606
Geschlecht	1	0.3598	0.5486
Faktor 1	1	3.9724	0.0463
Faktor 2	1	0.0069	0.9339
Faktor 3	1	2.8095	0.0937

Die Wahrscheinlichkeit, an einer Coxarthrose zu erkranken, steigt pro Jahr um 1,14%.

Eine graphische Darstellung dieser Wahrscheinlichkeit ist Abbildung 40. Hier wird eine Voraussage getroffen, mit welcher Wahrscheinlichkeit (mit 95% Konfidenzintervall) im Laufe des Lebens eine röntgenologisch manifeste Coxarthrose-Erkrankung auftritt.

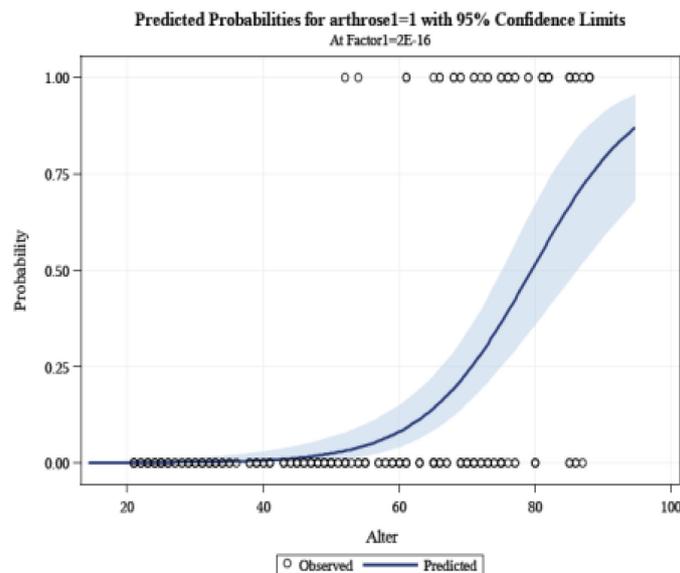


Abbildung 40: Wahrscheinlichkeit einer Arthrose-Erkrankung in Abhängigkeit des Alters (Eigene Darstellung)

Die Methode der Vorwärtsselektion der relevanten Einflussgrößen kommt zu einem identischen Ergebnis, wie Tabelle 11 verdeutlicht. Nur Alter und Faktor 2 korrelieren signifikant und wurden in das Modell integriert.

Tabelle 11: Analyse der Effekte (Vorwärtsselektion)

Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > Chisq
Alter	1	32.4804	< .0001
Faktor 2	1	4.2912	0.0383

Die ROC-Kurve in Abbildung 41 zeigt Sensitivität und Spezifität aller gewählten Methode zur Detektion einer Hüftarthrose.

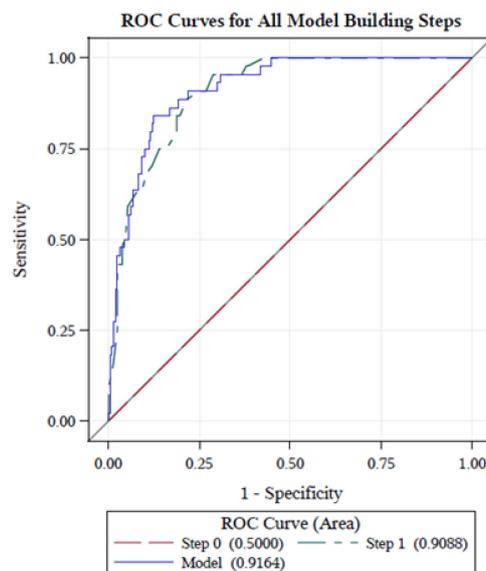


Abbildung 41: ROC-Kurve für das verwendete Modell (Eigene Darstellung)

Sensitivität ist definiert als bedingte Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Erkrankten ein bestimmter diagnostischer Test positiv ist bzw. eine kranke Person als krank erkannt wird. Spezifität ist definiert als bedingte Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Gesunden ein bestimmter diagnostischer Test negativ ist bzw. eine gesunde Person als nicht krank erkannt wird.

Die Sensitivität und Spezifität der gewählten statistischen Methoden zur Diagnostik einer Hüftarthrose ist bei einer AUC („area under the curve“) von 0.92 sehr hoch.

Fazit

Die Wahrscheinlichkeit, an Arthrose zu erkranken, steigt mit dem Alter an. Nur das Vorliegen eines Pincer-Impingements (Faktor 2) korreliert signifikant mit einer Hüftarthrose-Erkrankung.

3.8.2 Stadieneinteilung nach Tönnis

Gemäß der Klassifikation nach Tönnis lagen bei der Diagnoseerhebung im rechten Hüftgelenk bei 28,9% (n=43) der Fälle Grad 1, bei 22,8% (n= 34) Grad 2 und bei 2,0% (n= 3) Grad 3 vor, im linken Hüftgelenk bei 26,2% (n=39) der Fälle Grad 1, bei 24,2% (n= 36) Grad 2 und bei 3,4% (n= 5) Grad 3.

3.8.3 Einteilung nach Kellgren & Lawrence (modifiziert)

Bei der modifizierten Einteilung nach Kellgren & Lawrence kann nur zwischen „Arthrose ja“ und „Arthrose nein“ unterschieden werden.

Bei 17,8% (n=27 von 141) wurde im rechten Hüftgelenk, bei 28,8% (n=28 von 144) wurde im linken Hüftgelenk eine Arthrose identifiziert.

3.9 Interrater-Reliabilität

Die Bestimmung der Arthrose-Erkrankung anhand von CT-Bildern wurde von zwei in muskuloskelettaler Befunderhebung erfahrenen Mediziner unabhängig voneinander durchgeführt. Die Interrater-Reliabilität wurde durch den kappa-Koeffizienten bewertet und ist mit einem Wert von 0.93 sehr hoch. Die Übereinstimmung der Befundung ist in Abbildung 42 graphisch dargestellt.

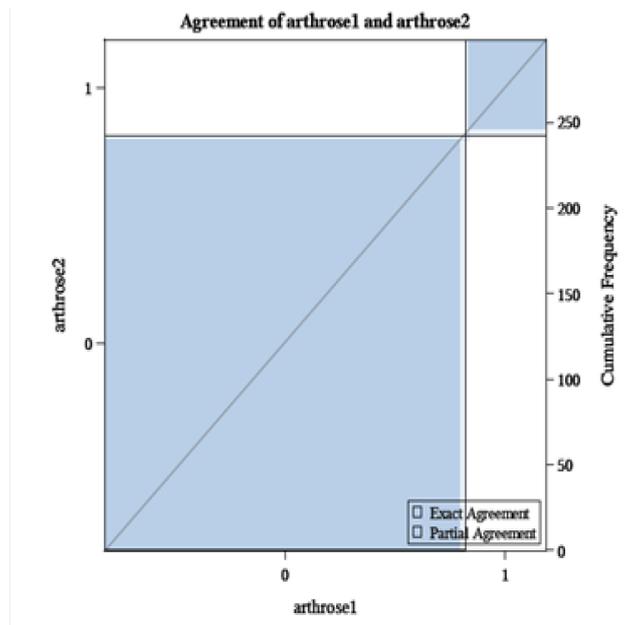


Abbildung 42: Interrater-Reliabilität (Eigene Darstellung)

3.10 Prävalenz des femoroazetabulären Impingements

Anhand der oben dargestellten Messergebnisse wurde die Prävalenz des CAM- und des Pincer- Impingements und der Hüftdysplasie im gesamten Patientenkollektiv eruiert.

3.10.1 Cam-Impingement

Das Cam-Impingement wurde über den Alpha-Winkel und das Head-to-Neck-Offset diagnostiziert.

3.10.1.1 Weibliche Patienten

Bei weiblichen Patienten mit einem Alpha-Winkel $\geq 55^\circ$ im Scout (vgl. 3.2.3 Die Definition des Normalbereichs) einem Alpha-Winkel $\geq 54^\circ$ (vgl. 3.2.3 Die Definition des Normalbereichs) in axialer Schichtung und/oder einem Offset < 7 mm (vgl. 3.3.3 Die Definition des Normalbereichs) ließ sich auf ein CAM-Impingement schließen (=CAM-positiv). Patienten, deren Messungen der genannten Parameter im Normalbereich lagen, wurden als CAM-negativ eingestuft.

Alpha-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 5,3% (n=3 von 57) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon 66% (n=2) in der 3. Dekade, 33% (n=1) in der 7. Dekade. Im linken Hüftgelenk wurde bei 1,8% (n=1 von 56) in der 5. Dekade ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen. Ein vergrößerter Alpha-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei keiner Patientin vor.

Alpha-Winkel in axialer Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 4,4% (n=3 von 68) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon zu je 33% (n=1) in der 3., 5. und 7. Dekade. Bei 1,8% (n=1 von 57) lag im rechten Hüftgelenk ein vergrößerter Alpha-Winkel sowohl im Scout als auch in axialer Schichtung vor. Im linken Hüftgelenk wurde bei 2,9% (n=2 von 68) in der 3. und 5. Dekade ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen. Bei diesen Patientinnen wurde kein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout diagnostiziert. Ein vergrößerter Alpha-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei keiner Patientin vor.

Das Head-to-Neck-Offset

Bei 4,5% (n=3 von 67) der Patienten wurde rechts ein verringertes Offset diagnostiziert, davon 66,7% in der 5. Dekade und 33,3% in der 8. Dekade. Bei keiner Patientin lag rechts ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout vor. Ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel in axialer Schichtung wurde bei 1,5% (n=1 von 67), nämlich in der 5. Dekade gemessen. Bei 1,5% (n=1 von 68) der Patienten wurde links ein verringertes Offset diagnostiziert, nämlich in der 8. Dekade. Bei keiner der Patientinnen lag links ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout oder ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel in axialer Schichtung vor. Ein verringertes Offset im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 1,5% (n=1 von 66) der Patientinnen, nämlich in der 8. Dekade vor.

3.10.1.2 Männliche Patienten

Bei männlichen Patienten mit einem Alpha-Winkel $\geq 59^\circ$ (vgl. 3.2.3 Die Definition des Normalbereichs) im Scout, einem Alpha-Winkel $\geq 57^\circ$ (vgl. 3.2.3 Die Definition des Normalbereichs) in axialer Schichtung und/oder einem Offset $< 7,2$ mm (vgl. 3.3.3 Die Definition des Normalbereichs) ließ sich auf ein Cam-Impingement schließen (=CAM-positiv). Patienten, deren Messungen der genannten Parameter im Normalbereich lagen, wurden als CAM-negativ eingestuft.

Alpha-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 8,6% (n=6 von 70) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon 33% (n=2) in der 2. Dekade und 16,7% (n=1) jeweils in den Dekaden 3, 5, 7 und 8. Im linken Hüftgelenk wurde bei 11% (n=8 von 73) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon 25% in den Dekaden 2 und 7, 12,5% in den Dekaden 3, 5, 6 und 8. Ein vergrößerter Alpha-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 5,8% (n=4 von 69) der Patienten in der 2.Dekade (50%) und in der 7. und 8.Dekade (je 25%) vor.

Alpha-Winkel in axialer Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 8,0% (n=6 von 75) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon zu 33% (n=2) in der 3.Dekade, 16,7% jeweils in den Dekaden 4, 5, 7 und 8. Bei 2,6% (n=2 von 70) lag im rechten Hüftgelenk ein vergrößerter Alpha-Winkel sowohl im Scout als auch in axialer Schichtung vor. Im linken Hüftgelenk wurde bei 7,8% (n=6 von 77) ein vergrößerter Alpha-Winkel gemessen, davon zu 33% (n=2) in der 5 und 7.Dekade, 16,7% jeweils in den Dekaden 2 und 8. Bei 5,5% (n=4 von 72) der Patienten wurde ein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout und in axialer Schichtung diagnostiziert, zu je 25% in den Dekaden 3,5,7 und 8. Ein vergrößerter Alpha-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 2,8% (n=2 von 72) der Patienten, nämlich in den Dekaden 5 und 8 vor.

Das Head-to-Neck-Offset

Bei 4,0% (n=3 von 75) der Patienten wurde rechts ein verringertes Offset diagnostiziert, davon 66,7% in der 2.Dekade und 33,3% in der 5.Dekade. Bei 1,4% (n=1 von 70) der Patienten lag rechts in der 2.Dekade ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout vor. Ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel in axialer Schichtung wurden nicht gemessen. Bei 9,1% (n=7 von 77) der Patienten wurde links ein verringertes Offset diagnostiziert, davon 28,5% in der 2.Dekade, 42,9% in der 5.Dekade und je 14,3% in der 3. und 7.Dekade. Bei 4,2% (n=3 von 72) der Patienten lag links in der 2., 3. und 7.Dekade ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel im Scout vor. Ein verringertes Offset und ein vergrößerter Alpha-Winkel in axialer Schichtung wurde bei 2,6% (n=2 von 77) in den Dekaden 3 und 7 gemessen. Ein verringertes Offset im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 2,8% (n=2 von 72) der Patienten, nämlich in den Dekaden 3 und 7 vor.

Fazit

Ein Vergleich der pathologischen Messwerte in den Dekaden zeigt keine kumulative Häufung in den einzelnen Altersgruppen. Zeichen eines Cam-Impingements liegen häufiger einseitig als beidseitig vor. Ein vergrößerter Alpha-Winkel mit gleichzeitig verringertem Offset in einer Hüfte ist weniger häufig als das Vorliegen von nur einem Impingementzeichen.

3.10.2 Das Pincer-Impingement

Das Pincer-Impingement wurde über den CE-Winkel, den Pincer-Winkel und den AV-Winkel diagnostiziert.

3.10.2.1 Weibliche Patienten

Bei weiblichen Patienten mit einem CE-Winkel $> 38^\circ$ im Scout und in coronaler Schichtung, einem Pincer-Winkel $> 186^\circ$ (vgl. 3.5.3 Die Definition des Normalbereichs) und/oder einem AV-Winkel $< 15^\circ$ ließ sich auf ein Pincer-Impingement schließen (=Pincer-positiv). Patienten, deren Messungen der genannten Parameter im Normalbereich lagen, wurden als Pincer-negativ eingestuft.

CE-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 28,1% (n=16 von 57) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen, davon 6,2% (n=1) je in der 2. und 7. Dekade, 12,5% (n=2) in der 3. Dekade, 18,8% (n=3) in der 5. Dekade, 25% (n=4) in der 6. Dekade und 31,3% (n=5) in der 8. Dekade. Bei 62,5% (n=10 von 16) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 37,5% eine Coxa profunda. Im linken Hüftgelenk wurde bei 33,3% (n=19 von 57) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen, davon 5,3% (n=1) in den Dekade 2,4 und 7, 10,5% in Dekade 3, 21,1% in Dekade 5 und 26,3% in den Dekaden 6 und 8. Bei 57,9% (n=11 von 19) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 42,1% eine Coxa profunda. Ein vergrößerter CE-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei keiner Patientin vor.

CE-Winkel in coronaler Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 40,3% (n=27 von 67) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen. Davon hatten 51,9% (n=14 von 27) eine Protrusio acetabuli, 48,1% eine Coxa profunda. Bei 25,0% (n=14 von 56) lag im rechten Hüftgelenk ein vergrößerter CE-Winkel sowohl im Scout als auch in coronaler Schichtung vor. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 12 entnommen werden.

Tabelle 12: Verteilung des vergrößerten CE-Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	CE-Winkel coronal vergrößert (n=27)	CE-Winkel coronal und im Scout vergrößert (n=14)
2	3,7% (n=1)	0%
3	3,7% (n=1)	7,1% (n=1)
4	0%	0%
5	14,8% (n=4)	14,3% (n=2)
6	18,6% (n=5)	28,6% (n=4)
7	25,9% (n=7)	14,3% (n=2)
8	33,3% (n=9)	35,7% (n=5)

Im linken Hüftgelenk wurde bei 50,7% (n=34 von 67) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen. Davon waren jeweils 50% (n=17 von 34) eine Protrusio acetabuli oder eine Coxa profunda. Bei 28,6% (n=16 von 56) der Patienten wurde ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung links diagnostiziert. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 13 entnommen werden.

Tabelle 13: Verteilung des vergrößerten CE-Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	CE-Winkel coronal vergrößert (n=34)	CE-Winkel coronal und im Scout vergrößert (n=16)
2	5,9% (n=2)	6,2% (n=1)
3	5,9% (n=2)	6,2% (n=1)
4	2,9% (n=1)	6,2% (n=1)
5	14,8% (n=5)	18,8% (n=3)
6	17,6% (n=6)	25,0% (n=4)
7	23,5% (n=8)	6,2% (n=1)
8	29,4% (n=10)	31,3% (n=5)

Ein vergrößerter CE-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 34,3% (n=23 von 67) der Patienten vor, 4,3% (n=1 von 23) in Dekade 3, 13,1% (n=3 von 23) in Dekade 5, 17,4% (n=4 von 23) in Dekade 6, 26,1% (n=6 von 23) in Dekade 7 und 39,1% (n=9 von 23) in Dekade 8.

Pincer-Winkel

Bei 23,5% (n=16 von 68) der Patienten wurde rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel diagnostiziert. Bei 12,3% (n=7 von 57) der Patienten lag rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 16,4% (n=11 von 67) der Patienten lag rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 10,7% (n=6 von 56) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 14 entnommen werden.

Tabelle 14: Verteilung des vergrößerten Pincer-Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	Pincer-Winkel vergrößert (n=16)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=7)	Pincer-Winkel und CE-Winkel coronal vergrößert (n=11)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=6)
2	6,3% (n=1)	0%	0%	0%
3	12,5% (n=2)	14,3% (n=1)	0%	0%
4	12,5% (n=2)	0%	0%	0%
5	6,3% (n=1)	28,6% (n=2)	18,2% (n=2)	33,3% (n=2)
6	18,8% (n=3)	28,6% (n=2)	18,2% (n=2)	33,3% (n=2)
7	12,5% (n=2)	0%	18,2% (n=2)	0%
8	31,3% (n=5)	28,6% (n=2)	45,5% (n= 5)	33,3% (n=2)

Bei 22,1% (n=15 von 68) der Patienten wurde links ein vergrößerter Pincer-Winkel diagnostiziert. Bei 15,8% (n=9 von 57) der Patienten lag links ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 17,9% (n=12 von 67) der Patienten lag links ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 12,5% (n=7 von 56) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 15 entnommen werden.

Tabelle 15: Verteilung des vergrößerten Pincer-Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	Pincer-Winkel vergrößert (n=15)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=9)	Pincer-Winkel und CE-Winkel coronal vergrößert (n=12)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=7)
2	0%	0%	0%	0%
3	6,7% (n=1)	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%
5	20,0% (n=3)	33,3% (n=3)	16,7% (n=2)	28,6% (n=2)
6	20,0% (n=3)	33,3% (n=3)	16,7% (n=2)	28,6% (n=2)
7	13,3% (n=2)	11,1% (n=1)	16,7% (n=2)	14,3% (n=1)
8	40,0% (n=6)	22,2% (n=2)	50,0% (n= 6)	28,6% (n=2)

Ein vergrößerter Pincer-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 9,0% (n=6 von 67) der Patienten vor, nämlich zu je 16,7% (n=1 von 6) in den Dekaden 3, 5 und 6 und zu 50,0% (n=3 von 6) in Dekade 8.

AV-Winkel

Bei 14,7% (n=10 von 68) der Patienten wurde rechts ein verkleinerter AV-Winkel diagnostiziert. Bei 1,8% (n=1 von 57) der Patienten lag rechts ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 1,5% (n=1 von 67) der Patienten lag rechts ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 1,7% (n=1 von 56) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter Pincer-Winkel wurde bei 4,4% (n=3 von 68) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout wurden nicht ermittelt. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung wurden ebenfalls nicht gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 16 entnommen werden.

Tabelle 16: Verteilung des verkleinerten AV-Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	AV-Winkel verkleinert (n=10)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=1)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel coronal vergrößert (n=1)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=1)	AV-Winkel verkleinert und Pincer-Winkel vergrößert (n=3)
2	20,0% (n=2)	0%	0%	0%	33,3% (n=1)
3	10,0% (n=1)	0%	0%	0%	33,3% (n=1)
4	20,0% (n=2)	0%	0%	0%	33,3% (n=1)
5	20,0% (n=2)	0%	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%	0%	0%
7	0%	0%	0%	0%	0%
8	30,0% (n=3)	100% (n=1)	100% (n=1)	100% (n=1)	0%

Bei 14,7% (n=10 von 68) der Patienten wurde links ein verkleinerter AV-Winkel diagnostiziert. Bei 5,3% (n=3 von 57) der Patienten lag links ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 4,5% (n=3 von 67) der Patienten lag links ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 3,6% (n=2 von 56) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter Pincer-Winkel wurde bei 2,9% (n=2 von 68) zu je 50,0% (n=1 von 2) in den Dekaden 5 und 6 gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 17 entnommen werden.

Tabelle 17: Verteilung des verkleinerten AV-Winkels und vergrößerten CE-Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	AV-Winkel verkleinert (n=10)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=3)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel coronal vergrößert (n=3)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=2)
2	10,0% (n=1)	0%	0%	0%
3	20,0% (n=2)	33,3% (n=1)	66,7% (n=2)	50,0% (n=1)
4	20,0% (n=2)	0%	0%	0%
5	20,0% (n=2)	33,3% (n=1)	0%	0%
6	10,0% (n=1)	33,3% (n=1)	33,3% (n= 1)	50,0% (n=1)
7	10,0% (n=1)	0%	0%	0%
8	10,0% (n=1)	0%	0%	0%

Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout wurde bei 3,5% (n=2 von 57) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung wurde bei 1,5% (n=1 von 67) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel, ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung wurde bei 1,8% (n=1 von 56) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 18 entnommen werden.

Tabelle 18: Verteilung des verkleinerten AV-Winkels und vergrößerten CE-Winkels und Pincer Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Frauen

Dekade	AV-Winkel verkleinert und Pincer-Winkel vergrößert (n=2)	AV-Winkel verkleinert, Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=2)	AV-Winkel verkleinert, Pincer-Winkel und CE-Winkel coronal vergrößert (n=1)	AV-Winkel verkleinert, Pincer-Winkel, CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=1)
2	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%
5	50,0% (n=1)	50,0% (n=1)	0%	0%
6	50,0% (n=1)	50,0%(n=1)	100% (n= 1)	100% (n=1)
7	0%	0%	0%	0%
8	0%	0%	0%	0%

Ein verkleinerter AV-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 7,5% (n=5 von 67) der Patienten vor, nämlich zu je 20,0% (n=1 von 5) in den Dekaden 2, 4 und 8 und zu 40,0% (n=2 von 5) in Dekade 5.

3.10.2.2 Männliche Patienten

Bei männlichen Patienten mit einem CE-Winkel $> 38^\circ$ im Scout und in coronaler Schichtung, einem Pincer-Winkel $> 189^\circ$ (vgl. 3.5.3 Die Definition des Normalbereichs) und/oder einem AV-Winkel $< 15^\circ$ ließ sich auf ein Pincer-Impingement schließen(=Pincer-positiv). Patienten, deren Messungen der genannten Parameter im Normalbereich lagen, wurden als CAM-negativ eingestuft.

CE-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 18,6% (n=13 von 70) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen, davon 15,4% (n=2 von 13) je in der 2., 6. und 8. Dekade, 7,6% (n=1 von 13) in der 4. Dekade, 23,1% (n=3 von 13) je in der 5. und 7. Dekade. Bei 46,2% (n=6 von 13) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 53,8% eine Coxa profunda.

Im linken Hüftgelenk wurde bei 23,9% (n=24 von 73) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen, davon jeweils 8,3% (n=2 von 24) in den Dekaden 2 und 3, 4,3% (n=1 von 24) in Dekade 4, 16,6% (n=4 von 24) in Dekade 5, 25% (n=6 von 24) in den Dekaden 6 und 7 und 12,5% (n=3 von 24) in Dekade 8. Bei 66,7% (n=16 von 24) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 33,3% eine Coxa profunda. Ein vergrößerter CE-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 13,0% (n=9 von 69) der Patienten vor, davon jeweils 11,1% (n=1 von 9) in den Dekaden 2 und 6, jeweils 22,2% (n=2 von 9) in den Dekaden 5 und 8 und 33,3% (n=3 von 9) in Dekade 7.

CE-Winkel in coronaler Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 29,3% (n=22 von 75) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen. Bei 54,5% (n=12 von 22) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 45,5% eine Coxa profunda. Bei 14,3% (n=10 von 70) lag im rechten Hüftgelenk ein vergrößerter CE-Winkel sowohl im Scout als auch in coronaler Schichtung vor. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 19 entnommen werden.

Tabelle 19: Verteilung des vergrößerten CE-Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	CE-Winkel coronal vergrößert (n=22)	CE-Winkel coronal und im Scout vergrößert (n=10)
2	4,5% (n=1)	10,0% (n=1)
3	4,5% (n=1)	0%
4	0%	0%
5	18,2%(n=4)	30,0% (n=3)
6	18,2%(n=4)	10,0% (n=1)
7	31,8% (n=7)	30,0% (n=3)
8	22,7% (n=5)	20,0% (n=2)

Im linken Hüftgelenk wurde bei 42,3% (n=33 von 78) ein vergrößerter CE-Winkel gemessen. Bei 42,4% (n=14 von 33) lag eine Protrusio acetabuli vor, bei 57,6% eine Coxa profunda. Bei 28,8% (n=21 von 73) der Patienten wurde ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung links diagnostiziert. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 20 entnommen werden.

Tabelle 20: Verteilung des vergrößerten CE-Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	CE-Winkel coronal vergrößert (n=33)	CE-Winkel coronal und im Scout vergrößert (n=21)
2	9,1% (n=3)	9,5% (n=2)
3	6,1% (n=2)	9,5% (n=2)
4	12,1% (n=4)	4,8% (n=1)
5	12,1% (n=4)	14,3% (n=3)
6	21,2% (n=7)	23,8% (n=5)
7	24,2% (n=8)	23,8% (n=5)
8	15,2% (n=5)	14,3% (n=3)

Ein vergrößerter CE-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk der coronalen Schichtmessung lag bei 20,5% (n=15 von 73) der Patienten vor, zu 6,7% (n=1 von 15) in Dekade 2, zu 13,3% (n=2 von 15) in Dekade 5 und zu je 26,7% (n=4 von 15) in den Dekaden 6, 7 und 8.

Pincer-Winkel

Bei 13,3% (n=10 von 75) der Patienten wurde rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel diagnostiziert. Bei 7,1% (n=5 von 70) der Patienten lag rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 8,0% (n=6 von 75) der Patienten lag rechts ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 7,1% (n=5 von 70) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 21 entnommen werden.

Tabelle 21: Verteilung des vergrößerten Pincer-Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	Pincer-Winkel vergrößert (n=10)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=5)	Pincer-Winkel und CE-Winkel coronal vergrößert (n=6)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=5)
2	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%
4	10,0% (n=1)	0%	0%	0%
5	20,0% (n=2)	0%	33,3% (n=2)	20,0% (n=1)
6	10,0% (n=1)	0%	16,7% (n= 1)	20,0% (n=1)
7	20,0% (n=2)	40,0% (n=2)	16,7% (n= 1)	20,0% (n=1)
8	40,0% (n=4)	60,0% (n=3)	33,3% (n=2)	40,0% (n=2)

Bei 15,4% (n=12 von 78) der Patienten wurde links ein vergrößerter Pincer-Winkel diagnostiziert. Bei 5,5% (n=4 von 73) der Patienten lag links ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 10,3% (n=8 von 78) der Patienten lag links ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 5,5% (n=4 von 73) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 22 entnommen werden.

Tabelle 22: Verteilung des vergrößerten Pincer-Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	Pincer-Winkel vergrößert (n=12)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=4)	Pincer-Winkel und CE-Winkel coronal vergrößert (n=8)	Pincer-Winkel und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=4)
2	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%
4	16,7% (n=2)	0%	12,5% (n=1)	0%
5	25,0% (n=3)	25,0% (n=1)	12,5% (n=1)	25,0% (n=1)
6	25,0% (n=3)	25,0% (n=1)	37,5% (n=3)	25,0% (n=1)
7	25,0% (n=3)	25,0% (n=1)	25,0% (n= 2)	25,0% (n=1)
8	8,3% (n=1)	25,0% (n=1)	12,5% (n=1)	25,0% (n=1)

Ein vergrößerter Pincer-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 6,8% (n=5 von 73) der Patienten vor, nämlich zu je 20,0% (n=1 von 5) in den Dekaden 4 bis 8.

AV-Winkel

Bei 32,0% (n=24 von 75) der Patienten wurde rechts ein verkleinerter AV-Winkel diagnostiziert. Bei 10,0% (n=7 von 70) der Patienten lag rechts ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 8,0% (n=6 von 75) der Patienten lag rechts ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 5,7% (n=4 von 70) gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter Pincer-Winkel wurde bei 4,0% (n=3 von 75) ermittelt. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout wurden nicht gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung wurden ebenfalls nicht gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 23 entnommen werden.

Tabelle 23: Verteilung des verkleinerten AV-Winkels und vergrößerten CE-Winkels und Pincer Winkels rechts in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	AV-Winkel verkleinert (n=24)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=7)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel coronal vergrößert (n=6)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=4)	AV-Winkel verkleinert und Pincer-Winkel vergrößert (n=3)
2	25,0% (n=6)	28,6% (n=2)	16,7% (n=1)	25,0% (n=1)	0%
3	16,7% (n=4)	0%	0%	0%	0%
4	12,5% (n=3)	14,3% (n=1)	0%	0%	33,3% (n=1)
5	8,3% (n=2)	14,3% (n=1)	16,7% (n=1)	25,0%(n=1)	0%
6	8,3% (n=2)	14,3% (n=1)	16,7% (n=1)	0%	0%
7	16,7% (n=4)	28,6% (n=2)	50% (n=3)	50,0% (n=2)	0%
8	12,5% (n=3)	0%	0%	0%	66,7% (n=2)

Bei 26,9% (n=21 von 78) der Patienten wurde links ein verkleinerter AV-Winkel diagnostiziert. Bei 12,3% (n=9 von 73) der Patienten lag links ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout vor. Bei 10,3% (n=8 von 78) der Patienten lag links ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 11,0% (n=8 von 73) ermittelt. Ein verkleinerter AV-Winkel und ein vergrößerter Pincer-Winkel wurde bei 1,3% (n=1 von 78) gemessen. Die Verteilung hinsichtlich des Alters kann Tabelle 24 entnommen werden. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel im Scout wurden nicht gemessen. Ein verkleinerter AV-Winkel, ein vergrößerter Pincer-Winkel und ein vergrößerter CE-Winkel in coronaler Schichtung wurden ebenfalls nicht gemessen.

Tabelle 24: Verteilung des verkleinerten AV-Winkels und vergrößerten CE-Winkels und Pincer Winkels links in Abhängigkeit vom Alter bei Männern

Dekade	AV-Winkel verkleinert (n=21)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout vergrößert (n=9)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel coronal vergrößert (n=8)	AV-Winkel verkleinert und CE-Winkel im Scout und coronal vergrößert (n=8)	AV-Winkel verkleinert und Pincer-Winkel vergrößert (n=1)
2	28,6% (n=6)	22,2% (n=2)	25,0% (n=2)	25% (n=2)	0%
3	23,8% (n=5)	11,1% (n=1)	12,5% (n=1)	12,5% (n=1)	0%
4	14,3% (n=3)	0%	0%	0%	100% (n=1)
5	4,8% (n=1)	11,1% (n=1)	12,5% (n=1)	12,5% (n=1)	0%
6	9,5% (n=2)	22,2% (n=2)	12,5% (n=1)	12,5% (n=1)	0%
7	14,3% (n=3)	22,2% (n=2)	25,0% (n=2)	25% (n=2)	0%
8	4,8% (n=1)	11,1% (n=1)	12,5% (n=1)	12,5% (n=1)	0%

Ein verkleinerter AV-Winkel im rechten und linken Hüftgelenk lag bei 16,3% (n=13 von 80) der Patienten vor, nämlich zu 30,8% (n=4 von 13) in Dekade 2, zu je 15,4% (n=2 von 13) in den Dekaden 3, 6 und 7 und zu je 7,7% (n=1 von 13) in den Dekaden 4, 5 und 8.

Fazit

Ein Vergleich der pathologischen Messwerte in den Dekaden zeigt eine kumulative Häufung in den höheren Altersgruppen. Zeichen eines Pincer-Impingements liegen häufiger einseitig als beidseitig vor. Ein Impingementzeichen in einer Hüfte findet sich häufiger als die Kombination zweier oder mehrerer Zeichen.

3.10.3 Die Hüftdysplasie

Die Hüftdysplasie wurde über den Femurkopffextrusionsindex und den CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung diagnostiziert.

3.10.3.1 Weibliche Patienten

Bei weiblichen Patienten mit einem CE-Winkel $< 20^\circ$ im Scout bzw. in coronaler Schichtung und/oder einem Femurkopffextrusionsindex $> 25\%$ ließ sich auf eine Hüftdysplasie schließen.

CE-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 5,3% (n=3 von 57) ein verkleinerter CE-Winkel gemessen, davon zu je 33,3% (n=1 von 3) in der 4., 5. und 6. Dekade.

Im linken Hüftgelenk wurde kein verkleinerter CE-Winkel gemessen.

CE-Winkel in coronaler Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 4,5% (n=3 von 67) ein verkleinerter CE-Winkel gemessen, davon zu je 33,3% (n=1 von 3) in der 4., 5. und 6. Dekade.

Bei 5,4% (n=3 von 56) lag im rechten Hüftgelenk ein verkleinerter CE-Winkel sowohl im Scout als auch in coronaler Schichtung vor, davon zu je 33,3% (n=1 von 3) in der 4., 5. und 6. Dekade. Im linken Hüftgelenk wurde kein verkleinerter CE-Winkel gemessen.

Femurkopfextrusionsindex

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 1,5% (n=1 von 67) in der 5. Dekade ein vergrößerter FEI gemessen.

Im linken Hüftgelenk wurde kein vergrößerter FEI gemessen.

Bei 1,8% (n=1 von 56) der Patienten lag rechts ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel im Scout vor, nämlich in der 5. Dekade

Bei 1,5% (n=1 von 67) der Patienten lag rechts ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor, nämlich in der 5. Dekade

Ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 1,5% (n=1 von 56) in der 5. Dekade gemessen.

3.10.3.2 Männliche Patienten

Bei männlichen Patienten mit einem CE-Winkel $< 20^\circ$ im Scout bzw. in coronaler Schichtung und/oder einem Femurkopfextrusionsindex $> 25\%$ ließ sich auf eine Hüftdysplasie schließen.

CE-Winkel im Scout

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 2,9% (n=2 von 70) ein verkleinerter CE-Winkel gemessen, davon zu je 50,0% (n=1 von 2) in der 2. und 4. Dekade.

Im linken Hüftgelenk wurde kein verkleinerter CE-Winkel gemessen.

CE-Winkel in coronaler Schichtung

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 2,7% (n=2 von 75) in der 2. Dekade ein verkleinerter CE-Winkel gemessen.

Bei 1,4% (n=1 von 70) lag im rechten Hüftgelenk in der 2. Dekade ein verkleinerter CE-Winkel sowohl im Scout als auch in coronaler Schichtung vor

Im linken Hüftgelenk wurde ein verkleinerter CE-Winkel bei 1,3% (n=1 von 79) in der 2. Dekade gemessen

Ein verkleinerter CE-Winkel in beiden Hüftgelenken lag nicht vor.

Femurkopfextrusionsindex

Im rechten Hüftgelenk wurde bei 1,5% (n=1 von 67) in der 5. Dekade ein vergrößerter FEI gemessen.

Im linken Hüftgelenk wurde kein vergrößerter FEI gemessen.

Bei 1,8% (n=1 von 56) der Patienten lag rechts ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel im Scout vor, nämlich in der 5. Dekade

Bei 1,5% (n=1 von 67) der Patienten lag rechts ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel in coronaler Schichtung vor, nämlich in der 5. Dekade

Ein vergrößerter FEI und ein verkleinerter CE-Winkel im Scout und in coronaler Schichtung wurde bei 1,5% (n=1 von 56) in der 5. Dekade gemessen.

4. Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse

Die vorliegende Studie wurde mit dem Ziel durchgeführt, einen Zusammenhang zwischen Coxarthrose und FAI zu untersuchen, einen neuen Winkel zur Bestimmung des Pincer-Impingements zu beschreiben und die Diagnostik des FAIs im CT und im konventionellen Röntgen zu vergleichen.

Mit der Studie „Das femoroazetabuläre Impingement als mögliche Ursache der Coxarthrose-eine epidemiologische Untersuchung mittels Computertomographie beim Erwachsenen“ wurde erstmals die Prävalenz des Cam-Impingements und des Pincer-Impingements in einer Kohorte mit großer Fallzahl und abhängig von Alter und Geschlecht eruiert. Zudem wurden die Probanden nicht hinsichtlich einer manifesten FAI-Pathologie selektiert. Die bisher veröffentlichten Studien, welche sich mit dem FAI als Auslöser der Coxarthrose beschäftigen, beschränken sich auf eine kleine Probandengruppe meist mit klinisch und/oder röntgenologisch manifestem FAI.

Bei den 149 untersuchten Probanden zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer Arthrose-Erkrankung, dem Alter und dem Vorliegen eines Pincer-Impingements. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Coxarthrose zu erkranken, steigt pro Jahr um 1,14%.

Der Pincer-Winkel wurde erstmals in dieser Arbeit beschrieben und erlaubt durch Einbeziehung sowohl des anterioren als auch des posterioren Azetabulumrandes eine graduelle Beurteilung der Überdachung des Hüftkopfszentrums. Der Winkel scheint für die Diagnostik des Pincer-Impingements sehr geeignet, da er signifikant und deutlich mit allen Messungen des etablierten und sehr häufig angewandten CE-Winkels korreliert, leicht zu konstruieren ist und im CT sich eindeutig projizierende Referenzpunkte aufweist.

Alle Messungen, welche im Scout und im CT beurteilbar sind, korrelieren deutlich und signifikant miteinander. Auch der Mittelwert der Winkelmessungen variiert im Scout und im CT kaum.

4.2 Diskussion der Methoden

4.2.1 Patientenkollektiv

In die vorliegende Studie wurde ein Kollektiv von 149 Probanden eingeschlossen. Der jüngste war zum Zeitpunkt der Befundung 21 Jahre alt, der älteste 88 Jahre. Es wurde also nur Patienten mit einbezogen, deren (Hüft-)Wachstum bereits abgeschlossen war. 46,3% der Patienten waren weiblich, 53,7% waren männlich. Dies entspricht in etwa der Geschlechterverteilung in Deutschland, welche das Statistische Bundesamt auf Grundlage des Zensus 2011 ermittelte⁸⁰. Die im Vergleich zu anderen FAI-Studien sehr hohe Fallzahl spricht für die Güte der vorliegenden Arbeit.

Es wurden nur Probanden mit kaukasischer Ethnie in die Untersuchungen mit eingeschlossen. Die Selektion geschah anhand des Vor- und Nachnamens. Dieser Modus Operandi war möglicherweise nicht in allen Fällen zuverlässig, es wurden eventuell auch Probanden anderer Ethnien mit eingeschlossen. Dies kann die Ergebnisse der Studie unter Umständen leicht verfälscht haben. Forschungen aus Japan⁷⁰ und den USA⁷¹ konnten nachweisen, dass Asiaten seltener röntgenologische Zeichen des FAIs zeigen. Es lagen abgesehen von einer röntgenologischen Manifestation keine Kenntnisse über Vorerkrankungen oder Hüftschäden der Patienten vor. Einige Erkrankungen wie Morbus Perthes oder Epiphysiolysis capitis femoris und in Fehlstellung verheilte Schenkelhalsfrakturen können ein sekundäres FAI hervorrufen³¹. Dies wurde in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt.

4.2.2 Computertomographie

Es wurden die CT-Bilder von Patienten, welche im Schockraum der Chirurgischen Klinik und Poliklinik / Innenstadt im Rahmen der Erstversorgung routinemäßig angefertigt wurden, herangezogen. So konnten Probanden ohne eine Selektion hinsichtlich einer Symptomatik oder Asymptomatik in die vorliegende Studie mit einbezogen werden, da die CT-Untersuchungen auch eine ausreichende Anzahl an Aufnahmen von gesunden Hüften ohne FAI-Pathologie zur Verfügung stellten. Eine Untersuchung der Normalverteilung der Winkel war nur durch dieses Vorgehen möglich.

Die Computertomographie stellt eine valide reproduzierbare⁸¹ und häufig genannte⁸²⁻⁸⁴ Methode zur Diagnostik des FAIs dar. Sie ist Goldstandard bei der Beurteilung von

knöchernen Strukturen²². Es wird davon ausgegangen, dass sich subtile knöcherne Deformitäten des FAIs nur in dreidimensionaler Bildgebung, also im CT oder MRT, ausreichend darstellen lassen⁸¹. Dudda konnte in einer retrospektiven Studie zeigen, dass ein asphärischer Hüftkopf im anterior-superiorem Bereich im konventionellen Röntgen nicht erkannt wurde, in dreidimensionaler Bildgebung jedoch schon⁸⁵. Zudem erlaubt nur ein transversales Schnittbildverfahren die exakte Beurteilung der Ante-/Retroversion des Hüftgelenkes²².

Wie von Rakhara⁸¹ gefordert, wurden alle CT-Bilder im Knochenfenster dargestellt, um ihre Beurteilung zu erleichtern.

Der CT-Scout wurde als Analogem zu der anterior-posterioren Beckenübersichtsaufnahme herangezogen. Dies ermöglichte einen Vergleich der Diagnostik des FAIs im konventionellen Röntgen und im CT. Ein ähnliches Vorgehen wurde bereits in einer früheren Studie von Jung et al gewählt⁸⁶. Dort wurden jedoch nur die CT-Scouts befunden, die CT-Schichtbilder nicht. Bei einigen Patienten war die Diagnostik im Scout durch Überlagerungen von Gliedmaßen (vor allem Hände), Schläuchen und technischen Geräten sowie Auslöschungsartefakte derselben erschwert, konnte jedoch durch die Regulierung der Graustufen und Veränderung des Kontrastes im Programm Syngo (Siemens AG) trotzdem durchgeführt werden.

In der vorliegenden Studie wurde sich ausschließlich auf die Diagnostik von knöchernen Deformationen des FAIs konzentriert, zur Beurteilung von Weichgewebsschäden, wie z.B. Labrum- und Knorpeldegenerationen würde sich das MRT anbieten, das CT ist dafür nicht geeignet^{81, 83}.

Das CT kann zur routinemäßigen Diagnostik des FAIs nicht empfohlen werden, da es mit einer hohen Strahlenbelastung einhergeht^{81, 83}.

4.2.3 Messungen

Es wurden zur Diagnostik des Cam-Impingements 2 Parameter (Alpha-Winkel und Head-to-Neck-Offset), zur Diagnostik des Pincer-Impingements 2 Winkel (CE-Winkel und Pincer-Winkel), zur Diagnostik der Pfannenversion ein Winkel (AV-Winkel) und zur Diagnostik der Dysplasie ein Parameter (FEI) erhoben.

4.2.3.1 Alpha-Winkel

Der Alpha-Winkel ist wohl der am häufigsten in der Literatur beschriebene Winkel zur Detektion eines Cam-Impingements^{87, 69, 88, 89-92}. Er wurde erstmals von Nötzli beschrieben⁷². Sowohl im CT^{84, 90, 93, 94} als auch im konventionellen Röntgen^{69, 68} fand er mehrfach Anwendung und ermöglicht die Bestimmung eines verminderten Kopf-Hals-Offsets und eines asphärischen Hüftkopfes^{72, 92}. Mehrere Studien konnten zeigen, dass ein vergrößerter Alpha-Winkel mit einem symptomatischen FAI assoziiert ist^{90, 95}.

Sutter et al.⁹⁶ gibt eine Sensitivität von 81% (Befunder 1) bzw. 90% (Befunder 2) und eine Spezifität von 65% (Befunder 1) bzw. 47% (Befunder 2) für die Unterscheidung von Gesunden und Symptomatischen mithilfe des Alpha-Winkels an.

Lohan et al.⁹⁷ beschäftigte sich in einer Forschungsarbeit mit der Präzision der Diagnostik des FAIs durch den Alpha-Winkel und konnte eine starke Varianz der Werte und keinen signifikanten Zusammenhang zwischen FAI und Alpha-Winkel nachweisen. Das Design der Studie mag eine Erklärung für diese dem aktuellen Forschungsstand konträren Ergebnisse sein. Der Alpha-Winkel wurde hier im MRT bei Patienten mit positivem Impingement-Test bestimmt, welche ein arthroskopisches Debridement oder eine offene Osteochondroplastik durchliefen. Die Operation wurde von einem Chirurgen durchgeführt. Diese Fokussierung limitiert die Auswahl des Patientenkollektivs deutlich. Anamnestisch kann allein über den Impingement-Test nicht auf ein Vorliegen eines FAIs geschlossen werden⁹⁸.

Nouh et al.⁹⁹ kommt zu einem ähnlichen Ergebnis wie Lohan. Er befundete MRT-Bilder von Patienten mit Hüftschmerz und konnte mit einer AUC von 0.606 der ROC-Kurve eine schlechte Voraussagekraft des Alpha-Winkels aufzeigen. Auch hier mag die begrenzte Auswahl der Patienten (eingeschlossen wurden 50 Hüften) und die sehr unspezifische Diagnostik „Hüftschmerz“⁹⁸ das Ergebnis erklären. Wright et al.¹⁰⁰ unterzogen der Fachliteratur hinsichtlich der röntgenologischen Diagnostik und Prognose des FAIs ein systematisches Review und konnten einen moderaten Zusammenhang zwischen vergrößertem Alpha-Winkel und der Entwicklung eines FAIs darstellen.

Die Konstruktion des Alpha-Winkels erfolgte gemäß einer Publikation von Kang et al.⁸⁴. Bei einigen Probanden war die Messung des Alpha-Winkels durch eine ungünstige Lagerung beim CT-Scan (Außenrotation, Adduktion im Hüftgelenk) erschwert. Am präzisesten kann der Alpha-Winkel im axialen Schnittbild bestimmt werden, wenn die Schichtführung paraaxial, parallel zum Schenkelhals ausgerichtet ist^{101, 81}. Dies war bei

einer Vielzahl der Probanden in der vorliegenden Arbeit nicht der Fall. Der Alpha-Winkel wurde bei diesen Fällen in zwei Schichtebenen konstruiert; der Mittelpunkt des Schenkelhalses in der Schicht, welche den Schenkelhals in seinem Mittelpunkt angeschnitten darstellt und den Hüftkopfmittelpunkt in der entsprechenden Ebene seines Mittelpunktes. Bei diesem Procedere besteht die Möglichkeit, dass ein vermindertes Kopf-Hals-Offset nicht exakt gemessen wird, da der ventrale, laterale Bereich, in welchen sich der knöcherne Bump am deutlichsten ausgeprägt projiziert, nicht erfasst wird.

Der Alpha-Winkel stellt eine etablierte Methode zur Detektion des Cam-Impingements dar. Dennoch existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Grenzwerten. 50° ^{72, 87}, 55° ⁸⁴, 60° ¹⁰¹ oder gar 68° bei Männern und nur 50° bei Frauen³³ werden in der Literatur genannt. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie ein datenbasierter Grenzwert bzw. Normalbereich definiert. Werte, welche über dem Normalbereich lagen, galten als pathologisch.

4.2.3.2 Head-to-Neck-Offset

Das Head-to-Neck-Offset wurde ebenfalls zur Diagnostik des Cam-Impingements herangezogen und beschreibt die Taillierung des Kopf-Hals-Übergangs als Distanzmessung. Eine Head-to-Neck-Offset-Ratio ist in der Literatur ebenfalls –jedoch weitaus seltener– beschrieben^{88, 102}. Hier wird die Kopf-Hals-Distanz in Verhältnis zum Femurkopf-Durchmesser gesetzt.

Das Offset wird sowohl im konventionellen Röntgen^{103, 29, 87, 69, 104} als auch im MRT³⁷ und im CT^{94, 84, 93} herangezogen.

Das Offset wurde gemäß Kang⁸⁴ gemessen. Es wurden dabei die gleichen Schichten im CT gewählt wie auch bei der Messung des Alpha-Winkels, denn auch hier sollen Femurkopf und Schenkelhals in ihrem Mittelpunkt vermessen werden.

Das Offset wurde in der Literatur mehrfach als Methode zur Diagnostik des Cam-Impingements beschrieben. Dennoch existieren unterschiedliche Grenzwerte. 9mm ⁸⁷ oder 8mm ⁸⁴ werden in der Literatur genannt. Aus diesem Grund wurde ein datenbasierter Grenzwert bzw. Normalbereich definiert

4.2.3.3 CE-Winkel

Der CE-Winkel wurde erstmals von Wiberg⁷³ beschrieben und ist ein Indikator für die Hüftüberdachung. Er ist einer der am häufigsten verwendeten Winkel zur Diagnostik des Pincer-Impingements^{69, 71, 87, 85, 105, 70, 106, 88, 37, 30} und kann auch eine Dysplasie detektieren^{107–109, 79, 82}. Sein Normbereich bewegt sich zwischen 20° und 38°, Werte kleiner 20° lassen auf eine Dysplasie schließen, Werte von 39° bis 43° auf eine Protrusio acetabuli und Werte größer 44° auf eine Coxa profunda^{84, 87, 71, 85, 105, 70, 106}. Lesquesne¹¹⁰ definiert eine Protrusio acetabuli über einen CE-Winkel >40°. Kutty et al.¹¹¹ gibt bei einem CE-Winkel $\geq 40^\circ$ eine Sensitivität von 84,2% und eine Spezifität von 100% zur Diagnostik des Pincer-Impingements an.

Eine Protrusio acetabuli definieren einige Publikationen auch als eine Projektion der medialen Begrenzung des Azetabulums >3 mm medial der Linea ilioischiadaica^{29, 112, 113}. Bei einer Coxa profunda überschreitet die mediale Begrenzung des Azetabulums die Linea ilioischiadaica^{29, 114, 115}. Neuere Erkenntnisse lassen jedoch den Schluss zu, dass eine Coxa profunda entsprechend der zuletzt genannten Definition nicht mit einer Über-Überdachung des Azetabulums und damit mit einem Pincer –Impingement assoziiert ist, sondern vielmehr einen häufigen, unspezifischen radiologischen Befund darstellt, welcher vor allem bei Frauen zu finden ist^{114–116}. Der CE-Winkel ist daher für die Diagnostik der Hüftüberdachung am besten geeignet¹¹¹.

4.2.3.4 Pincer-Winkel

Der Pincer-Winkel wurde erstmals in dieser Arbeit beschrieben. Aus diesem Grund wurde ein datenbasierter Normalbereich definiert. Er ist ein Indikator für das globale Pincer-Impingement. Seine Vorteile liegen in einer einfachen Konstruierbarkeit und in einer Erfassung nicht nur der ventralen (anterioren) sondern auch der dorsalen (posterioren) Überdachung des Hüftkopfes. Alle bisher beschriebenen Winkel und Parameter beschränken sich allein auf die Beurteilung des lateralen Azetabulumrandes^{69, 70} und/oder der Pfannenversion^{70, 29}. Dies mag darin begründet sein, dass sich viele Studien immer noch auf konventionelle Röntgenbilder zur FAI-Diagnostik stützen^{87, 69, 117, 118}. Dort ist eine suffiziente Darstellung in ventro-dorsaler Richtung nicht möglich. Nur axiale Schichtbilder erlauben eine sehr exakte Beurteilung der knöchernen

Begrenzungen des Azetabulums⁸¹. Die Anwendbarkeit des Pincer-Winkels beschränkt sich daher auf das CT und MRT in axialer Schichtung.

4.2.3.5 AV-Winkel

Der AV-Winkel ist ein Maß für die Version des Azetabulums und wurde gemäß Kang⁸⁴ konstruiert. Ein Messwert kleiner 15° ^{94, 84, 93} steht für eine Retroversion des Hüftgelenks. Dies bedeutet, dass die Öffnung des Azetabulums nach posterior gerichtet ist und anterior-superior eine Überüberdachung des Femurs mit lokalem Pincer-Impingement vorliegt⁸⁷

4.2.3.6 Femurkopffextrusionsindex

Der FEI ist ein Indikator für die Hüftkopfüberdachung^{119, 120} und ein Wert größer 25%^{87, 103, 121} impliziert die Diagnose Hüftdysplasie. Das bedeutet, dass ein Hüftgelenk dann als dysplastisch angesehen wird, wenn weniger als 3/4 des Femurs durch das Azetabulum gefasst wird.

Hüftdysplasie ist nachweislich mit der Entstehung von Hüftarthrose assoziiert¹²²⁻¹²⁵ und sollte daher von der FAI-induzierten Arthrose abgegrenzt werden. Aus diesem Grund wurde der FEI in die vorliegende Arbeit eingeschlossen. Es wurden jedoch auch Fälle einer kombinierten Pathologie beschrieben¹²⁶. Bei Patienten mit Hüftdysplasie, deren laterales Überdachungsdefizit nicht mit einem ventralen Defizit einhergeht, kann eine Retroversion zu einem ventralen Impingement führen⁴¹. Zahlen zur Prävalenz liegen nicht vor, es wird ein nicht-kausaler Zusammenhang vermutet⁹⁸.

Durch das Heranziehen von insgesamt 8 verschiedenen Winkeln bzw. Parameter zur Diagnostik des FAIs wird eine hohe Validität der Ergebnisse erwartet. Bisherige Studien beschränkten sich auf maximal vier bis fünf verschiedene Messungen^{68, 70, 91, 69}. Boone et al.¹¹⁶ betont, dass eine solch simple, einseitige Herangehensweise dem komplexen Mechanismus des FAIs nicht gerecht werde.

Dennoch können Beschränkungen in der Methodik der beschriebenen Messungen gesehen werden. Die Messungen wurden nur durch eine Person, nämlich den Autor der vorliegenden Studie durchgeführt. Interpretationsfehler können hier nicht restlos

ausgeschlossen werden¹²⁷. Messungen von mehreren unabhängig voneinander befundenen Personen und eine hohe Interrater-Reliabilität könnten die Aussagekraft der vorliegenden Studie deutlich verbessern. Die korrekten Referenzpunkte der einzelnen Messungen zu finden, war bei einigen wenigen Fällen schwierig²².

Abschließend muss noch hinzugefügt werden, dass einige Autoren die röntgenologische Diagnostik des Cam-Impingements kritisch beurteilen. Gemäß Ranawat³⁷ ist es unklar, welche FAI-Zeichen für die Diagnose hilfreich und klinisch relevant sind. Zudem korrelieren diese nicht mit der Klinik. Möglich ist, dass sich gewisse Morphologien gegenseitig kompensieren, andere jedoch verstärken²². Der knöcherne Bump des Schenkelhalsübergangs kann als Ursache oder als Folge eines chronischen Anschlages des Femurs verstanden werden⁹⁵. Dies würde bedeuten, dass vor allem bei jungen Patienten durchaus ein Impingement vorhanden sein kann, ein Bump mit einhergehendem erhöhten Alpha-Winkel und verringertem Head-to-Neck-Offset jedoch (noch) nicht nachweisbar ist.

Aufgrund der unklaren Röntgendiagnostik und der schlechten Korrelation von klinischen Beschwerden und Bildgebung wird in einigen Publikationen^{128, 129} die Gefahr einer „Überdiagnose“ und „Übertherapie“ von vermeintlich FAI-positiven Patienten diskutiert. Dies gilt es unbedingt zu vermeiden.

4.2.4 Arthrose-Scores

Zur Diagnostik der Coxarthrose wurden zwei etablierte Arthrose-Scores herangezogen: der Kellgren&Lawrence-Score^{130, 68} und der Tönnis-Score^{69, 131, 132, 91, 133, 134}.

Der Kellgren&Lawrence-Score verfügt über eine hohe Inter- und Intraobserverreliabilität^{135, 130, 136}, setzt jedoch das Vorhandensein von Osteophyten voraus^{137, 135}. Es wurde mehrfach kritisiert, dass die Bedeutung der Osteophyten für die Arthroseprogredienz im Verhältnis zur Bedeutung der Gelenkspaltverschmälerung in der Vergangenheit überschätzt wurde^{138, 139}. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit eine modifizierte Form des Kellgren&Lawrence-Scores herangezogen. Dieser findet auch in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation, Campus Großhadern bei der Diagnostik im Vorfeld von

Totalendoprothesen(TEP)-Erstimplantationen Anwendung und wurde vom Institut für Qualität & Patientensicherheit (BQS) entwickelt. Bludau et al.¹⁴⁰ überprüfte den modifizierten Kellgren&Lawrence-Scores hinsichtlich seiner diagnostischen Zuverlässigkeit vor TEP-Erstimplantationen und verglich ihn mit dem Oxford Hip Score. Beide Scores korrelieren signifikant miteinander. Der modifizierte Kellgren&Lawrence-Scores wird als stabil beurteilt.

Die Diagnose der Coxarthrose erfolgte durch zwei in muskuloskelettaler Befundung erfahrener Ärzte unabhängig voneinander und im verblindeten Vorgehen. Eine Interraterreliabilität von 93% spricht für eine sehr genaue und exakte Diagnostik.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Im logistischen Regressionsmodell ergab sich ein signifikantes Beta-Gewicht zwischen einer Arthrose-Erkrankung und dem Alter und aller Messungen des Pincer-Impingements. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Arthrose zu erkranken, steigt pro Jahr um 1,14%. Gemäß der modifizierten Einteilung nach Kellgren&Lawrence wurde bei 17,8% im rechten Hüftgelenk und bei 28,8% im linken Hüftgelenk eine Arthrose identifiziert.

Bei Messungen des Alpha-Winkels im Scout und in axialer Schichtung weisen Männer signifikant höhere Werte auf. Als Normalbereich des Alpha-Winkels wurden bei Frauen Werte $<55^\circ$ im Scout und $<54^\circ$ in axialer Schichtung und bei Männern Werte $<59^\circ$ im Scout und $<57^\circ$ in axialer Schichtung errechnet. Als Normalbereich des Head-to-Neck-Offsets wurden bei Frauen Werte $>7,0\text{mm}$ und bei Männern $>7,2\text{mm}$ errechnet.

Im Normalbereich beträgt der Mittelwert des Alpha-Winkels bei Frauen im Scout $43,0^\circ$ ($32,1^\circ$ - $54,1^\circ$) und in axialer Schichtung $44,3^\circ$ ($31,7^\circ$ - $54,0^\circ$) und bei Männern im Scout $47,5^\circ$ ($34,5^\circ$ - $57,9^\circ$) und in axialer Schichtung $45,9^\circ$ ($31,0^\circ$ - $56,0^\circ$).

Bei 7,1% der weiblichen Probanden und 17,0% der männlichen Probanden wurde mindestens ein CAM- Impingementzeichen in einem Hüftgelenk nachgewiesen.

Bei 56,2% der weiblichen und 52,3% männlichen Probanden wurde mindestens ein Pincer- Impingementzeichen in einem Hüftgelenk nachgewiesen. Bei allen Messungen des Pincer-Impingements nehmen die Werte im Alter signifikant zu. Als Normalbereich

des Pincer-Winkels wurden bei Frauen Werte $<186^\circ$ und bei Männern Werte $<189^\circ$ errechnet.

Messungen des Alpha-Winkels im Scout und in axialer Schichtung korrelieren signifikant, ebenso wie Messungen des CE-Winkels im Scout und in coronaler Schichtung.

4.3.1 Hüftarthrose

In der vorliegenden Studie steigt die Prävalenz der röntgenologisch manifesten Hüftarthrose mit zunehmendem Alter der Probanden an. Dies entspricht dem aktuellen Stand der Wissenschaft⁵. Die Hüftarthrose ist eine Alterserkrankung^{141, 142}.

Eine Reihe von Studien beschäftigt sich mit der Prävalenz der röntgenologisch definierten Hüftarthrose. Ingvarsson et al¹⁴³ wertete die Röntgenbilder von 1530 Isländern aus und fand bei 12% der Männer und 10% der Frauen ab 35 Jahren eine Coxarthrose. Eine niederländische Studie⁵ mit einem Patientengut von 6585 Patienten zeigte die geschlechts- und altersabhängige Varianz der Prävalenz auf. Während nur 2,6% der Frauen und 5,9% der Männer zwischen 55 und 59 betroffen waren, fand sich bei 14,8% der Frauen und 10,2% der Männer von 75 bis 79 eine Hüftarthrose im Röntgen. Jorring et al. aus Dänemark¹⁴⁴ bewertete die Röntgenbilder von 6321 Patienten und konnte bei 3,7% der Männer und 5,6% der Frauen ab 60 Hüftarthrose nachweisen.

Wir diagnostizierten bei 19,3% aller Patienten (22,0% der Frauen und 16,3% der Männer) eine Hüftarthrose. Die Werte liegen damit deutlich über den oben genannten. Auch innerhalb der Literatur variiert die Prävalenz sehr stark und erschwert so eine Vergleichbarkeit der Werte¹⁴⁵. Der Grund dafür mag im divergierenden Design der Studien liegen^{146, 143}. Unterschiedliche Altersgruppen mit abweichenden Arthrose-Kriterien wurden herangezogen. Van Saase verwendete den Kellgren&Lawrence-Score⁵, Ingvarsson maß die Gelenkspaltbreite¹⁴³.

Frauen sind im mittleren bis hohen Alter häufiger von Hüftarthrose betroffen. Gemäß Imhof et al. zeigt sich unter 50 Jahren eine höhere Arthroseprävalenz bei Männern, über 50 Jahren kehrt sich die Geschlechtsprävalenz um¹⁴¹. Jorring et al.¹⁴⁴ fand bei Frauen über 60 zweimal häufiger röntgenologische Arthrosezeichen als bei Männern. Dies entspricht

den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Auch hier war die weibliche Probandengruppe über 50 häufiger von Arthrose betroffen.

4.3.2 Alpha-Winkel

Für den Alpha-Winkel wurde in der Literatur eine Vielzahl an unterschiedlichen pathologischen Grenzwerten definiert. Einige Autoren^{87, 69, 88, 89, 72, 147} bewerten einen Winkel $>50^\circ$ als erhöht. 55° ^{84, 93, 94, 101, 148} oder auch 60° ^{68, 70} werden als Grenze genannt. Gemäß Gosvig et al.¹⁴⁹ gelten Werte $\leq 68^\circ$ bei Männern und Werte $\leq 50^\circ$ bei Frauen im a.-p.- Röntgen als normal. Diese Geschlechtsunterscheidung scheint sinnvoll, da Männer signifikant höhere Alpha-Winkel aufweisen als Frauen⁸⁶. Die unterschiedlichen Werte mögen darin begründet sein, dass über die Genauigkeit des Alpha-Winkels zur Detektion des FAIs noch immer kontrovers diskutiert wird⁹⁶. Zudem konnte eine Studie von Hack et al.⁸⁹ aufzeigen, dass die Größe des Alpha-Winkels signifikant von der Position seiner Messung abhängt. Der Winkel war bei einer Messung im antero-superioren Bereich am größten. Konan et al. betont daher die Notwendigkeit einer exakten Schichtauswahl in der dreidimensionalen Bildgebung¹⁵⁰. Wir errechneten auf Basis unserer Erhebungen einen Normalbereich des Alpha-Winkels für Männer und Frauen. Mit 55° bzw. 54° bei den weiblichen Patienten und 59° bzw. 57° bei den männlichen Patienten entsprechen die Ergebnisse in etwa der Literatur^{86, 84, 93, 94, 68, 70}. Auch die Durchschnittswerte des Alpha-Winkels in der gesamten Kohorte stimmen mit denen von Kang⁸⁴ und Ergen⁹⁴ überein.

Zudem wurden die Mittelwerte des Alpha-Winkels in der gesunden (Cam-negativen) Patientengruppe bestimmt, hier besteht ebenfalls kein Konsens in der Literatur über genaue Werte des Winkels⁸⁸. Ng et al.³⁵ ermittelte in einer Kohorte (n=14) klinisch und röntgenologisch nachweisbar gesunder Männer den Mittelwert des Alpha-Winkels in CT-Bildern axialer Schichtung. Mit durchschnittlich 43° liegt der Wert leicht unter dem der vorliegenden Studie. Eine Fallzahl von 14 Probanden schränkt die Aussagekraft der Untersuchung von Ng et al. ein, Rückschlüsse auf die Gesamtbevölkerung sind hier nicht möglich.

Jung et al.⁸⁶ vermaß 419 klinisch gesunde Patienten. Der durchschnittliche Alpha-Winkel betrug bei Männern $59,12^\circ$ und bei Frauen $45,47^\circ$. 71,16% der männlichen Hüften und 88,33% der weiblichen Hüften wurden als gesund eingestuft, die übrigen zeigten

röntgenologisch eine Cam-Morphologie. Dies erklärt die im Vergleich zu der vorliegenden Studie erhöhten Durchschnittswerte.

Unklar bleibt, ob der Alpha-Winkel tatsächlich ein probates Instrument zur Diagnostik eines FAIs darstellt. Heil¹⁵¹ empfiehlt, den Alpha-Winkel nicht als alleiniges Kriterium heranzuziehen, da erhöhte Werte unter Umständen als normal bewertet werden müssen. Möglich ist auch, dass die Erfahrung des Behandlers in der röntgenologischen Diagnostik des Alpha-Winkels eine gewisse Rolle spielt¹⁰¹. Hier gilt es, weitere wissenschaftliche Studien, welche die Interrater-Varianz berücksichtigen und prospektiv über einen Zeitraum von mehreren Jahren angelegt sind, durchzuführen, um die Diagnostik des FAIs weiter zu verbessern.

4.3.3 Cam-Impingement

In der Literatur erfolgt die Definition des Cam-Impingements zumeist über röntgenologische Parameter^{84, 86, 149}. Es besteht jedoch kein Konsens darüber, welche röntgenologischen Kriterien genau zu einer Diagnose des Cam-Impingements herangezogen werden können¹⁵². Hack et al.⁸⁹ nennt in ihrer Studie die Prävalenz von mindestens einer Cam- Morphologie als entscheidend. Ranawat et al.³⁷ führt sowohl röntgenologische als auch klinische Kriterien zur Definition an. Hier wurden Patienten mit klinischen Symptomen (Hüftschmerz), einem positiven Impingementtest, einer Innenrotation von weniger als 10° und röntgenologischen Impingement-Zeichen als Cam-positiv bewertet. Es gilt zu beachten, dass der Impingement-Test allein kein valides Diagnoseinstrument darstellt^{153, 154}, röntgenologische Befunde zur Bestätigung des Befundes „FAI“ werden immer benötigt¹⁰⁶. In der vorliegenden Studie wurde wie auch bei Hack et al.⁸⁹ beim Vorliegen eines röntgenologischen Parameters jenseits des Normalbereichs das Hüftgelenk als „Cam-positiv“ beurteilt.

Daten zur Prävalenz des Cam-Impingements in der Gesamtbevölkerung sind rar. Gosvig et al.³³ befundete die Röntgenbilder von 3202 Patienten und fand bei 17% der Männer und 4% der Frauen ein Cam-Impingement. Ganz et al.⁴² nennt eine Prävalenz von 15%, Hack et al.⁸⁹ kommt zu einem ähnlichen Ergebnis (14%). Jung et al.⁸⁶ bestimmte in einer Kohorte von 419 Probanden den Alpha-Winkel und diagnostizierte diesen bei 14% der Männer und 5,6% der Frauen als erhöht. Eine walisische Studie von Chakraverty et al.⁹³ konnte in den CT-Bildern von jungen (20-40 Jahre), symptomlosen Patienten bei 60% der männlichen Hüften und 35% der weiblichen Hüften mindestens ein Impingement-

Zeichen nachweisen. Mindestens zwei Zeichen fanden sich bei 26,7% der Männer und 10% der Frauen. Leunig et al¹⁵⁵ fand bei jungen Frauen aus der Schweiz mit einem Durchschnittsalter von 19,3 Jahren eine Prävalenz von 0%.

In der vorliegenden Arbeit wurde bei 17% der männlichen Hüften und 7,1% der weiblichen Hüften mindestens ein Impingement-Zeichen gefunden. Die Werte entsprechen damit annähernd denen von Ganz et al., Jung et al. und Hack et al. In unserem männlichen Patientenkollektiv von 20 bis 39 findet sich bei 24,4% (11 von 47 Hüften) mindestens ein Cam-Impingementzeichen und in der weiblichen Kohorte bei 8,6% (3 von 35 Hüften). Die Werte liegen damit deutlich niedriger als in der Studie von Chakraverty et al. Eine Erklärung mag die abweichende Definition des Cam-Impingements sein. Wir unterschieden in unseren Messungen zwischen Frauen und Männern und wandten zum Teil höhere Alpha-Winkel (59° bzw. 57° bei Männern und 55° bzw. 54° bei Frauen versus 55° bei Chakraverty et al.) und ein niedrigeres Head-to-Neck-Offset (7,0mm bei Frauen und 7,2mm bei Männern versus 8mm bei Chakraverty et al.) an. Die Messungen der Winkel wurden durch eine Person, nämlich durch den Autor dieser Arbeit erhoben. Trotz größter Sorgfalt und Objektivität bei der Durchführung kann eine gewisse Subjektivität in der Befundung nicht ausgeschlossen werden. Um die Validität der Ergebnisse zu überprüfen, würde sich ein Retest¹⁵⁶ mit mehreren Ratern anbieten. Durch Mittelung der Werte könnte eine starke Streuung vermieden werden. Eine hohe Interrater-Reliabilität würde dann für eine hohe Objektivität der Ergebnisse sprechen. Es gilt, auch die Intrarater-Reliabilität¹⁵⁶ zu beachten. Ein gewisser Lerneffekt im Verlauf der Messungen wäre möglich und trägt möglicherweise zu den von der Literatur abweichenden Ergebnissen bei. Durch ein erneutes, identisches Durchführen der Messungen könnte dies überprüft werden.

Die Prävalenz des Cam-Impingement ist abhängig vom Geschlecht, es findet sich signifikant häufiger bei Männern^{84, 33, 89}. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen dies.

Das Cam-Impingement wurde vielfach als Auslöser der Hüftarthrose beschrieben^{157, 83, 31, 32, 106, 87}. Wir konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen einer Cam-Morphologie und einer Coxarthrose nachweisen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass ein Teil der Hüften mit CAM-Pathologie nicht als solche erkannt wurden, da subtile anatomische Veränderungen nicht immer radiologisch nachweisbar sind⁸³. Leunig et al³² bestätigt dies. Er beurteilt die Intensität der Nutzung des Gelenkes als entscheidend, da

kleinste Abweichungen der Morphologie Bewegungen einschränken und zu FAI führen können³². Dies erklärt auch die hohe Prävalenz des FAIs bei Profi-Sportlern in High-Impact-Sportarten, welche an Hüftschmerz leiden¹⁵⁸. Chaudhry¹⁵⁹ nennt intrinsische und extrinsische Faktoren (wiederholte Hüftbewegungen, Hüfterkrankungen und Hüftoperationen) als entscheidend.

Hartofilakidis et al.¹²⁹ bestätigt unsere Ergebnisse. Ein erheblicher Teil der Patienten mit FAI entwickelte in dieser Studie über einen Zeitraum von 18 Jahren keine Hüftarthrose. Untersucht wurden 97 Hüften von Patienten im Alter von 16 bis 65, es wurden jedoch nur FAI-positive Probanden eingeschlossen. Eine Untersuchung von Patienten ohne röntgenologische Impingementzeichen, wie in der vorliegenden Studie, erfolgte nicht. Patienten über 60 Jahre ohne klinische Beschwerden und ohne Zeichen einer Hüftarthrose hatten in einer Studie von Omoumi et al.¹⁶⁰ trotzdem eine hohe Prävalenz an röntgenologisch nachweisbarem FAI. Hier wurden CT-Bilder von Patienten über 60 Jahren (n=75 Hüften) und von Patienten unter 40 Jahren (n=75 Hüften) durch verschiedene Winkel und Parameter vermessen und befundet. Alle Patienten hatten keine Hüftarthrose. Die Prävalenz von Cam- und Pincer-Morphologien war in beiden Gruppen gleich und hoch, bis zu 63% waren Cam-positiv, bis zu 50% waren Pincer-positiv. Folgende Hypothese kann daraus abgeleitet werden: Wenn FAI Coxarthrose auslösen würde, hätten die über 60-jährigen Patienten mit einer FAI-Morphologie bereits Zeichen einer Arthrose entwickelt und wären aus der Studie ausgeschlossen worden. Die Prävalenz der Cam-positiven und Pincer-positiven Hüften müsste dann in der Gruppe der Über-60-Jährigen signifikant geringer sein als in der Gruppe der Unter-40-Jährigen. Daraus lässt sich also schließen, dass das Vorhandensein einer FAI-Morphologie nicht zwingend Arthrose hervorruft bzw. FAI nicht als alleiniger Auslöser angesehen werden kann.

4.3.4 Pincer-Impingement

Das Pincer-Impingement gilt ebenfalls als Auslöser der Hüftarthrose^{106, 87, 88, 43, 161, 162}. Gosvig et al.¹⁶³ konnte ausgehend von Daten der „Copenhagen Osteoarthritis Study“ Röntgenbilder von 3620 Patienten (1332 Männer und 2288 Frauen) auswerten und eine Beziehung zwischen vertieftem Azetabulum und Coxarthrose nachweisen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer azetabulären Retroversion und einer Coxarthrose wurde mehrfach beschrieben^{164, 165}. Tannast et al.¹⁰³ konnte aufzeigen, dass

Patienten mit Pincer-Impingement der Morphologie entsprechende Schädigungsmuster zirkumferenziell an Knorpel und Labrum aufweisen. Diese waren sowohl in situ an der operativ dislozierten Hüfte als auch in einer 3-D-Rekonstruktion von CT-Bildern sichtbar. Beck et al.²⁹ kommt in seiner Studie zu einer identischen Schlussfolgerung. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen den aktuellen Stand der Wissenschaft unter Vorbehalt, Probanden mit Coxarthrose haben deutlich erhöhte Werte in den Messungen des Pincer-FAIs. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass ein falsch positiver Zusammenhang zwischen den Messungen des Pincer-Impingements und einer Hüftarthrose vorliegt. Im arthrotischen Gelenk finden zahlreiche krankheitsbedingte Umbauprozesse statt, es kommt unter Anderem zur Bildung von Osteophyten. Diese finden sich vor allem latero-cranial und medio-caudal am Azetabulum¹⁶⁶ und lassen sich im coronalen CT darstellen. Durch das Mitmessen der Osteophyten bei der Bestimmung des CE-Winkels wurde so unter Umständen ein vergrößerter, also pathologischer Winkel in arthrotischen Hüftgelenken ermittelt, ohne dass ein Pincer-FAI tatsächlich vorliegt. Es war möglicherweise nicht immer möglich, sicher zwischen Osteophyten und gesundem Pfannenrand zu unterscheiden.

Studien zur Prävalenz des Pincer-FAIs finden sich kaum. Chakraverty et al.⁹³ fand bei 42,5% der Frauen und 26,7% der Männer mindestens ein Pincer-typisches Charakteristikum. Unsere Werte liegen deutlich höher. Dies ist nicht verwunderlich in Anbetracht der Tatsache, dass Chakraverty eine jüngere Kohorte für seine Studie wählte und die Messwerte des Pincer-FAIs im Alter zunehmen. Leunig et al.¹⁵⁵ fand in einer Gruppe junger Frauen bei 10% ein vertieftes Azetabulum und Pollard et al.³⁹ nennt eine Prävalenz von 15%. Omoumi et al.¹⁶⁰ gibt für seine gesamte Studienkohorte (Gruppe I: n=75 Hüften, <40 Jahre; Gruppe II: n=75 Hüften, >60 Jahre) eine Prävalenz von 50% bei mindestens einem Pincer-Zeichen an. Dieser Wert korrespondiert fast exakt mit dem Ergebnis der vorliegenden Studie. Allerdings hatte Omoumi et al. im Gegensatz zu dieser Arbeit alle Patienten mit Zeichen einer Coxarthrose ausgeschlossen. Ihre Prävalenz müsste demnach unter unseren Werten liegen. Eine detaillierte Darstellung der Prävalenz in Abhängigkeit vom Alter, ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit, findet sich bisher noch nicht in der Literatur.

Das Pincer-Impingement findet sich vermehrt bei Frauen^{155, 42}. Unsere Ergebnisse bestätigen dies, alle Messungen dieser FAI-Form sind bei Frauen signifikant höher.

4.3.5 Vergleich von Scout und CT

Ein Vergleich der Messungen im CT und im Scout (als Analogem zur Beckenübersichtsaufnahme) wurde in diese Arbeit aufgenommen, da aktuelle Studien⁸⁵ zeigen konnten, dass ein Cam-FAI im konventionellen Röntgenbild unter Umständen übersehen wird^{81, 101}. Dies geschieht vor allem dann, wenn die Asphärizität des Femurs anteriolateral liegt⁸⁵. Konan¹⁵⁰ konnte aufzeigen, dass die Größe des Alpha-Winkels je nach Wahl der Projektion im konventionellen Röntgen im Vergleich zum CT variiert.

In allen unseren Messungen korrelieren CT und Scout signifikant miteinander. Es kann daraus geschlossen werden, dass beide bildgebenden Verfahren geeignet sind und ihre Relevanz in der Klinik haben. Cadet et al.¹⁶⁷ verglich die Diagnostik von FAI-Parametern im 3-dimensionalen CT und in der konventionellen Beckenübersicht und kam zu einem ähnlichen Ergebnis, die Interobserver-Reliabilität der Messungen war im CT kaum besser als im Röntgenbild.

Dennoch ist hinsichtlich der Korrelation verwunderlich, dass im Scout, welcher der a.p.-Aufnahme entspricht, ein Cam-Impingement genauso gut zu erkennen ist wie im axialen CT. In der Klinik findet vor allem die laterale Cross-Table-Aufnahme zur Beurteilung des Femurkopf-Schaft-Übergangs Verwendung, da diese der a.p.-Aufnahme klar überlegen ist¹¹⁹.

4.4 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie ermöglichte erstmals eine Beurteilung der Prävalenz des Cam- und Pincer-Impingements in der Gesamtbevölkerung unter Einbezug einer großen Fallzahl und ohne Vorselektion hinsichtlich einer klinischen FAI-Symptomatik, einer FAI-Morphologie oder einer Hüftarthroseerkrankung. Es wurden Erwachsene aller Altersstufen und beider Geschlechter paritätisch mit einbezogen. Der Zusammenhang zwischen FAI und Hüftarthrose konnte nur beim Cam-Impingement nicht ausreichend dargestellt werden. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Annahme früherer Publikationen, dass sich Cam- und Pincer-Morphologien geschlechtsabhängig manifestieren und häufig in einer gesunden Population zu finden sind. Doch obwohl seit der Erstbeschreibung des FAIs vor über 10 Jahren eine Vielzahl an Studien in diesem Bereich durchgeführt wurde, bleiben zahlreiche Fragen ungeklärt und erfordern weitere wissenschaftliche Bemühungen. Der Kenntnisstand bezüglich Ursachen, Pathogenese

und Behandlungsmethoden ist gering¹⁶⁸. In der letzten Zeit wurden einige Arbeiten zum chirurgischen Vorgehen bei FAI und seinem Outcome veröffentlicht¹⁶⁹⁻¹⁷¹. Zwei Verfahren haben sich etabliert, die chirurgische Hüftluxation²⁰ und die Hüftarthroskopie^{54, 158, 172}. Kurz- bis mittelfristig scheinen die Ergebnisse gut zu sein. Hier gilt es jedoch, die Langzeitergebnisse abzuwarten. Ein Fokus in der Erforschung des FAIs muss auf den Bereich der Früherkennung gelegt werden¹⁶⁸, um die Entstehung eines Impingements, wenn möglich, zu verhindern. Erste interessante Ergebnisse lieferte bereits Siebenrock et al.¹⁴⁸. Er konnte aufzeigen, dass eine intensive sportliche Betätigung in Kindheit und Jugend das Risiko eines Cam-FAIs deutlich erhöht. Ng und Ellis¹⁷³ vermuten, dass eine Cam-Morphologie als natürliche Anpassung der jugendlichen Hüfte an sportliche Betätigung gesehen werden kann¹⁷³. Cam- und Pincer-Morphologien wurden bereits im Alter von 10 bzw. 12 Jahren nachgewiesen¹⁷⁴. Diese Erkenntnisse gilt es, in wissenschaftlichen Arbeiten weiterzuführen.

5. Zusammenfassung

Die Coxarthrose ist eine primär nicht-entzündliche, degenerative Erkrankung des Hüftgelenks. Bezüglich ihrer Pathogenese kann zwischen idiopathischer (primärer) und sekundärer Hüftarthrose unterschieden werden. Während bei erstgenannter Form das Gelenk primär strukturell gesund und funktionell ist, können bei zweitgenannter verschiedene Auslöser identifiziert werden. Die Entstehung der idiopathischen Coxarthrose ist bis heute noch unklar und Gegenstand umfangreicher Forschungen. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse lassen den Schluss zu, dass mechanische Schädigungen von Labrum und Hüftknorpel, femoroazetabuläres Impingement (FAI) genannt, zu dem Krankheitsbild Hüftarthrose führen können. Charakteristisch sind morphologische Deformitäten der Hüfte, welche bei Gelenkbewegungen zum Anschlagen bzw. Einpressen des proximalen Femurs gegen das Azetabulum führen. Unterschieden werden 2 Formen, Cam-Impingement und Pincer-Impingement. Das Cam-Impingement ist femoral induziert, ein asphärischer Hüftkopf bewirkt bei Innenrotations – und Flexionsbewegungen ein Einpressen des Hüftkopfes in die Pfanne. Beim Pincer-Impingement geht die Pathologie vom Azetabulum aus, es findet sich eine „Über-Überdachung“ des Hüftkopfes durch die Hüftpfanne.

Ziel der vorliegenden Studie war es, einen Zusammenhang zwischen röntgenologisch manifester Coxarthrose und femoroazetabulärem Impingement zu untersuchen. Unklar ist, ob das FAI oder eine seiner beiden Formen tatsächlich als präarthrotische Deformität ursächlich für das Krankheitsbild der Coxarthrose ist. Die Prävalenz in der Gesamtbevölkerung ist bisher nicht bekannt, denn Daten zur Normalverteilung fehlen. Ein Vergleich von Messungen im Scout und im CT wurde durchgeführt. Für 3 Parameter, deren pathologische Grenzwerte in der Literatur unterschiedlich definiert werden, wurden Normalwerte errechnet.

Um dies zu erreichen, wurden retrospektiv CT-Bilder von 149 Schockraumpatienten befundet. Es erfolgte ausschließlich eine röntgenologische Beurteilung der Patienten. Zur Diagnostik des FAI wurden 4 Winkel, eine Längenmessung und ein Index herangezogen, der Alpha-Winkel (im Scout und in axialer Schichtung) und das Head-to-Neck-Offset für das Cam-Impingement, der CE-Winkel (im Scout und in coronaler Schichtung) und der Pincer-Winkel für das Pincer-Impingement, der AV-Winkel für die Retroversion und der Femurkopfextrusionsindex (FEI) für die Dysplasie. Zur Stadieneinteilung der Arthroseerkrankungen wurden die Scores nach KELLGREN&LAWRENCE in modifizierter Form sowie nach TÖNNIS verwendet.

Im logistischen Regressionsmodell konnte nur ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines Pincer-Impingements und einer Arthrose-Erkrankung dargestellt werden, eine Signifikanz zwischen Cam-FAI und Coxarthrose war nicht evident. Bei der modifizierten Einteilung nach Kellgren & Lawrence wurde bei 17,8% (n=27) im rechten Hüftgelenk, bei 28,8% (n=28) im linken Hüftgelenk eine Arthrose identifiziert. Gemäß der Klassifikation nach Tönnis lagen bei der Diagnoseerhebung im rechten Hüftgelenk bei 28,9% (n=43) der Fälle Grad 1, bei 22,8% (n= 34) Grad 2 und bei 2,0% (n= 3) Grad 3 vor, im linken Hüftgelenk bei 26,2% (n=39) der Fälle Grad 1, bei 24,2% (n= 36) Grad 2 und bei 3,4% (n= 5) Grad 3 vor.

Messungen des Alpha-Winkels und des CE-Winkels korrelieren signifikant ($p < .05$) im Scout und im CT. Als Normalbereich des Alpha-Winkels wurde bei Frauen Werte $< 55^\circ$ im Scout und $< 54^\circ$ in axialer Schichtung und bei Männern Werte $< 59^\circ$ im Scout und $< 57^\circ$ in axialer Schichtung errechnet. Als Normalbereich des Head-to-Neck-Offsets wurde bei Frauen Werte $> 7,0\text{mm}$ und bei Männern $> 7,2\text{mm}$ errechnet. Als Normalbereich des Pincer-Winkels wurde bei Frauen Werte $< 186^\circ$ und bei Männern Werte $< 189^\circ$ errechnet. Bei 7,1% der weiblichen Probanden und 14% der männlichen Probanden wurde mindestens ein CAM- Impingementzeichen in einem Hüftgelenk nachgewiesen. Bei 56,2% der weiblichen und 52,3% der männlichen Probanden wurde mindestens ein Pincer- Impingementzeichen in einem Hüftgelenk nachgewiesen.

Die vorliegende Studie ermöglichte erstmals eine Beurteilung der Prävalenz des Cam- und Pincer-Impingements in der Gesamtbevölkerung unter Einbezug einer großen Fallzahl und ohne Vorselektion hinsichtlich einer klinischen FAI-Symptomatik, einer FAI-Morphologie oder einer Hüftarthroseerkrankung. Es wurden Erwachsene aller Altersstufen und beide Geschlechter paritätisch mit einbezogen. Der Zusammenhang zwischen Pincer-FAI und Hüftarthrose konnte dargestellt werden, ein Zusammenhang zwischen Cam-Impingement und Hüftarthrose zeigte sich nicht. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Annahme früherer Publikationen, dass sich Cam- und Pincer-Morphologien geschlechtsabhängig manifestieren und häufig in einer gesunden Population zu finden sind. CT und konventionelles Röntgen sind gleichermaßen zur FAI-Diagnostik geeignet. Der Pincer-Winkel zur Bestimmung des Pincer-Impingements wurde erstmals beschrieben.

6. Literaturverzeichnis

1. Manchester Hip Arthroscopy. 2010. <http://www.manchesterhiparthroscopy.co.uk/hip-conditions/hip-impingement>.
2. Genth E. Qualitätssicherung in der Rheumatologie. 2007. 2nd ed. Darmstadt: Steinkopff.
3. Lüring C. TMGJ. Degenerative Gelenkerkrankungen. 2011. In: Grifka J, Kuster M, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie. Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, p 281–297.
4. Thielemann F. GK. Beckenring und Hüftgelenk. Erkrankungen. 2007. In: Scharf HP, editor. Orthopädie und Unfallchirurgie. Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung, 2nd ed. München: Elsevier, Urban & Fischer.
5. van Saase JL, van Romunde LK, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. 1989. *Ann. Rheum. Dis.* 48: 271–280.
6. Cooke TD. Immune pathology in polyarticular osteoarthritis. 1986. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 41–49.
7. Ingvarsson T, Stefánsson SE, Gulcher JR, Jónsson HH, Jónsson H, Frigge ML, Pálsdóttir E, Olafsdóttir G, Jónsdóttir T, Walters GB, Lohmander LS, Stefánsson K. A large Icelandic family with early osteoarthritis of the hip associated with a susceptibility locus on chromosome 16p. 2001. *Arthritis Rheum.* 44: 2548–2555.
8. Treadwell BV, Mankin HJ. The synthetic processes of articular cartilage. 1986. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 50–61.
9. Bombelli R, Santore RF, Poss R. Mechanics of the normal and osteoarthritic hip. A new perspective. 1984. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 69–78.
10. Günther KP, Puhl W, Brenner H, Stürmer T. Klinische Epidemiologie von Hüft- und Kniegelenkarthrosen. 2002. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 61: 244–249.
11. Thomas D.J. Der Krankheitsverlauf der Gelenkzerstörung bei der rapide destruierenden Coxarthrose im Vergleich zur hypertroph sklerosierenden Coxarthrose (Dissertation). 2008. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Medizinische Fakultät.
12. Zacher J, Gursche A. Diagnostik der Arthrose. 2001. *Orthopäde* 30: 841–847.
13. Günther K.P., Merx H. Epidemiologie und sozialmedizinische Bedeutung der Arthrose. 2006. In: Zacher J, editor. Herausforderung Arthrose. Aktuelle Bewertung der konservativen Therapie. Berlin: Berufsverband der Fachärzte für Orthopädie.
14. Rüter W. Medikamentöse Therapie. <http://dgrh.de/?id=2001>.
15. Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. 1965. *Br J Radiol* 38: 810–824.
16. Solomon L. Patterns of osteoarthritis of the hip. 1976. *J Bone Joint Surg Br* 58: 176–183.
17. Solomon L, Beighton P, Lawrence JS. Osteoarthrosis in a rural South African Negro population. 1976. *Ann. Rheum. Dis.* 35: 274–278.
18. Harris WH. Etiology of osteoarthritis of the hip. 1986. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 20–33.
19. Harris WH, Bourne RB, Oh I. Intra-articular acetabular labrum: a possible etiological factor in certain cases of osteoarthritis of the hip. 1979. *J Bone Joint Surg Am* 61: 510–514.
20. Ganz R, Gill TJ, Gautier E, Ganz K, Krügel N, Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. 2001. *J Bone Joint Surg Br* 83: 1119–1124.
21. Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. 2003. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 112–120.

22. Tschauer C, Hofmann S, Fock CM, Raith J, Graf R. Mechanische Ursachen der Koxarthrose bei jungen Erwachsenen. 2002. *Der Orthopäde* 31: 1094–1111.
23. Fraitzl CR. 2010. http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/externe_websites/ext.dzsm/content/archiv2010/heft12/spomed_12_2010_pdfe/14_uebersicht_Fraitzl_korr_bg.pdf.
24. Agricola R, Bessems JHJM, Ginai AZ. The development of Cam-type deformity in adolescent and young male soccer players. 2012. *Am J Sports Med* 40: 1099–1106.
25. Gerhardt MB, Romero AA, Silvers HJ. The prevalence of radiographic hip abnormalities in elite soccer players. 2012. *Am J Sports Med* 40: 584–588.
26. Nepple JJ, Vigdorich JM, Clohisy JC. What Is the Association Between Sports Participation and the Development of Proximal Femoral Cam Deformity? A Systematic Review and Meta-analysis. 2015. *The American journal of sports medicine*.
27. Duthon VB, Charbonnier C, Kolo FC. Correlation of clinical and magnetic resonance imaging findings in hips of elite female ballet dancers. 2013. *Arthroscopy* 29: 411–419.
28. Allen D, Beaulé PE, Ramadan O, Doucette S. Prevalence of associated deformities and hip pain in patients with cam-type femoroacetabular impingement. 2009. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 91: 589–594.
29. Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. 2005. *J Bone Joint Surg Br* 87: 1012–1018.
30. Beck M. Mechanism of femoroacetabular Impingement. 2012. In: Marín-Peña Ó, editor. *Femoroacetabular impingement*. Berlin, New York: Springer.
31. Leunig M, Beck M, Dora C, Ganz R. Femoroacetabuläres Impingement als Auslöser der Koxarthrose. 2006. *Orthopäde* 35: 77–84.
32. Leunig M, Ganz R. FAI – Konzept und Ätiopathogenese. 2009. *Orthopäde* 38: 394–401.
33. Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Gebuhr P. The prevalence of cam-type deformity of the hip joint: a survey of 4151 subjects of the Copenhagen Osteoarthritis Study. 2008. *Acta Radiol* 49: 436–441.
34. Keogh MJ, Batt ME. A review of femoroacetabular impingement in athletes. 2008. *Sports Med* 38: 863–878.
35. Ng KCG, Lamontagne M, Adamczyk AP. Patient-Specific Anatomical and Functional Parameters Provide New Insights into the Pathomechanism of Cam FAI. 2014. *Clin. Orthop. Relat. Res.*
36. Pollard TCB, Villar RN, Norton MR. Femoroacetabular impingement and classification of the cam deformity: the reference interval in normal hips. 2010. *Acta Orthop* 81: 134–141.
37. Ranawat AS, Schulz B, Baumbach SF. Radiographic predictors of hip pain in femoroacetabular impingement. 2011. *HSS J* 7: 115–119.
38. Nepple JJ, Riggs CN, Ross JR, Clohisy JC. Clinical presentation and disease characteristics of femoroacetabular impingement are sex-dependent. 2014. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 96: 1683–1689.
39. Pollard TCB, Villar RN, Norton MR. Genetic influences in the aetiology of femoroacetabular impingement: a sibling study. 2010. *J Bone Joint Surg Br* 92: 209–216.
40. Fernandez M, Wall P, O'Donnell J, Griffin D. Hip pain in young adults. 2014. *Australian family physician* 43: 205–209.
41. Reynolds D, Lucas J, Klaue K. Retroversion of the acetabulum. A cause of hip pain. 1999. *J Bone Joint Surg Br* 81: 281–288.
42. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. 2008. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 466: 264–272.

43. Parvizi J, Leunig M, Ganz R. Femoroacetabular impingement. 2007. *J Am Acad Orthop Surg* 15: 561–570.
44. Sierra RJ, Trousdale RT, Ganz R, Leunig M. Hip disease in the young, active patient: evaluation and nonarthroplasty surgical options. 2008. *J Am Acad Orthop Surg* 16: 689–703.
45. Clohisy JC, Beaulé PE, O'Malley A. AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment. 2008. *J Bone Joint Surg Am* 90: 2267–2281.
46. Siebenrock KA, Kalbermatten DF, Ganz R. Effect of pelvic tilt on acetabular retroversion: a study of pelvis from cadavers. 2003. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 241–248.
47. Ida T, Nakamura Y, Hagio T, Naito M. Prevalence and characteristics of cam-type femoroacetabular deformity in 100 hips with symptomatic acetabular dysplasia: a case control study. 2014. *Journal of orthopaedic surgery and research* 9: 93.
48. Saisu T, Kamegaya M, Segawa Y. Postoperative improvement of femoroacetabular impingement after intertrochanteric flexion osteotomy for SCFE. 2013. *Clinical orthopaedics and related research* 471: 2183–2191.
49. Leunig M, Werlen S, Ungersböck A. Evaluation of the acetabular labrum by MR arthrography. 1997. *J Bone Joint Surg Br* 79: 230–234.
50. Beaulé PE, Le Duff, Michel J, Zaragoza E. Quality of life following femoral head-neck osteochondroplasty for femoroacetabular impingement. 2007. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 89: 773–779.
51. Murphy S, Tannast M, Kim Y. Debridement of the adult hip for femoroacetabular impingement: indications and preliminary clinical results. 2004. *Clinical orthopaedics and related research*: 178–181.
52. Laude F, Sariali E. Behandlung des FAI durch einen minimal-invasiven ventralen Zugang mit arthroskopischer Unterstützung. Technik und mittelfristige Ergebnisse. 2009. *Orthopäde* 38: 419–428.
53. Jamali AA, Palestro A, Meehan JP, Sampson M. Management of incarcerating pincer-type femoroacetabular impingement with hip arthroscopy. 2014. *Arthrosc Tech* 3: e155-60.
54. Kelly BT, Buly RL. Hip arthroscopy update. 2005. *HSS J* 1: 40–48.
55. Dienst M, Kohn D. Hüftarthroskopie. Minimal-invasive Diagnostik und Therapie des erkrankten oder verletzten Hüftgelenks. 2001. *Unfallchirurg* 104: 2–18.
56. Larson CM, Giveans MR, Stone RM. Arthroscopic debridement versus refixation of the acetabular labrum associated with femoroacetabular impingement: mean 3.5-year follow-up. 2012. *Am J Sports Med* 40: 1015–1021.
57. Philippon MJ, Faucet SC, Briggs KK. Arthroscopic hip labral repair. 2013. *Arthrosc Tech* 2: e73-6.
58. Botser IB, Smith TW, Nasser R, Domb BG. Open surgical dislocation versus arthroscopy for femoroacetabular impingement: a comparison of clinical outcomes. 2011. *Arthroscopy* 27: 270–278.
59. Matsuda DK, Carlisle JC, Arthurs SC. Comparative systematic review of the open dislocation, mini-open, and arthroscopic surgeries for femoroacetabular impingement. 2011. *Arthroscopy* 27: 252–269.
60. Dienst M, Kohn D. Arthroskopische Behandlung des femoroacetabulären Impingements. Technik und Ergebnisse. 2009. *Der Orthopäde* 38: 429–443.
61. Dienst M, Kusma M, Steimer O. Arthroskopische Behandlung des femoroacetabulären Cam-Impingements der Hüfte. 2010. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 22: 29–43.
62. Felson DT. Osteoarthritis. 1990. *Rheum. Dis. Clin. North Am.* 16: 499–512.

63. Engelhardt M. Epidemiologie der Arthrose in Westeuropa. 2003. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 54: 171–175.
64. March LM, Bachmeier CJ. Economics of osteoarthritis: a global perspective. 1997. Baillieres Clin Rheumatol 11: 817–834.
65. Zacher J (ed.). Herausforderung Arthrose. Aktuelle Bewertung der konservativen Therapie. 2006. Berlin: Berufsverband der Fachärzte für Orthopädie.
66. Reginster JY. The prevalence and burden of arthritis. 2002. Rheumatology. Oxford, 41 Supp 1: 3–6.
67. Bork H, Middeldorf S, Ludwig F. Gesundheitserziehung und Gesundheitstraining bei Arthrose. 2005. Z Rheumatol 64: 441–447.
68. Agricola R, Heijboer MP, Bierma-Zeinstra SMA. Cam impingement causes osteoarthritis of the hip: a nationwide prospective cohort study (CHECK). 2013. Ann. Rheum. Dis. 72: 918–923.
69. Ochoa LM, Dawson L, Patzkowski JC, Hsu JR. Radiographic Prevalence of Femoroacetabular Impingement in a Young Population with Hip Complaints Is High. 2010. Clin Orthop Relat Res 468: 2710–2714.
70. Takeyama A, Naito M, Shiramizu K, Kiyama T. Prevalence of femoroacetabular impingement in Asian patients with osteoarthritis of the hip. 2009. International Orthopaedics (SICOT) 33: 1229–1232.
71. Dudda M, Kim Y, Zhang Y. Morphologic differences between the hips of Chinese women and white women: could they account for the ethnic difference in the prevalence of hip osteoarthritis? 2011. Arthritis Rheum. 63: 2992–2999.
72. Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. 2002. J Bone Joint Surg Br 84: 556–560.
73. Wiberg G.G.F. Studies on Dysplastic Acetabula and Congenital Subluxation of the Hip Joint, with special reference to the complication of Osteo-Arthritis. (Translated from the Swedish by Helen Frey). 1939. Acta Chirurgica Scandinavica.
74. Tönnis D, Heinecke A. Acetabular and femoral anteversion: relationship with osteoarthritis of the hip. 1999. J Bone Joint Surg Am 81: 1747–1770.
75. BQS Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH. 2009. BQS-Bundesauswertung 2008 Hüft-Endoprothesen-Erstimplantation. Kellgren&Lawrence-Score der Koxarthrose (modifiziert). Düsseldorf.
76. Tönnis D. Die angeborene Hüft dysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. 1984. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
77. DGOOC. Koxarthrose. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (BVO). 2009.
78. Kellgren JH LJS. The epidemiology of chronic rheumatism, atlas of standard radiographs. 1963. Oxford: Blackwell Scientific.
79. Wirt C.J., Zichner L. (eds.). 2003. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Becken, Hüfte: Thieme.
80. Statistisches Bundesamt. 2013.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/VorlBevoelkerungsfortschreibung5124103129004.pdf?__blob=publicationFile.
81. Rakhara K.S. MRI/CT in FAI. 2012. In: Marín-Peña Ó, editor. Femoroacetabular impingement. Berlin, New York: Springer; p 41–55.
82. Henle P, Tannast M, Siebenrock K. Bildgebende Diagnostik der Hüft dysplasie. 2008. Orthopäde 37: 525–531.

83. Kusma M, Bachelier F, Schneider G, Dienst M. Femoroacetabuläres Impingement. 2009. *Orthopäde* 38: 402–411.
84. Kang ACL, Gooding AJ, Coates MH. Computed tomography assessment of hip joints in asymptomatic individuals in relation to femoroacetabular impingement. 2010. *Am J Sports Med* 38: 1160–1165.
85. Dudda M, Albers C, Mamisch TC. Do Normal Radiographs Exclude Asphericity of the Femoral Head-Neck Junction? 2009. *Clin Orthop Relat Res* 467: 651–659.
86. Jung KA, Restrepo C, Hellman M. The prevalence of cam-type femoroacetabular deformity in asymptomatic adults. 2011. *J Bone Joint Surg Br* 93: 1303–1307.
87. Siebenrock KA, Henle P. X-Ray Examination in FAI. 2012. In: Marín-Peña Ó, editor. *Femoroacetabular impingement*. Berlin, New York: Springer.
88. Şahin N, Atici T, Öztürk A. Prevalence of femoroacetabular impingement in asymptomatic contralateral hips in patients with unilateral idiopathic osteoarthritis. 2011. *J. Int. Med. Res.* 39: 790–797.
89. Hack K. Prevalence of Cam-Type Femoroacetabular Impingement Morphology in Asymptomatic Volunteers. 2010. *J Bone Joint Surg Am* 92: 2436.
90. Beaulé PE, Zaragoza E, Motamedi K. Three-dimensional computed tomography of the hip in the assessment of femoroacetabular impingement. 2005. *J. Orthop. Res.* 23: 1286–1292.
91. Beaulé PE, Hynes K, Parker G, Kemp KA. Can the alpha angle assessment of cam impingement predict acetabular cartilage delamination? 2012. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 470: 3361–3367.
92. Kassarian A, Yoon LS, Belzile E. Triad of MR arthrographic findings in patients with cam-type femoroacetabular impingement. 2005. *Radiology* 236: 588–592.
93. Chakraverty JK, Sullivan C, Gan C. Cam and pincer femoroacetabular impingement: CT findings of features resembling femoroacetabular impingement in a young population without symptoms. 2013. *AJR Am J Roentgenol* 200: 389–395.
94. Ergen FB, Vudalı S, Sanverdi E. CT assessment of asymptomatic hip joints for the background of femoroacetabular impingement morphology. 2013. *Diagn Interv Radiol.*
95. Pfirrmann CWA, Mengiardi B, Dora C. Cam and pincer femoroacetabular impingement: characteristic MR arthrographic findings in 50 patients. 2006. *Radiology* 240: 778–785.
96. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA. How useful is the alpha angle for discriminating between symptomatic patients with cam-type femoroacetabular impingement and asymptomatic volunteers? 2012. *Radiology* 264: 514–521.
97. Lohan DG, Seeger LL, Motamedi K. Cam-type femoral-acetabular impingement: is the alpha angle the best MR arthrography has to offer? 2009. *Skeletal Radiol.* 38: 855–862.
98. Günther K, Thielemann F, Hartmann A, Bernstein P. Koinzidenz von Hüft dysplasie und femoroacetabulärem Impingement. Klinisches Bild und simultane operative Korrektur. 2008. *Orthopäde* 37: 577–586.
99. Nouh MR, Schweitzer ME, Rybak L, Cohen J. Femoroacetabular impingement: can the alpha angle be estimated? 2008. *AJR Am J Roentgenol* 190: 1260–1262.
100. Wright AA, Naze GS, Kavchak AE. Radiological variables associated with progression of femoroacetabular impingement of the hip: A systematic review. 2014. *J Sci Med Sport.*
101. Simon M, Neumann A. Alpha-Winkel 2.0! Ist ein Update bei der Diagnosestellung des Cam-Impingements nötig? 2013. *Radiologe* 53: 5–6.
102. Doherty M, Courtney P, Doherty S. Nonspherical femoral head shape (pistol grip deformity), neck shaft angle, and risk of hip osteoarthritis: a case-control study. 2008. *Arthritis Rheum.* 58: 3172–3182.
103. Tannast M, Goricki D, Beck M. Hip damage occurs at the zone of femoroacetabular impingement. 2008. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 466: 273–280.

104. Wenger DE, Kendell KR, Miner MR, Trousdale RT. Acetabular labral tears rarely occur in the absence of bony abnormalities. 2004. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 145–150.
105. Vossinakis IC, Georgiades G, Kafidas D, Hartofilakidis G. Unilateral hip osteoarthritis: can we predict the outcome of the other hip? 2008. *Skeletal Radiol* 37: 911–916.
106. Tannast M, Siebenrock KA, Anderson SE. Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis--what the radiologist should know. 2007. *AJR Am J Roentgenol* 188: 1540–1552.
107. Omeroglu H, Biçimoglu A, Ağuş H, Tümer Y. Measurement of center-edge angle in developmental dysplasia of the hip: a comparison of two methods in patients under 20 years of age. 2002. *Skeletal Radiol.* 31: 25–29.
108. Engesæter IØ, Laborie LB, Lehmann TG. Prevalence of radiographic findings associated with hip dysplasia in a population-based cohort of 2081 19-year-old Norwegians. 2013. *Bone Joint J* 95: 279–285.
109. Matar W.Y PJ. Differentiating FAI from Dysplasia. 2012. In: Marín-Peña Ó, editor. *Femoroacetabular impingement*. Berlin, New York: Springer; p 181–188.
110. Lequesne M, Malghem J, Dion E. The normal hip joint space: variations in width, shape, and architecture on 223 pelvic radiographs. 2004. *Ann. Rheum. Dis.* 63: 1145–1151.
111. Kutty S, Schneider P, Faris P. Reliability and predictability of the centre-edge angle in the assessment of pincer femoroacetabular impingement. 2012. *Int Orthop* 36: 505–510.
112. Lequesne M, Morvan G. Description of the potential of an arthrometer for standard and reduced radiographs suitable to measurement of angles and segments of hip, knee, foot and joint space widths. 2002. *Joint Bone Spine* 69: 282–292.
113. Kusma M, Bachelier F, Schneider G, Dienst M. Radiologische Untersuchung des Hüftgelenks. Analyse der Röntgenstandardprojektionen. 2006. *Orthopäde* 35: 16–21.
114. Anderson LA, Kapron AL, Aoki SK, Peters CL. Coxa profunda: is the deep acetabulum overcovered? 2012. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 470: 3375–3382.
115. Nepple JJ, Lehmann CL, Ross JR. Coxa profunda is not a useful radiographic parameter for diagnosing pincer-type femoroacetabular impingement. 2013. *J Bone Joint Surg Am* 95: 417–423.
116. Boone G, Pagnotto MR, Walker JA. Radiographic features associated with differing impinging hip morphologies with special attention to coxa profunda. 2012. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 470: 3368–3374.
117. Clohisy JC, Nunley RM, Otto RJ, Schoenecker PL. The frog-leg lateral radiograph accurately visualized hip cam impingement abnormalities. 2007. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 462: 115–121.
118. Yamamoto Y, Hiejima Y. Usefulness of cross-table lateral view radiograph for the diagnosis of cam-type femoroacetabular impingement. 2013. *Eur J Orthop Surg Traumatol.*
119. Hansen B.J., Harris M.D., Anderson L.A. Correlation between radiographic measures of acetabular morphology with 3D femoral head coverage in patients with acetabular retroversion. 2012. *Acta Orthop.*
120. Kappe T., Kocak T., Bieger R. Radiographic Risk Factors for Labral Lesions in Femoroacetabular Impingement. 2012. *Clin Orthop Relat Res.*
121. Murphy SB, Ganz R, Müller ME. The prognosis in untreated dysplasia of the hip. A study of radiographic factors that predict the outcome. 1995. *J Bone Joint Surg Am* 77: 985–989.
122. Günther KP, Stürmer T, Sauerland S. Prevalence of generalised osteoarthritis in patients with advanced hip and knee osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. 1998. *Ann. Rheum. Dis.* 57: 717–723.
123. Günther KP, Stürmer T, Trepte CT. Häufigkeit gelenkspezifischer Risikofaktoren bei Patienten mit fortgeschrittenen Cox- und Gonarthrosen in der Ulmer Osteoarthrose-Studie. 1999. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 137: 468–473.

124. Jessel RH, Zurakowski D, Zilkens C. Radiographic and patient factors associated with pre-radiographic osteoarthritis in hip dysplasia. 2009. *J Bone Joint Surg Am* 91: 1120–1129.
125. Tschauer C, Hofmann S, Czerny C. Hüftdysplasie. Morphologie, Biomechanik und therapeutische Prinzipien unter Berücksichtigung des Labrum acetabulare. 1997. *Orthopäde* 26: 89–108.
126. Siebenrock KA, Leunig M, Ganz R. Periacetabular osteotomy: the Bernese experience. 2001. *Instr Course Lect* 50: 239–245.
127. Clohisy JC, Carlisle JC, Trousdale R. Radiographic evaluation of the hip has limited reliability. 2009. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 467: 666–675.
128. Palmer WE. Femoroacetabular impingement: caution is warranted in making imaging-based assumptions and diagnoses. 2010. *Radiology* 257: 4–7.
129. Hartofilakidis G, Bardakos NV, Babis GC, Georgiades G. An examination of the association between different morphotypes of femoroacetabular impingement in asymptomatic subjects and the development of osteoarthritis of the hip. 2011. *J Bone Joint Surg Br* 93: 580–586.
130. Kellgren JH. Atlas of standard radiographs: the epidemiology of chronic rheumatism. 1963. Oxford: Blackwell Scientific.
131. Bardakos NV, Villar RN. Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: A radiological study with a minimum of ten years follow-up. 2009. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume* 91: 162–169.
132. Tschauer C. Terminologie, Befunddokumentation, Klassifikationen, Scores Ergebnisbewertung und Outcome Research. 2003. In: Wirt C.J., Zichner L., editors. *Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Becken, Hüfte*: Thieme.
133. Espinosa N, Beck M, Rothenfluh DA. Treatment of femoro-acetabular impingement: preliminary results of labral refixation. Surgical technique. 2007. *J Bone Joint Surg Am* 89 Suppl 2 Pt.1: 36–53.
134. Mariconda M, Cozzolino A, Di Pietto F. Radiographic findings of femoroacetabular impingement in capoeira players. 2014. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
135. Birrell F, Croft P, Cooper C. Health impact of pain in the hip region with and without radiographic evidence of osteoarthritis: a study of new attenders to primary care. The PCR Hip Study Group. 2000. *Ann. Rheum. Dis.* 59: 857–863.
136. Günther KP, Scharf HP, Puhl W. Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Beurteilung von Coxarthrosen. 1997. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 135: 3–8.
137. Spector TD, Hochberg MC. Methodological problems in the epidemiological study of osteoarthritis. 1994. *Ann. Rheum. Dis.* 53: 143–146.
138. Zacher J, Carl H.D., Swoboda B., Backhaus M. Bildgebung bei der Arthrose peripherer Gelenke. 2007.
139. Reijman M, Hazes JMW, Koes BW. Validity, reliability, and applicability of seven definitions of hip osteoarthritis used in epidemiological studies: a systematic appraisal. 2004. *Ann. Rheum. Dis.* 63: 226–232.
140. Bludau F. Überprüfung der BQS-Indikationskriterien in einer prospektiven Kohortenstudie über den Oxford-Hip-Score. 2010. In: DOKU 2010, editor. *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 74. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie 96. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie 51. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie.*
141. Imhof H, Czerny C, Gahleitner A. Koxarthrose. 2002. *Radiologe* 42: 416–431.
142. Woolf AD, Pfleger B. Burden of major musculoskeletal conditions. 2003. *Bull. World Health Organ.* 81: 646–656.

143. Ingvarsson T, Hägglund G, Lohmander LS. Prevalence of hip osteoarthritis in Iceland. 1999. *Ann. Rheum. Dis.* 58: 201–207.
144. Jørring K. Osteoarthritis of the hip. Epidemiology and clinical role. 1980. *Acta Orthop Scand* 51: 523–530.
145. Jacobsen S, Sonne-Holm S, Søballe K. Radiographic case definitions and prevalence of osteoarthrosis of the hip: a survey of 4 151 subjects in the Osteoarthritis Substudy of the Copenhagen City Heart Study. 2004. *Acta Orthop Scand* 75: 713–720.
146. Nevitt MC. Definition of hip osteoarthritis for epidemiological studies. 1996. *Ann. Rheum. Dis.*: 652–655.
147. Barton C, Salineros MJ, Rakhra KS, Beaulé PE. Validity of the alpha angle measurement on plain radiographs in the evaluation of cam-type femoroacetabular impingement. 2011. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 469: 464–469.
148. Siebenrock KA, Ferner F, Noble PC. The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. 2011. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 469: 3229–3240.
149. Gosvig KK, Jacobsen S, Palm H. A new radiological index for assessing asphericity of the femoral head in cam impingement. 2007. *J Bone Joint Surg Br* 89: 1309–1316.
150. Konan S, Rayan F, Haddad FS. Is the frog lateral plain radiograph a reliable predictor of the alpha angle in femoroacetabular impingement? 2010. *J Bone Joint Surg Br* 92: 47–50.
151. Heil KM, Wood AM, Penn-Barwell J. Femoral acetabular impingement: the sex- and age-linked distribution of alpha angles in 146 patients of service age without pre-existing osteoarthritic or other hip pathology. 2013. *J R Nav Med Serv* 99: 111–114.
152. Laborie L.B. Is a Positive Femoroacetabular Impingement Test a Common Finding in Healthy Young Adults? 2013. *Clin Orthop Relat Res.*
153. Nogier A, Bonin N, May O. Descriptive epidemiology of mechanical hip pathology in adults under 50 years of age. Prospective series of 292 cases: Clinical and radiological aspects and physiopathological review. 2010. *Orthop Traumatol Surg Res (Orthopaedics & traumatology, surgery & research OTSR)* 96: S53-8.
154. Martin RL, Kelly BT, Leunig M. Reliability of clinical diagnosis in intraarticular hip diseases. 2010. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18: 685–690.
155. Leunig M, Jüni P, Werlen S. Prevalence of cam and pincer-type deformities on hip MRI in an asymptomatic young Swiss female population: a cross-sectional study. 2013. *Osteoarthr. Cartil.* 21: 544–550.
156. Atteslander Peter. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 2010. 13th ed. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG.
157. Ito K, Minka MA, Leunig M. Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. 2001. *J Bone Joint Surg Br* 83: 171–176.
158. Philippon MJ, Schenker ML. Arthroscopy for the treatment of femoroacetabular impingement in the athlete. 2006. *Clin Sports Med* 25: 299-308, ix.
159. Chaudhry H, Ayeni OR. The etiology of femoroacetabular impingement: what we know and what we don't. 2014. *Sports Health* 6: 157–161.
160. Omoumi P, Thiery C, Michoux N. Anatomic Features Associated With Femoroacetabular Impingement Are Equally Common in Hips of Old and Young Asymptomatic Individuals Without CT Signs of Osteoarthritis. 2014. *AJR Am J Roentgenol.*
161. Sankar WN, Matheney TH, Zaltz I. Femoroacetabular impingement: current concepts and controversies. 2013. *Orthop. Clin. North Am.* 44: 575–589.
162. Jaber FM, Parvizi J. Hip pain in young adults: femoroacetabular impingement. 2007. *J Arthroplasty* 22: 37–42.

163. Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. 2010. *J Bone Joint Surg Am* 92: 1162–1169.
164. Kim WY, Hutchinson CE, Andrew JG, Allen PD. The relationship between acetabular retroversion and osteoarthritis of the hip. 2006. *J Bone Joint Surg Br* 88: 727–729.
165. Giori NJ, Trousdale RT. Acetabular retroversion is associated with osteoarthritis of the hip. 2003. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 263–269.
166. Scharf HP (ed.). *Orthopädie und Unfallchirurgie. Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung*. 2011. 2nd ed. München: Elsevier, Urban & Fischer.
167. Cadet ER, Babatunde OM, Gorroochurn P, Chan AK, Stancato-Pasik A, Brown M, Johnson S, Kaiser PB, Gardner TR, Ayeni OR. Inter- and intra-observer agreement of femoroacetabular impingement (FAI) parameters comparing plain radiographs and advanced, 3D computed tomographic (CT)-generated hip models in a surgical patient cohort. 2014. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*.
168. Dienst M. Femoroacetabuläres Impingement (FAI). 2009. *Orthopäde* 38: 393.
169. Bloomfield MR, Erickson JA, McCarthy JC, Mont MA, Mulkey P, Peters CL, Pivec R, Austin MS. Hip pain in the young, active patient: surgical strategies. 2014. *Instr Course Lect* 63: 159–176.
170. Matsuda DK, Schnieder CP, Sehgal B. The Critical Corner of Cam Femoroacetabular Impingement: Clinical Support of an Emerging Concept. 2014. *Arthroscopy*.
171. Skendzel JG, Philippon MJ, Briggs KK, Goljan P. The Effect of Joint Space on Midterm Outcomes After Arthroscopic Hip Surgery for Femoroacetabular Impingement. 2014. *Am J Sports Med*.
172. Philippon MJ, Schroder E Souza BG, Briggs KK. Hip arthroscopy for femoroacetabular impingement in patients aged 50 years or older. 2012. *Arthroscopy* 28: 59–65.
173. Ng VY, Ellis TJ. Letter to the editor: The Cam-type Deformity of the Proximal Femur Arises in Childhood in Response to Vigorous Sporting Activity. 2011. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 469: 3506-7; author reply 3508.
174. Monazzam S, Bomar JD, Dwek JR, Hosalkar HS, Pennock AT. Development and prevalence of femoroacetabular impingement-associated morphology in a paediatric and adolescent population: a CT study of 225 patients. 2013. *Bone Joint J* 95: 598–604.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: HÜFTGELENK (RECHTS) MIT RÖNTGENOLOGISCH MANIFESTER COXARTHROSE, REDUZIERTER GELENKSPALTBREITE, OSTEOPHYTEN, SKLEROSIERUNG UND GERÖLLZYSTEN SICHTBAR (EIGENE DARSTELLUNG, CT IN CORONALER SCHICHTUNG VOM 27.04.2012).....	8
ABBILDUNG 2: CAM-IMPINGEMENT ¹	10
ABBILDUNG 3: PINCER - IMPINGEMENT ¹	11
ABBILDUNG 4: VENTRALER IMPINGEMENT-PROVOKATIONSTEST ³⁰	12
ABBILDUNG 5: DORSALER IMPINGEMENT-PROVOKATIONSTEST ³⁰	13
ABBILDUNG 6: BECKENÜBERSICHTSAUFNAHME MIT HÜFTDYSPLASIE RECHTS ⁴⁷	13
ABBILDUNG 7: LAUENSTEIN-AUFNAHME EINES RECHTEN HÜFTGELENKS ⁴⁸	14
ABBILDUNG 8: ALPHA-WINKEL IN AXIALER SCHICHTUNG (EIGENE DARSTELLUNG).....	20
ABBILDUNG 9: HEAD-TO-NECK-OFFSET IN AXIALER SCHICHTUNG (EIGENE DARSTELLUNG).....	21
ABBILDUNG 10: CE-WINKEL IN CORONALER SCHICHTUNG (EIGENE DARSTELLUNG).....	21
ABBILDUNG 11: PINCER-WINKEL (EIGENE DARSTELLUNG, HIER ENTSpricht DER PINCER-WINKEL ANNÄHERND EINEM ÜBERSTUMPFTEN WINKEL).....	22
ABBILDUNG 12: AV-WINKEL (EIGENE DARSTELLUNG).....	23
ABBILDUNG 13: FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX (EIGENE DARSTELLUNG).....	24
ABBILDUNG 14: NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS IM SCOUT RECHTSSEITIG.....	29
ABBILDUNG 15: NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS IM SCOUT LINKSSEITIG.....	29
ABBILDUNG 16: ALPHA-WINKEL (SCOUT) IM RECHTEN UND LINKEN HÜFTGELENK.....	29
ABBILDUNG 17: ALPHA-WINKEL (SCOUT) RECHTS BEI MÄNNERN UND FRAUEN.....	30
ABBILDUNG 18: ALPHA-WINKEL (SCOUT) LINKS BEI MÄNNERN UND FRAUEN.....	30
ABBILDUNG 19: NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS (AXIAL) RECHTSSEITIG.....	31
ABBILDUNG 20: NORMALVERTEILUNG DES ALPHA-WINKELS (AXIAL) LINKSSEITIG.....	31
ABBILDUNG 21: NORMALVERTEILUNG DES HEAD-TO-NECK-OFFSETS RECHTSSEITIG.....	36
ABBILDUNG 22: NORMALVERTEILUNG DES HEAD-TO-NECK-OFFSETS LINKSSEITIG.....	36
ABBILDUNG 23: NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS (SCOUT) RECHTSSEITIG.....	39
ABBILDUNG 24: NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS (SCOUT) LINKSSEITIG.....	39
ABBILDUNG 25: CE-WINKEL (SCOUT) RECHTS IN DEN DEKADEN 2-8.....	40
ABBILDUNG 26: CE-WINKEL (SCOUT) LINKS IN DEN DEKADEN 2-8.....	40
ABBILDUNG 27: NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS (CORONAL) RECHTSSEITIG.....	41
ABBILDUNG 28: NORMALVERTEILUNG DES CE-WINKELS (CORONAL) LINKSSEITIG.....	41
ABBILDUNG 29: CE-WINKEL (CORONAL) RECHTS IN DEN DEKADEN 2-8.....	42
ABBILDUNG 30: CE-WINKEL (CORONAL) LINKS IN DEN DEKADEN 2-8.....	42
ABBILDUNG 31: NORMALVERTEILUNG DES PINCER-WINKELS RECHTSSEITIG.....	43
ABBILDUNG 32: NORMALVERTEILUNG DES PINCER-WINKELS LINKSSEITIG.....	43
ABBILDUNG 33: PINCER-WINKEL RECHTS IN DEN DEKADEN 2-8.....	44
ABBILDUNG 34: PINCER-WINKEL LINKS IN DEN DEKADEN 2-8.....	44
ABBILDUNG 35: NORMALVERTEILUNG DES FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX ES RECHTSSEITIG.....	47
ABBILDUNG 36: NORMALVERTEILUNG DES FEMURKOPFEXTRUSIONSINDEX ES LINKSSEITIG.....	47
ABBILDUNG 37: NORMALVERTEILUNG DES AV-WINKELS RECHTSSEITIG.....	49
ABBILDUNG 38: NORMALVERTEILUNG DES AV-WINKELS LINKSSEITIG.....	49
ABBILDUNG 39: SCREE PLOT (EIGENE DARSTELLUNG).....	51
ABBILDUNG 40: WAHRSCHEINLICHKEIT EINER ARTHROSE-ERKRANKUNG IN ABHÄNGIGKEIT DES ALTERS (EIGENE DARSTELLUNG).....	52
ABBILDUNG 41: ROC-KURVE FÜR DAS VERWENDETE MODELL (EIGENE DARSTELLUNG).....	53

ABBILDUNG 42: INTERRATER-RELIABILITÄT (EIGENE DARSTELLUNG) 55

7.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: MODIFIZIERTER KELLGREN & LAWRENCE-SCORE	25
TABELLE 2: TÖNNIS-SCORE	25
TABELLE 3: PATIENTENVERTEILUNG HINSICHTLICH DEKADE UND GESCHLECHT.....	28
TABELLE 4: NORMALBEREICH DES ALPHA-WINKELS IM SCOUT UND IN AXIALER SCHICHTUNG BEI FRAUEN	34
TABELLE 5: NORMALBEREICH DES ALPHA-WINKELS IM SCOUT UND IN AXIALER SCHICHTUNG BEI MÄNNERN	35
TABELLE 6: NORMALBEREICH DES HEAD-TO-NECK-OFFSETS BEI FRAUEN.....	37
TABELLE 7: NORMALBEREICH DES HEAD-TO-NECK-OFFSETS BEI MÄNNERN	37
TABELLE 8: NORMALBEREICH DES Pincer-WINKELS BEI FRAUEN.....	45
TABELLE 9: NORMALBEREICH DES Pincer-WINKELS BEI MÄNNERN.....	46
TABELLE 10: ANALYSE DER EFFEKTE IM LOGISTISCHEN REGRESSIONSMODELL	52
TABELLE 11: ANALYSE DER EFFEKTE (VORWÄRTSSELEKTION).....	53
TABELLE 12: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN CE-WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	59
TABELLE 13: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN CE-WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	60
TABELLE 14: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN Pincer-WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	61
TABELLE 15: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN Pincer-WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	61
TABELLE 16: VERTEILUNG DES VERKLEINERTEN AV-WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	62
TABELLE 17: VERTEILUNG DES VERKLEINERTEN AV-WINKELS UND VERGRÖßERTEN CE- WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN.....	63
TABELLE 18: VERTEILUNG DES VERKLEINERTEN AV-WINKELS UND VERGRÖßERTEN CE- WINKELS UND Pincer WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI FRAUEN	64
TABELLE 19: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN CE-WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN.....	65
TABELLE 20: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN CE-WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN.....	66
TABELLE 21: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN Pincer-WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN	67
TABELLE 22: VERTEILUNG DES VERGRÖßERTEN Pincer-WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN	67
TABELLE 23: VERTEILUNG DES VERKLEINERTEN AV-WINKELS UND VERGRÖßERTEN CE- WINKELS UND Pincer WINKELS RECHTS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN.....	68
TABELLE 24: VERTEILUNG DES VERKLEINERTEN AV-WINKELS UND VERGRÖßERTEN CE- WINKELS UND Pincer WINKELS LINKS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER BEI MÄNNERN	69

8. Danksagung

Für den erfolgreichen Abschluss der vorliegenden Arbeit möchte ich den folgenden Menschen herzlichst danken.

An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Matthias Pietschmann, für die Überlassung des Dissertationsthemas. Durch seine hervorragende Unterstützung und viele Ideen wurde die vorliegende Arbeit erst möglich.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Thomas Niethammer. Die Zusammenarbeit mit ihm war eine wichtige Voraussetzung für das Entstehen und Gelingen der Arbeit. In zahlreichen Gesprächen hat er mir wertvolle Anregungen und fundierte Empfehlungen für meine wissenschaftliche Arbeit gegeben.

Für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung möchte ich mich ausdrücklich bei Herrn Dr. Alexander Crispin, Institut für medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie, LMU München, bedanken.

Mein persönlicher Dank für die großartige moralische Unterstützung und Hilfe gilt meinem Ehemann Herrn Samuel Jahreiß. Nicht zuletzt ein großes Dankeschön an meine Eltern!

Eidesstattliche Versicherung

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

„Das femoroazetabuläre Impingement als mögliche Ursache der Coxarthrose-eine epidemiologische Untersuchung mittels Computertomographie beim Erwachsenen“

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

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

Pfaffenhofen, den 23.02.2017

Hanna Mauritz