

Aus dem Med. Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie

Geschäftsführender Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz
Medizinische Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. Susanne Fuchs-Winkelmann

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Der Einfluss des alpha-Winkels und der
Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das
Outcome nach einer Hüftarthroskopie**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Juliane Abetz, geb. Krings aus Marburg

Marburg, 2024

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
am: 10.04.2024

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekanin: Frau Prof. Dr. D. Hilfiker-Kleiner
Referent: Herr PD Dr. K.-F. Schüttler
1. Korreferent: Herr Prof. Dr. B. Ishaque

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Anatomie des Hüftgelenks	4
1.3 Cam- und Pincer-Impingement	6
1.4 Ätiologie des FAI	8
1.5 Epidemiologie	10
1.6 Klinik	13
1.6.1 Klinische Symptome	13
1.6.2 Klinische Diagnose	14
1.7 Radiologische Diagnose	16
1.7.1 Radiologische Diagnostik des Cam-Impingements	16
1.7.2 Radiologische Diagnostik des Pincer-Impingements	18
1.8 Therapie	21
1.8.1 Konservative Maßnahmen	21
1.8.2 Chirurgische Maßnahmen	21
1.8.3 Chirurgische Hüftluxation	22
1.8.4 Arthroskopie	24
1.9 Ziel und Fragestellung	30
2 Material und Methoden	31
2.1 Ethikvotum und Einverständniserklärung der Studienteilnehmer	31
2.2 Studientyp und -kollektiv	31
2.3 Einschluss- und Ausschlusskriterien	31
2.4 Datenerhebung	32
2.5 Erhebung des subjektiven Outcomes	34
2.6 Studienablauf	35
2.7 Erhebung radiologischer Daten	35
2.8 Beschreibung des Prä- und Postfragebogens	37
2.8.1 Hip Outcome Score (HOS)	37
2.8.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)	38
2.8.3 Short Form 36 questionnaire (SF 36)	39
2.8.4 Harris Hip Score (HHS)	44
2.8.5 Komplikationsbogen und Zufriedenheitsbogen	45

2.9	Radiologische Messparameter	46
2.9.1	Alpha-Winkel	46
2.9.2	LCE-Winkel nach Wiberg	47
2.9.3	Vorliegen eines „Cookie bites“	48
2.9.4	Heterotope Ossifikationen	48
2.9.5	Arthrosegrad	49
2.10	Subgruppenanalyse	49
2.11	Statistik	50
3	Ergebnisse	52
3.1	Deskriptive Statistik	52
3.1.1	Patientenkollektiv	52
3.1.2	Therapie	55
3.1.3	Alpha-Winkel	55
3.1.4	LCE-Winkel	58
3.1.5	Alpha-Winkelveränderungen	58
3.1.6	Vorliegen eines „Cookie bites“	59
3.1.7	Zufriedenheit und Komplikationen	59
3.1.8	Auswertung der Fragebögen scores	61
3.2	Univariater Vergleich auf Einfluss	65
3.2.1	Ergebnis „erneute Operation“	65
3.2.2	Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“	71
3.3	Schrittweise Regression	75
3.3.1	Schrittweise Regression nach dem p-Wert	75
3.3.1.1	Ergebnis „erneute Operation“	76
3.3.1.2	Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“	78
3.3.1.3	Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“	79
3.4	Subgruppenanalyse	81
3.4.1	Patientenkollektiv	81
3.4.2	Auswertung der Fragebögen scores	81
3.4.2.1	Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome	87
3.4.2.2	Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome bei einem Kollektiv ohne Coxarthrose	88
4	Diskussion	91
4.1	Vergleich der erhobenen Daten des deskriptiven Teils	92
4.1.1	Patientenkollektiv	92
4.1.2	Analyse der Winkel	94
4.1.3	Komplikationen	98
4.1.4	Auswertung der Fragebögen	98
4.2	Vergleich der univariaten Regressionsanalyse mit Publikationsdaten ..	100
4.2.1	Ergebnis „erneute Operation“	100
4.2.2	Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“	108

4.3	Vergleich der multivariaten Regressionsanalyse mit Publikationsdaten	109
4.3.1	Ergebnis „erneute Operation“	109
4.3.2	Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“	110
4.3.3	Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“	110
4.4	Subgruppenanalyse	111
4.5	Begrenzungen der Arbeit	113
4.6	Schlussfolgerungen	115
5	Zusammenfassung	118
	Der Einfluss des alpha-Winkels und der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome nach einer Hüftarthroskopie	118
	Literaturverzeichnis	121
	Anhang	133
a.	Komplikations- und Zufriedenheitserfassung	133
b.	Tabellarischer Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.
c.	Verzeichnis der akademischen Lehrer	138
d.	Danksagung	139
e.	Ehrenwörtliche Erklärung	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ADL	Aktivitäten des täglichen Lebens [englisch: Activities of daily living]
a.p.	anterior-posterior
BMI	Body mass index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
et al.	et alii
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
FAI	Femoroazetabuläres Impingement
HHS	Harris Hip Score
HOS	Hip Outcome Score
kat.	kategoriell
LCE-Winkel	Lateralen-Centrum-Erker-Winkel
LCF	Ligamentum capitis femoris
Lig.	Ligamentum
max.	maximal
mind.	mindestens
MRT	Magnetresonanztomographie
p.	Seite [englisch: page]
post	postoperativ
prä	präoperativ
R.	Ramus
s.	siehe
s.a.	siehe auch
SF 36	Short Form 36 questionnaire
VAS	Visuelle Analogskala
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: „The factors causing FAI are shown. The reduced clearance during joint motion leads to repetitive abutment between the proximal femur and the anterior acetabular rim. A, Normal clearance of the hip, (B) reduced femoral head and neck offset, (C) excessive over coverage of the femoral head by the acetabulum, and (D) combination of reduced head and neck offset and excessive anterior over coverage can be seen.“ Entnommen aus: [115, p. 62]. Republished with permission of Wolters Kluwer Health, Inc from Anterior Femoroacetabular Impingement: Part I. Techniques of Joint Preserving Surgery, Lavigne, M., Parvizi, J., Beck, M., Siebenrock K. A., Ganz, R., Leunig, M.; Clin Orthop Relat Res, 418, p. 61- 66, (https://journals.lww.com/clinorthop/fulltext/2004/01000/anterior_femoroacetabular_impingement__part_i_.11.aspx; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.). [Dargestellt sind die Faktoren, die ein FAI verursachen. Der verringerte Spielraum bei der Gelenkbewegung führt zu einem wiederholten Anstoßen zwischen dem proximalen Oberschenkelknochen und dem vorderen Hüftpfannenrand. A, normaler Bewegungsspielraum der Hüfte, (B) verminderter Femurkopf- und Hals-Offset, (C) übermäßige Überdachung des Hüftkopfes durch die Hüftpfanne und (D) Kombination aus reduziertem Kopf-Hals-Offset und übermäßiger anteriorer Überdachung.] 3
- Abbildung 2: „Diagram of the mechanism of damage in cam impingement on a lateral view of the hip. During flexion the aspherical part of the femoral head is jammed into the acetabulum, compressing the cartilage and pushing it at the same time centrally until the cartilage is sheared off the subchondral bone.“ Entnommen aus: [12, p. 1016]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M., Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. .. [Darstellung des Schädigungsmechanismus beim Cam-Impingement in der seitlichen Ansicht der Hüfte. Bei der Beugung wird der asphärische Teil des Hüftkopfes in die Hüftpfanne eingeklemmt. Dabei wird der Knorpel zusammengedrückt und gleichzeitig in die Mitte geschoben, bis der Knorpel vom subchondralen Knochen abgesichert wird.] 6
- Abbildung 3: „Diagram of the mechanism of damage in pincer impingement on a lateral view of the hip. During flexion the labrum acts as a buffer between the femoral neck and the acetabulum. Only a small area of acetabular cartilage is subject to compression along the rim. Posteriorly, the femoral head is levered out, creating a contrecoup lesion.“ Entnommen aus: [12, p.1016]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M.,

- Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.... [Darstellung des Schädigungsmechanismus beim Pincer-Impingement in einer seitlichen Ansicht der Hüfte. Bei der Beugung fungiert das Labrum als Puffer zwischen dem Oberschenkelhals und der Hüftpfanne. Nur ein kleiner Bereich des Hüftpfannenknorpels ist der Kompression entlang des Randes ausgesetzt. Nach hinten wird der Hüftkopf ausgehebelt, wodurch eine Contrecoup-Läsion entsteht.] 7
- Abbildung 4: „Bestimmung von α -Winkel und Kopf-Hals-Offset auf axialen Projektionen (cross table): a mit Normalbefund, b mit reduziertem Offset und vergrößertem α -Winkel.“ Entnommen aus: [90, p. 529]. Republished with permission of Springer Nature BV, from Imaging in developmental dysplasia of the hip, Henle, P., M. Tannast, K.A. Siebenrock, 37(6), 1972; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. 17
- Abbildung 5: „Radiograph of a hip with cam impingement presenting as a pistol-grip deformity. The anteroposterior view showing asphericity of the femoral head as the area which extrudes from the circle laterally (arrow)“ Entnommen aus: [12, p. 1013]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M., Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. [Röntgenbild einer Hüfte mit einem Cam-Impingement, das sich als Pistolengriff-Deformität darstellt. Die anteroposteriore Ansicht zeigt die Asphärizität des Femurkopfes als den Bereich, der seitlich aus dem Kreis herausragt (Pfeil).] 18
- Abbildung 6: „Der laterale CE-Winkel wird gebildet zwischen einer Linie, die das Hüftkopffzentrum (C) mit dem Pfannenerker (E) verbindet und der Vertikalen (V)“. Entnommen aus: [90, p. 526]. Republished with permission of Springer Nature BV, from Imaging in developmental dysplasia of the hip, Henle, P., M. Tannast, K.A. Siebenrock, Orthopade, 37(6), 1972; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. 19
- Abbildung 7: Darstellung der Gelenkkompartimente. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 98]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München. 25
- Abbildung 8: Darstellung der klassischen Portale zum peripheren Kompartiment. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 112]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München. 26
- Abbildung 9: Darstellung der klassischen Portale zum zentralen Kompartiment. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 99]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München. 26
- Abbildung 10: „Diagrams showing the construction of angle alpha. Point A is the anterior point where the distance from the centre of the head (hc) exceeds the radius (r) of the subchondral surface of the femoral head. Alpha is then measured

as the angle between A-hc and hc-nc, nc being the centre of the neck at the narrowest point. Figure 2a shows a hip in a normal subject and Figure 2b a typical deformation.“ Entnommen aus: [157, p. 558]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement, Hodler, J., Treiber, K., Schmid, M.R., Stoecklin, C., Wyss., T., F., Nötzli, H.P., 84(4), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. [Die Diagramme zeigen die Konstruktion des Winkels Alpha. Punkt A ist der anteriore Punkt, an dem der Abstand vom Zentrum des Kopfes (hc) den Radius (r) der subchondralen Oberfläche des Hüftkopfes überschreitet. Alpha wird dann als der Winkel zwischen A-hc und hc-nc gemessen, wobei nc die Mitte des Halses an der engsten Stelle ist. Abbildung 2a zeigt die Hüfte einer normalen Person und Abbildung 2b eine typische Verformung.]..... 46

Abbildung 11: Darstellung der Gründe für einen erneuten chirurgischen Eingriff aus Patientensicht. Angabe der Patienten in absoluten Zahlen. 54

Abbildung 12: Darstellung des präoperativen Arthrosegrads nach Kellgren und Lawrence [99]. 55

Abbildung 13: Vergleich der a.p. und der axialen präoperativen alpha-Winkel 56

Abbildung 14: Vergleich der postoperativen alpha-Winkel der a.p.- und der axialen Aufnahmen. 57

Abbildung 15: Vergleich der präoperativen und postoperativen alpha-Winkel der a.p.- und der axialen Aufnahmen. 57

Abbildung 16: Darstellung des von den Patienten selbstempfundenen postoperativen Funktionszustand der Hüfte. Die x-Achse stellt den empfundenen Funktionszustand der Patienten dar und die y-Achse die Fallzahl der Studienteilnehmer. 60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der erhobenen Parameter der Haupttabelle.....	33
Tabelle 2: Darstellung der erhobenen Daten der Röntgentabelle.....	36
Tabelle 3: Zeigt Schritt 1: Neugruppierung des Fragenkatalogs. Modifizierte Tabelle nach [41].....	42
Tabelle 4: Zeigt Schritt 2: 8 Dimensionen durch Bildung von Mittelwerten der neugruppierten Fragen. Tabelle modifiziert nach [41].	43
Tabelle 5: Schweregradeinteilung der heterotopen Ossifikation nach Brooker [21].	49
Tabelle 6: Darstellung des Patientenkollektivs.	53
Tabelle 7: Zusammenstellung der durchgeführten Therapien.	55
Tabelle 8: Darstellung der Veränderung der präoperativen Winkel zu den postoperativen Winkeln.....	59
Tabelle 9: Darstellung der Komplikationsarten und der Anzahl der Komplikationen während bzw. nach der Hüftarthroskopie.	61
Tabelle 10: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen.....	62
Tabelle 11: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193].	62
Tabelle 12: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der mentalen und physikalischen Dimension des SF 36 [25].	63
Tabelle 13: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88].....	63
Tabelle 14: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse von zwei der fünf verschiedenen Bereiche des HOS [134], [135], [136].	64
Tabelle 15: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse von drei der fünf verschiedenen Bereiche des HOS [134], [135], [136].	65
Tabelle 16: Darstellung möglicher Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.....	66
Tabelle 17: Darstellung der Diagnosen als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.	67
Tabelle 18: Darstellung der Therapien als mögliche Einflussgröße auf das Ergebnis „erneute Operation“.	68
Tabelle 19: Darstellung der präoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.	69
Tabelle 20: Darstellung der postoperativen Winkel auf das Ergebnis „erneute Operation“.....	69
Tabelle 21: Darstellung der Veränderung präoperativer Winkel zu postoperativen Winkeln auf das Ergebnis „erneute Operation“.	70
Tabelle 22: Darstellung der Einflussgrößen auf den postoperativen WOMAC Score... 71	71
Tabelle 23: Darstellung verschiedener Diagnosen als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.	72

Tabelle 24: Darstellung verschiedener Therapien als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.	73
Tabelle 25: Darstellung der verschiedenen präoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.....	74
Tabelle 26: Darstellung der verschiedenen postoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.....	74
Tabelle 27: Darstellung der Veränderung des präoperativen alpha-Winkels zu dem postoperativen alpha-Winkel als mögliche Einflussgröße auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.....	75
Tabelle 28: Darstellung der Einflussgrößen für das Ergebnis „erneute Operation“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.	76
Tabelle 29: Darstellung der Einflussgrößen für den Ausgang „erneute Operation“ der kategoriellen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.....	77
Tabelle 30: Darstellung der Einflussgrößen für das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ der kontinuierlichen Winkel nach dem Modell p-Wert.	78
Tabelle 31: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ der kategoriellen Winkel nach dem Modell p-Wert.....	79
Tabelle 32: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.	80
Tabelle 33: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.	80
Tabelle 34: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.....	82
Tabelle 35: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel 60° bis 90°.....	82
Tabelle 36: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel kleiner als 60°.	83
Tabelle 37: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.	84
Tabelle 38: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe der alpha-Winkel 60° bis 90°.....	84
Tabelle 39: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe der alpha-Winkel kleiner als 60°.	85
Tabelle 40: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.	86
Tabelle 41: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe der alpha-Winkel 60° bis 90°.	86
Tabelle 42: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe der alpha-Winkel größer als 90°.	87

Tabelle 43: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des WOMAC Scores [102], [193].	87
Tabelle 44: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des HHS [88].	88
Tabelle 45: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis der VAS für Schmerzen.	88
Tabelle 46: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des WOMAC Scores [102], [193].	89
Tabelle 47: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des HHS [88].	89
Tabelle 48: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis der VAS für Schmerzen.	90
Tabelle 49: Stellt in modifizierter Weise die Veränderung der präoperativen und postoperativen Winkelwerten dar. Entnommen aus: [47, p. 817].....	97

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Zahl arthroskopischer Eingriffe am Hüftgelenk ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen und gewinnt bei der Behandlung verschiedener Hüftpathologien zunehmend an Bedeutung [40]. In den USA ist die Zahl der durchgeführten Arthroscopien seit 2006 um 600 % gestiegen [19]. Als komplikationsarme und minimalinvasive Therapieoption für das Femoroazetabuläre Impingement (FAI) ist sie nicht mehr wegzudenken [45], [153], [28]. Die früher häufig durchgeführte offene Operation mittels chirurgischer Hüftluxation wird heute fast vollständig durch arthroskopische Eingriffe ersetzt [40], [139]. Die Therapie mittels Hüftarthroskopie eignet sich, nicht mehr nur bei überschaubaren anatomischen Missverhältnissen, sondern sogar für die meisten Fälle eines FAI. Lediglich schwere Deformitäten, wie beispielsweise ein globales Pincer-Impingement, werden häufig noch mittels offener Operation angegangen [154]. Gründe für diesen Trend sind nicht zuletzt eine weniger aufwendige und schnellere Rehabilitation, eine niedrigere Komplikationsrate [139], [18], [50] und eine höhere Lebensqualität in gesundheitlicher Hinsicht [158]. Im Raum steht immer wieder die Annahme, dass möglicherweise ein FAI Auslöser für die Entwicklung einer sekundären Coxarthrose sein könnte [199], [71], [8]. Die Möglichkeit durch eine Behandlung des FAI eine Hüftgelenksdegeneration zu verhindern, macht die Therapie dieser Hüftanomalie umso essentieller. Es waren Leunig et al. [121], die durch ihre Studien deutlich machten, dass ein FAI wahrscheinlich ursächlich für die Entstehung einer Coxarthrose sein könnte. Aus diesem Grund sollte eine Coxarthrose, die sich als Folge eines FAI entwickelt hat, von einer idiopathischen Arthrose unterschieden werden [121]. Ganz et al. versuchten dies mit der Entwicklung einer ausgereiften Technik, der chirurgischen Hüftluxation, zu belegen. Dafür führten sie eine Studie mit über 600 Hüftluxationen durch [71]. In mehreren Arbeiten konnten Indizien gefunden werden, die die Hypothese stützen, dass ein FAI eine häufige Ätiologie für die Entwicklung einer Arthrose des Hüftgelenks darstellt [94], [121], [12].

Schon bevor Ganz et al. einen Zusammenhang zwischen dem FAI und dem Auftreten eines arthrotisch veränderten Hüftgelenks feststellten, spekulierte Murray bereits im Jahr 1965, dass selbst geringe Formveränderungen des proximalen Femurs die Entstehung

einer Coxarthrose zur Folge haben könnten [147]. Im Jahre 1986 waren es Harris und seine Mitarbeiter, die eine ähnliche Ansicht wie Murray vertraten. Sie wiesen daraufhin, dass ursächlich für die „idiopathische Coxarthrose“ unter anderem eine mild ausgeprägte azetabuläre Dysplasie, ein Morbus Perthes und das Vorliegen einer Pistol-grip-Deformität bei Patienten mit einer Epiphyseolysis capitis femoris sein könnten [87].

Allerdings war es weder Murray, Harris noch Solomon möglich, sichere Aussagen zu dem zugrundeliegenden Pathomechanismus zu tätigen [147], [87], [189].

Das Konzept des FAI geht wesentlich auf Ganz und seine Arbeitsgruppe in Bern zurück. 1991 stellten sie fest, dass sich das FAI als mögliche Komplikation nach fehlverheilten medialen Schenkelhalsfrakturen manifestieren kann [67]. Auf die Spur des FAI brachten sie Läsionen an dem azetabulären Knorpel bei weitestgehend unbeschädigtem Hüftkopfknochen. Es wurden zudem Gemeinsamkeiten zum Impingement nach proximalen Oberarmfrakturen festgestellt [67]. Eine Beschwerdelinderung konnte bei den Patienten durch eine Kallusbeseitigung erzielt werden [67]. Allerdings sah man zu diesem Zeitpunkt noch keinen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines Impingements und einer degenerativen Knorpelveränderung. Erst durch die intrakapsulären Beobachtungen, die durch die chirurgischen Hüftluxationen ermöglicht wurden, konnte der Pathomechanismus, der den Knorpelläsionen zu Grunde lag, erklärt werden [40].

Bei einem FAI kommt es durch abnorme knöcherne Strukturen der Hüfte zu einem pathologischen Kontakt von Femurhals und Azetabulum. Durch diese Gelenkinkongruenz ist der Bewegungsablauf gestört, in dessen Folge es zu Läsionen, insbesondere des azetabulären Knorpels und des Labrums, kommen kann [71], [12]. In manchen Fällen können im Bereich des Kopf-Hals-Überganges sekundär Zysten (auch als „herniation pits“ oder „impingement cysts“ bezeichnet) durch den andauernden mechanischen Konflikt entstehen [119], [170]. Letztendlich können diese anatomischen Missverhältnisse zwischen proximalem Femur und Azetabulum zu einer frühzeitigen Abnutzung der Gelenkflächen und möglicherweise auch zur Degeneration des Hüftgelenks führen [199], [71], [43].

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Hauptformen des FAI - das Cam- („Nockenwellen-“) Impingement und das Pincer- („Beißzangen-“) Impingement [71]. Diese Zuordnung ist abhängig von klinischen und radiologischen Parametern.

Das Cam-Impingement zeichnet sich durch eine pathologische Form des femoralen Schenkelhals-Kopf-Übergangs aus, während bei dem Pincer-Impingement eine

sogenannte „Über-Überdachung“ des Femurkopfes durch das Acetabulum vorliegt [71]. Bei der überwiegenden Mehrheit der FAI-Patienten trifft man auf Mischkomponenten. Dabei liegt röntgenradiologisch sowohl eine Cam-Komponente als auch eine Pincer-Komponente vor [12], [43]. Je stärker die Anomalität ausgeprägt ist, desto früher und in größerem Ausmaß treten erste Gelenkschädigungen auf. Ein früheres Auftreten von Läsionen zeigt sich unter anderem bei höherer Beanspruchung des Gelenkes [44]. Einige anatomische Anomalitäten sind mit der Entstehung eines Impingements assoziiert. Dennoch ist der überwiegende Teil derer, die ursächlich zur Entstehung eines FAI beitragen, nicht identifiziert. Bekannte Fehlformen, die in Verbindung mit der Entwicklung eines Cam- oder Pincer-Impingements stehen, sind unter anderem Morbus Perthes, Epiphysiolysis capitis femoris oder sekundäre Protrusio [70].

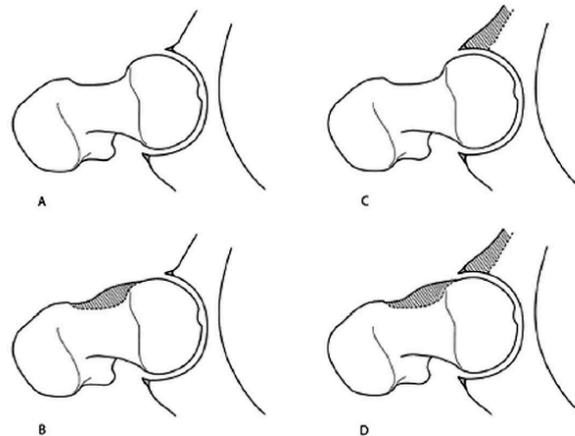


Abbildung 1: „The factors causing FAI are shown. The reduced clearance during joint motion leads to repetitive abutment between the proximal femur and the anterior acetabular rim. A, Normal clearance of the hip, (B) reduced femoral head and neck offset, (C) excessive over coverage of the femoral head by the acetabulum, and (D) combination of reduced head and neck offset and excessive anterior over coverage can be seen.“ Entnommen aus: [115, p. 62]. Republished with permission of Wolters Kluwer Health, Inc from Anterior Femoroacetabular Impingement: Part I. Techniques of Joint Preserving Surgery, Lavigne, M., Parvizi, J., Beck, M., Siebenrock K. A., Ganz, R., Leunig, M.; Clin Orthop Relat Res, 418, p. 61- 66, (https://journals.lww.com/clinorthop/fulltext/2004/01000/anterior_femoroacetabular_impingement__part_i_11.aspx; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.).

[Dargestellt sind die Faktoren, die ein FAI verursachen. Der verringerte Spielraum bei der Gelenkbewegung führt zu einem wiederholten Anstoßen zwischen dem proximalen Oberschenkelknochen und dem vorderen Hüftpfannenrand. A, normaler Bewegungsspielraum der Hüfte, (B) verminderter Femurkopf- und Hals-Offset, (C) übermäßige Überdachung des Hüftkopfes durch die Hüftpfanne und (D) Kombination aus reduziertem Kopf-Hals-Offset und übermäßiger anteriorer Überdachung.]

Um die Diagnose eines FAI stellen zu können, müssen verschiedene klinische und radiologische Kriterien erfüllt werden. Es sollte zunächst eine gründliche Anamnese und klinische Untersuchung durchgeführt werden. Patienten, die ein FAI aufweisen, leiden häufig an erheblichen Bewegungseinschränkungen. Sie schildern typischerweise Beschwerden bei der Flexion und Innenrotation. Bei diesen Bewegungen kommt es besonders zu einem mechanischen Konflikt zwischen dem Kopf-Hals-Übergang und dem Acetabulum [71], [113]. Des Weiteren geben sie oftmals Schmerzen im Leistenbereich an, die besonders stark nach längerem Sitzen oder nach sportlichen Aktivitäten auftreten [71], [60]. Als Bestandteil der klinischen Untersuchung haben sich der vordere Impingementtest, der hintere Impingementtest und der FABER (Flexion, Abduktion, External Rotation, Extension) -Test bewährt [202], [48]. Die anschließende Röntgenuntersuchung zählt zu dem Standardverfahren der primären Diagnosesicherung [80], [143]. Es werden eine a.p. Beckenaufnahme und eine Aufnahme einer zweiten Ebene zum proximalen Oberschenkel empfohlen [71], [108]. Oftmals werden bei entsprechendem Verdacht als ergänzende diagnostische Maßnahmen ein MRT oder eine MR-Arthrographie bei entsprechendem Verdacht durchgeführt [198]. Die MRT Diagnostik ermöglicht das Erkennen von Pathologien, insbesondere von Knorpelveränderungen, die sich möglicherweise noch in einem behandelbaren Stadium befinden [108]. Um die Symptome und insbesondere den degenerativen Prozess teilweise zu verhindern oder ihn bei schon bestehender Degeneration zu verlangsamen, wird eine frühzeitige Operation empfohlen [121], [117], [59]. Die Therapie beinhaltet bei dem Cam-Impingement eine Rekonturierung des Kopf-Hals- Überganges und beim Pincer-Impingement eine Anpassung der acetabulären Pfannenrandpathologie durch eine Hüftarthroskopie oder eine chirurgische Hüftluxation [68], [71], [115].

1.2 Anatomie des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk (*articulatio coxae*) ist das Verbindungsglied von zwei artikulierenden Strukturen – dem Becken und dem Oberschenkel. Es handelt sich um ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden, der Flexion und Extension, der Abduktion und Adduktion und der Innen- und Außenrotation. Es setzt sich aus zwei Gelenkpartnern zusammen, namentlich dem Acetabulum und dem Caput femoris. Durch Komponenten des Os ilium, des Os ischi und des Os pubis, die miteinander in Verbindung stehen, wird die napfförmige Knochenpfanne, das Acetabulum, geformt. Das Acetabulum wird weiterhin

durch den Limbus acetabuli, die Facies lunata, die Fossa acetabuli und die Incisura acetabuli gebildet [181]. Das Lig. transversum acetabuli verschließt die Incisura acetabuli nach unten hin. Hier entspringt zudem das Lig. capitis femoris und setzt an der Fovea capitis femoris an. Dieses Band führt den R. acetabularis der A. obturatoria. Die hufeisenförmige, mit hyalinem Knorpel überzogene Gelenkfläche der Facies lunata befindet sich an der inneren Seite des Acetabulums [32]. Umgeben von der Facies lunata befindet sich mittig die Fossa acetabuli. Das Labrum acetabulare, welches den äußeren Oberrand bildet, besteht aus Faserknorpel und verleiht dem Hüftgelenk zusätzliche Stabilität, da es die Hüftpfanne zum Rand hin abdichtet und den Caput femoris umfasst [6].

Der Caput femoris ist vollständig von hyalinem Knorpel überzogen und gewährleistet ein reibungsfreies Artikulieren in der Hüftpfanne [15]. Die Fovea capitis femoris befindet sich an dem proximalen Pol und ist der Ansatz für das Ligamentum capitis ossis femoris. Dort zeichnet sich eine kleine ovale Mulde ab. An den fast vollkommen kugelförmigen Caput femoris schließt sich der Collum femoris an. Der Übergang ist durch eine deutliche Taillierung geprägt. Anschließend geht der Oberschenkelhals in den Femur über [181].

Die Kraft übertragenden Flächen des Hüftgelenks sind also mit hyalinem Knorpel überzogen und gewährleisten dadurch, dass bei Bewegungen ein Gleitvorgang mit ganz geringem Widerstand stattfinden kann [15], [46]. Um Schäden an dem Knorpel zu verhindern, sollte eine nur stellenweise stattfindende Beanspruchung vermieden werden. Zudem ist die Bewegungsfreiheit, die das Hüftgelenk bietet, wesentlich von der Größe des Oberschenkelkopfes und des Verhältnisses von Oberschenkelkopf- und Oberschenkelhalsdurchmesser abhängig [122].

Das Kugelgelenk bietet eine sichere Führung und somit eine gute Stabilität. Allerdings birgt diese enge knöcherne Führung schon bei den geringsten Deformitäten einer der beiden Gelenkpartner ein mechanisches Problem: Es kommt zu einem pathologischen Kontakt, der zu verschiedenartigen Schäden der Gelenkanteile führen kann. Abweichungen der Form liegen häufig auf Seiten des Acetabulums oder des Hüftkopf-Schenkelhals-Überganges vor. Zudem trifft man nicht selten auf Mischformen dieser beiden Deformitäten [12].

1.3 Cam- und Pincer-Impingement

Das FAI kann, wie bereits in 1.1 erwähnt, in zwei morphologischen Varianten auftreten.

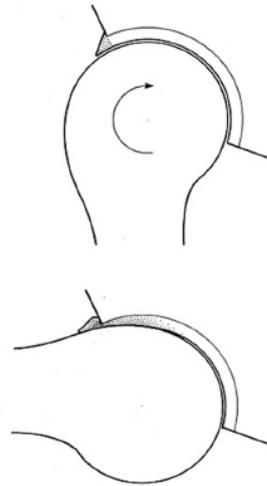


Abbildung 2: „Diagram of the mechanism of damage in cam impingement on a lateral view of the hip. During flexion the aspherical part of the femoral head is jammed into the acetabulum, compressing the cartilage and pushing it at the same time centrally until the cartilage is sheared off the subchondral bone.“ Entnommen aus: [12, p. 1016]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M., Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

[Darstellung des Schädigungsmechanismus beim Cam-Impingement in der seitlichen Ansicht der Hüfte. Bei der Beugung wird der asphärische Teil des Hüftkopfes in die Hüftpfanne eingeklemmt. Dabei wird der Knorpel zusammengedrückt und gleichzeitig in die Mitte geschoben, bis der Knorpel vom subchondralen Knochen abgeschert wird.]

Auf der einen Seite gibt es das Cam-Impingement (Cam [engl.:Nockenwelle]), das auch als Nockenwellen-Impingement bekannt ist und sich durch eine verminderte Taillierung („Offset-Verlust“) zwischen dem Caput femoris und dem Schenkelhals auszeichnet [71]. Dieser pathologische femorale Kopf-Hals-Übergang wird auch als „Bump“ bezeichnet. Häufig ist die Bump-Deformität im anterolateralen Bereich des Kopf-Hals-Übergangs zu sehen [71], [198]. Durch die fehlende Taillierung kommt es bei unterschiedlichen Bewegungen, und besonders bei einer Flexion mit Innenrotation, zu einem Hineinpressen in das Azetabulum [121]. Problematisch ist dabei die fehlende Artikulation innerhalb des Gelenks. Denn die einwirkende Kraft muss nun bis zur Beendigung der Bewegung über Reibung abgebaut werden. Durch diesen Vorgang werden pathologische Scherkräfte ausgeübt, die insbesondere den azetabulären Knorpel betreffen [12]. Die Folgen dieser Scherkräfte können erhebliche Knorpelabrasionen sein, die sich von außen nach innen

abbilden. Außerdem kann es zu einer subchondralen Knorpelablösung kommen [94], [157]. Weiterhin kommt es besonders häufig zu chondralen Läsionen im anterosuperioren Bereich des Azetabulums [12]. Bei einer Fortdauer dieses mechanischen Konflikts kann es im Verlauf zu Labrumrissen oder auch zu Labrumabrissen vom Pfannenrand kommen [12]. Typischerweise sind sportliche Männer im Alter zwischen 20 und 30 Jahren betroffen [94], [121], [76].

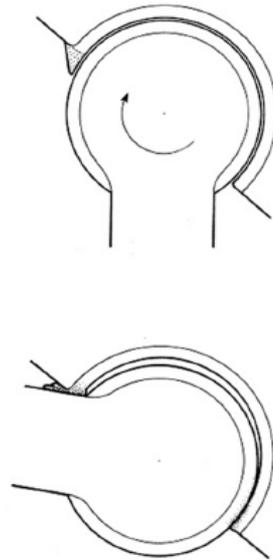


Abbildung 3: „Diagram of the mechanism of damage in pincer impingement on a lateral view of the hip. During flexion the labrum acts as a buffer between the femoral neck and the acetabulum. Only a small area of acetabular cartilage is subject to compression along the rim. Posteriorly, the femoral head is levered out, creating a contrecoup lesion.“ Entnommen aus: [12, p.1016]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M., Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

[Darstellung des Schädigungsmechanismus beim Pincer-Implikation in einer seitlichen Ansicht der Hüfte. Bei der Beugung fungiert das Labrum als Puffer zwischen dem Oberschenkelhals und der Hüftpfanne. Nur ein kleiner Bereich des Hüftpfannenknorpels ist der Kompression entlang des Randes ausgesetzt. Nach hinten wird der Hüftkopf ausgehebelt, wodurch eine Contrecoup-Läsion entsteht.]

Auf der anderen Seite gibt es das Pincer-Implikation (Pincer [engl.: Zange]), das auch als Beißzangen-Implikation bezeichnet wird und die azetabuläre Form des FAI darstellt [71]. Hierbei handelt es sich entweder um eine generell zu starke knöcherne Umfassung oder nur um eine lokale Mehrüberdachung des Caput femoris [71]. Die globale Form der Pincer-Deformität kann bei Vorhandensein einer Coxa profunda vorliegen. Die lokale Mehrüberdachung liegt am häufigsten bei einer Fehlorientierung der Hüftgelenkspfanne (azetabuläre Retroversion) vor [95]. Im Gegensatz zu dem vom Cam-Implikation

betroffenen Personenkreis ist die azetabuläre Form charakteristisch für Frauen im Alter um die 40 Jahre [121], [94]. Durch die anatomische Veränderung der physiologischen Form der Hüftgelenkspfanne kommt es zunächst vornehmlich zu einer Labrumschädigung [118]. Verursacht wird diese durch das pathologische Anschlagen des Oberschenkelhalses während der Flexion im Hüftgelenk (im anterosuperioren Bereich). Ferner kann es im Verlauf zu einer Labrumdegeneration, einer Labrumverknöcherung und/oder einer Zystenbildung im Labrum kommen [71], [12]. Nicht selten ist bei dauerhaftem Fortbestand letztendlich auch ein Labrumabriss möglich. In einer späteren Phase kann es dann, neben den chondralen Schäden im anterioren Bereich, auch zu chondralen Läsionen im posteroinferioren Bereich kommen [117]. Durch das permanente Anschlagen des Femurhalses an das Labrumgewebe kann es zu sogenannten „Contre-Coup“-Läsionen im posteroinferioren Gelenkknorpelbereich des Azetabulum kommen. Ursache dieses Schädigungsmusters ist eine Hebelwirkung, die die dorsale Seite des Oberschenkelkopfes an die Pfannenhinterwand befördert [71], [12], [171].

Sehr häufig liegt eine Formstörung vor, die sowohl die femorale Komponente als auch die azetabuläre Komponente betrifft [121], [12], [168]. Beide Formstörungen können auf Dauer zu gravierenden Schäden am Gelenk führen, insbesondere zu Läsionen des Labrums und des azetabulären Knorpels [71], [70], [1].

1.4 Ätiologie des FAI

1994 entwickelten Ganz et al. [67] anhand von geheilten Schenkelhalsfrakturen das Konzept des FAI. Sie stellten fest, dass durch die Folgen von Schenkelhalsfrakturen deutliche Veränderungen im Bereich des Femurkopf-Hals-Übergangs zu sehen waren. Diese Kalluswülste, die sich im Bereich der ehemaligen Fraktur gebildet hatten, wurden als Auslöser für die Entstehung eines Cam-Impingements identifiziert. Neben dieser aufgeführten posttraumatischen Ursache, die zur Entstehung eines FAI führen kann, sind an dieser Stelle auch die nach Beckenosteotomien oder nach Osteotomien des Femurs iatrogen verursachten FAI zu nennen [117].

Myers et al. untersuchten beispielsweise Patienten, bei denen – unter anderem aufgrund einer Hüftdysplasie - eine Periazetabuläre Osteotomie durchgeführt wurde. Sie konnten zeigen, dass sich durch die Korrektur ein Impingement entwickelt hatte, das für die nach der Operation aufgetretenen Schmerzen verantwortlich war [148].

2002 stellten Dora et al. fest, dass es auch nach Beckenosteotomien zur Entwicklung eines FAI kommen konnte. Dies geschah immer dann, wenn Überkorrekturen vorgenommen wurden [54].

Allerdings herrscht immer noch weitestgehend Unklarheit über die tatsächlichen Gründe der Entstehung der meisten FAI-Deformitäten [117], [124], [162].

Häufig ist das Vorliegen eines FAI mit einer akuten, chronischen oder subklinischen Epiphysiolyse capitis femoris oder einem Morbus Perthes assoziiert [70], [120], [74], [209]. Das Cam-Impingement tritt wesentlich häufiger bei Männern als bei Frauen auf (s. 1.5 Epidemiologie). Ein möglicher Grund könnte das ebenfalls weitaus häufigere Auftreten einer Epiphysiolyse capitis femoris bei Männern sein [85]. Bei Morbus Perthes [56] und der Hüftkopfnekrose bei Erwachsenen [103] kann es durch die femoralen Veränderungen zu einem FAI-ähnlichen mechanischen Konflikt kommen, dessen Folge ein Cam-Impingement sein kann.

Zudem sollten auch die verschiedenen Ausprägungen der Cam-Deformität beachtet werden. In den meisten Fällen liegt eine nicht-sphärische anterolaterale Ausziehung des Femurkopfes vor, die zu einer verminderten Taillierung des Kopf-Hals-Überganges führt [94], [11]. Siebenrock et al. kamen in ihrer 2004 durchgeführten Studie zu dem Ergebnis, dass möglicherweise ein pathologisches Wachstum der Epiphysenfuge zu Deformitäten am anterolateralen Kopf-Hals-Übergang führen könnte [186].

Bei der „Pistolgriff-Deformität“ [195] (auch als „tilt-deformity“ [147] bezeichnet) handelt es sich um eine große, vorwiegend lateral gelegene Ausziehung [87], [189], [186], die im a.p. Bild anhand einer Kopfentrundung zu sehen ist und an den Griff einer Pistole erinnert. Diese Deformität wurde 1965 zuerst von Murray et al. [147] und später von Stulberg et al. [195] bei einem Kollektiv von Patienten mit idiopathischer Coxarthrose beschrieben. Laut Siebenrock ist eine stark seitliche Ausdehnung der Hüftkopfepiphyse die Ursache für die Pistolengriff-Deformität [186]. Hingegen vertreten Goodman, Murray und Stulberg die Auffassung, dass eine abgelöste Hüftkopfepiphyse für die Deformität verantwortlich sei [74], [147], [195].

Es bleibt allerdings zu berücksichtigen, dass die Mehrheit der Cam-Impingement-Patienten keine der zuvor aufgeführten Hüftpathologien vorweist. Aus diesem Grund wurden verschiedene Faktoren, wie der Einfluss der körperlichen Beanspruchung während einer bestimmten Phase der Entwicklung und die genetischen Prädispositionen, untersucht. Dabei stellte sich unter anderem heraus, dass übermäßige Beanspruchungen

des Hüftgelenks und insbesondere hohe Bewegungsamplituden als mögliche Auslöser für die Entstehung eines Cam-Impingements bei physiologischen anatomischen Gegebenheiten in Betracht gezogen werden sollten [117], [122], [66]. Weiterhin stellte man einen Zusammenhang zwischen der Ausübung von High-Impact-Sport, also körperlich stark beanspruchenden Sportarten (Fußball, Rugby, Eishockey etc.), während der Adoleszenz und der Entstehung eines Cam-Impingements fest [162]. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass es während der Adoleszenz durch wiederholte kleine Verletzungen der Wachstumsfuge des proximalen Femurs eine Knochendeformität in Form eines Cam-Impingements entstehen kann [87], [183], [2]. Ferner gibt es bislang keinen sicheren Nachweis, dass ein FAI vererbbar ist [162].

Die globale Form des Pincer-Impingement geht häufig entweder aus einer Coxa profunda oder aus einer „Protrusio acetabuli“ hervor. Es wird vermutet, dass die azetabuläre Protrusion möglicherweise durch eine metabolische oder entzündliche Erkrankung verursacht werden könnte [117]. Liegt eine Retroversion der Pfanne vor, kann ein lokales Pincer-Impingement entstehen [171]. Bei einer azetabulären Retroversion handelt es sich um eine nicht selten vorkommende idiopathische Fehlausrichtung der Hüftpfanne [171]. Hierzu gibt es keine ätiologischen Erklärungsversuche [117].

1.5 Epidemiologie

Auffallend häufig findet man bei Untersuchungen des Hüftgelenks, sei es aufgrund von Schmerzen, aber auch bei asymptomatischen Patienten, ein FAI. Weltweit geht man davon aus, dass die Prävalenz für ein FAI bei 10 % bis 15 % liegt [118]. Mit Blick auf das femorale und azetabuläre Impingement ist hierbei eine deutliche Geschlechtsspezifität erkennbar. Charakteristischerweise leiden Frauen häufiger an dem Pincer-Typ und sind seltener vom Cam-Typ betroffen [198], [121]. Dies wiesen unter anderem Leunig et al. 2013 im Rahmen einer Studie an einem Kollektiv nach, das aus 80 asymptomatischen Frauen bestand (Durchschnittsalter 19,3 Jahre) [124]. Bei Auftreten von Beschwerden waren die meisten zwischen 30 und 50 Jahre alt [37], [165]. Betroffen waren meist die Frauen, die eine starke Beanspruchung des Hüftgelenks durch hohe Bewegungsamplituden zeigten. Bei Frauen mit einer Prädisposition für ein FAI führte ein sehr aktiver Lebensstil früher zu den impingement-typischen Beschwerden [121].

Die Patienten, die an einem Cam-FAI leiden, sind eher männlich und befinden sich meist erst in der zweiten Lebensdekade [83]. Diese Patientengruppe zeichnet sich dadurch aus, dass sie häufig einen athletischen Körperbau vorweist und sportliche Betätigung ihren Alltag bestimmt [12], [114].

Die folgenden Prävalenzangaben von asymptomatischen Studienteilnehmern verdeutlichen, dass das Vorliegen eines FAI selbst bei beschwerdefreien Patienten nicht selten ist. Auffällig ist dabei die höhere Schwankungsbreite bei den Prävalenzangaben der Männer. Diese befinden sich im Bereich von 13,95 % [97] bis 24,7 % [83]. Bei diesen Angaben handelt es sich meistens um das Vorliegen eines Cam-Impingements [76], [83], [97].

Diesel et al. kommen in ihrer 2015 publizierte Querschnittsstudie zu Prävalenzangaben des FAI von 53 %. Bei dem untersuchten Patientenkollektiv handelte es sich um 185 asymptomatische, nicht sportlich aktive Studienteilnehmer [52].

Hack et al. stellten 2010 im Rahmen ihrer Arbeit bei einem Kollektiv aus 200 asymptomatischen Personen mit einem durchschnittlichen Alter von 29,4 Jahren eine Prävalenz der Cam-Morphologie von 14 % fest. Die untersuchten Personen hatten bislang keine Hüftoperationen und zeigten keine Hinweise auf Anomalien des Hüftgelenks. Weiterhin konnten sie auch bestätigen, dass die Cam-Morphologie in ihrem Kollektiv bei Männern mit 24,7 % im Vergleich zu 5,4 % bei Frauen häufiger auftritt [83].

Ähnliche Prävalenzangaben fanden Reichenbach et al. in ihrer Studie mit einem Kollektiv, das sich aus 244 asymptomatischen Männern mit einem durchschnittlichen Alter von 19,9 Jahren zusammensetzte. Hier bildete sich eine Prävalenz des Cam-Impingements von 24 % ab [174].

Auch Gosvig et al. stellten geschlechtsspezifische Unterschiede beim Cam-Impingement fest. Bereits 2008 wiesen sie bei einem weitaus größeren Kollektiv, das sich aus 1184 Männern und 2018 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 60 Jahren zusammensetzte, ein Cam-Impingement bei 17 % der Männer und bei 4 % der Frauen nach [76].

In der Arbeit von Jung et al. zeigte sich bei einem asymptomatischen Patientenkollektiv, dass sich aus 108 Männern (Durchschnittsalter: 62,5 Jahre) und 272 Frauen (Durchschnittsalter: 59,5 Jahre) zusammensetzte, dass das Vorliegen einer Cam-Deformität selbst bei beschwerdefreien Patienten keine seltene Erscheinung ist. Die

männlichen Studienteilnehmer wiesen in 13,95 % und die Frauen in 5,56 % der Fälle ein Cam-Impingement auf [97].

Bei den bisher angeführten Studien handelt es sich um Prävalenzangaben von asymptomatischen Personen. Bei einem Kollektiv, das bereits unter Beschwerden leidet, muss eine weitaus höhere Prävalenz angenommen werden.

So zeigten Ochoa et al. bei einem Kollektiv aus 155 jungen Patienten mit schmerzbedingten Beeinträchtigungen an der Hüfte, dass bei 87 % von ihnen radiologische Hinweise für das Vorhandensein eines FAI gefunden werden konnten [159].

Allen et al. untersuchten 133 Patienten mit symptomatischem Cam-Impingement und stellten fest, dass bei 88 Patienten ein Cam-Impingement auf beiden Seiten zu finden war. Allerdings hatten von diesen 78,8 % nur 26,1 % (23 Patienten) beidseitige Hüftschmerzen [4].

Ferner fanden Lung et al., dass 52 % der Patienten, die ein durchschnittliches Alter von 49,5 Jahren hatten und eine Hüftgelenksendoprothese bekommen sollten, radiographische Zeichen eines FAI aufwiesen [130].

Bei Personen, die Leistungssport betreiben, fanden sich im Vergleich zu der angenommenen weltweiten Prävalenz mit 10 % bis 15 % [70], [71] weitaus höhere Prävalenzangaben bezüglich des Vorliegens eines FAI. Falotico untersuchte in einer 2018 publizierten Studie die Prävalenz für das Vorliegen eines FAI bei professionellen brasilianischen Fußballspielern. Dabei wiesen 92,5 % der Fußballspieler ein FAI gegenüber der Kontrollgruppe auf, in der eine Prävalenz von 28,1 % festgestellt wurde. Die Kontrollgruppe setzte sich aus Studienteilnehmern zusammen, die keinen Sport ausübten [61]. Zudem wurde herausgefunden, dass insbesondere Leistungssportler, die bereits in jungen Jahren mit spezifischem Training begonnen hatten, in der Mehrzahl ein Cam-Impingement entwickelten [61]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Larson und seine Kollegen. Sie untersuchten 59 professionelle Eishockey-Spieler und kamen zu einer Prävalenz von mehr als 85 % für das Vorliegen einer Cam-Deformität [114].

Weiterhin ist interessant, dass sich nach Mosler et al. die Prävalenz in Bezug auf das Cam-Impingement bei verschiedenen Ethnizitäten unterscheidet. Sie untersuchten eine Kohorte, die sich aus professionellen männlichen Fußballspielern verschiedener Ethnizitäten zusammensetzte. Sie wiesen auf eine unterschiedliche Anatomie des

proximalen Femurs und auf ein niedrigeres Auftreten von Cam-Deformitäten bei der ostasiatischen Population im Vergleich zu der weißen, schwarzen, persischen und arabischen Bevölkerung hin. Ihre Untersuchung ergab die höchste Prävalenz der Cam-Deformität bei der weißen Bevölkerung [145]. Dem entgegen stehen die Ergebnisse der von Rhyu et al. 2019 publizierten Studie. Sie konnten keine Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens einer Cam-Deformität zwischen der asiatischen Bevölkerung und anderen Ethnizitäten finden [176].

1.6 Klinik

1.6.1 Klinische Symptome

Charakteristisch ist, dass die FAI-Patienten zu Beginn über Leistenschmerzen klagen und eine eingeschränkte Beweglichkeit aufweisen. Besonders betroffen ist dabei die Innenrotation bei gleichzeitiger Flexion des Hüftgelenks [71], [172]. Zudem können auch Trochanterschmerzen auftreten, die teilweise mit einer Schmerzausstrahlung einhergehen [121]. Zu Beginn der Entstehung eines FAI kommt es meistens lediglich nach starker Beanspruchung des Hüftgelenks oder längerem Sitzen zu Leistenschmerzen [121], [172]. Erst wenn es zu ausgeprägten intraartikulären Läsionen gekommen ist, weisen die Betroffenen mechanische Symptome, wie ein Knacken der Hüfte, auf [172]. Oftmals zeigen betroffene Frauen anfangs eine besonders gute Flexion und Innenrotation. Erst im späteren Erkrankungsverlauf kommt es besonders bei diesen beiden Bewegungsrichtungen zu massiven Einschränkungen. Hingegen ist bei Männern auffällig, dass bereits in jugendlichen Jahren häufig Probleme bei der Innenrotation auftraten [121]. Patienten, die an einem FAI leiden, weisen häufig eine lange Liste ergebnisloser Diagnosen vor, bis letztendlich die wahre Ursache ihrer Beschwerden ausfindig gemacht werden konnte. Dies liegt daran, dass die Schmerzen oftmals fehlgedeutet werden [100]. Bei sportlich aktiven Patienten werden Gelenkbeschwerden oftmals als muskuläre Beschwerden fehlgedeutet, sodass diese Patienten bei einer meist erst relativ späten Diagnosestellung bereits erhebliche chondrale Läsionen vorweisen [121], [66].

Beschwerden, die durch tiefes und längeres Sitzen ausgelöst werden sowie Bewegungseinschränkungen aufgrund von Schmerzen bei Flexion und Innenrotation,

sind Hinweise für das Vorliegen eines kranial-medialen FAI. Hingegen sind Beschwerden wie Nachtschmerzen oder zunehmende Kleinschrittigkeit ein Indiz für das Vorliegen eines posteroinferioren FAI. In solchen Fällen könnten die Betroffenen eine Coxa profunda vorweisen [121].

Wie bereits in Kapitel 1.5 beschrieben, leiden Frauen weitaus häufiger an einem Pincer-Impingement [124]. Die Patientinnen schildern einen Schmerz, der sich schlecht mit Analgetika behandeln lässt und besonders bei Bewegungen auftritt. Außerdem klagen sie über Nachtschmerzen. Insgesamt ist bei diesem Patientenkollektiv vom Pincer-Typ der Erkrankungsverlauf eher langsam, sodass sich erst später nicht tolerierbare Gelenksbeschwerden bemerkbar machen [122]. Die unter einem Cam-Impingement leidenden Personen, sind wie in Kapitel 1.5 geschildert, eher männlich und sportlich sehr ambitioniert [76], [124], [121]. Typischerweise klagen die betroffenen Personen über Schmerzen, die nicht unbedingt klassische FAI-Schmerzen darstellen und milder ausgeprägt sind als bei der Pincer-Schmerzsymptomatik. Zudem können Dehnübungen häufig nur eingeschränkt durchgeführt werden. Da diese Symptomatik muskulären Problemen ähnelt, dauert es oftmals lange, bis der Patient sich bei einem Arzt für eine weitergehende Diagnostik vorstellt [122].

Zahlreiche Studien weisen auf den Zusammenhang zwischen Hüft- und Leistenschmerzen und dem Vorliegen eines FAI hin [114], [188]. Im Gegensatz zu der überwiegenden Zahl an radiologisch und symptomatischer Cam-Impingement Diagnosen gibt es auch Fälle von asymptomatischen FAI Diagnosen. Auf diesen Aspekt des FAI machten Gosvig et al. aufmerksam. In ihrer 2008 durchgeführten Studie konnten sie keine signifikante Korrelation zwischen Hüft- oder Leistenschmerzen und dem Vorhandensein eines Cam-Impingements feststellen. Dies galt sowohl für die untersuchten Männer als auch Frauen mit Cam-Morphologie [76].

1.6.2 Klinische Diagnose

Um die Diagnose eines FAI zu erhärten, eignen sich verschiedene Bewegungsüberprüfungen. Zum einen bietet sich der Impingementtest an. Dieser ist bei den meisten Personen, die unter einem FAI leiden, positiv [71], [118], [165]. Man unterscheidet zwischen einem vorderen und einem hinteren Impingementtest. Um Anomalitäten im anterioren, anterosuperioren und superioren Bereich des Kopf-Hals-Übergangs oder des Acetabulums aufzuspüren, eignet sich der vordere Impingementtest.

Das betroffene Bein des Patienten wird im Hüftgelenk zwischen 40° und 90° flektiert, adduziert und zusätzlich innenrotiert. Bei Vorliegen eines positiven vorderen Impingementtests kommt es zu einer Einschränkung des Bewegungsausmaßes der Innenrotation oder Adduktion und dem Auftreten eines reproduzierbaren Schmerzes in der Leiste [71], [118]. Eine reduzierte Flexion der Hüfte, die kleiner als 90° ausfällt, und eine reduzierte Innenrotation stehen im Zusammenhang mit dem Auftreten eines FAI [37], [188], [212]. Agricola et al. [1] erklärten, das Risiko für die Entwicklung einer Coxarthrose sei erhöht, wenn die Hüftinnenrotation, bei gleichzeitiger Flexion des Knies um 90° , kleiner als 20° und der alpha-Winkel größer als 83° sind. Ferner fanden Hack et al. in ihrer Studie heraus, dass eine negative Korrelation zwischen der Innenrotation und dem alpha-Winkel besteht [83]. Um Anomalien im posterosuperioren und posterioren Bereich des Kopf-Hals-Übergangs oder des Acetabulums ausfindig zu machen, kann der hintere Impingementtest angewendet werden. Dabei liegt der Patient in Rückenlage mit dem Gesäß nahe des Endes der Untersuchungsliege, sodass das zu untersuchende Bein in Extension bewegbar ist. Das Bein wird nun in Extension und Außenrotation gebracht. Gibt der Patient bei diesem Manöver einen reproduzierbaren Schmerz an und ist der volle Bewegungsumfang der Außenrotation limitiert, wird der Test positiv gewertet [71], [118].

Zudem kann, um ein FAI zu identifizieren, der FABER (Flexion, Abduktion, External Rotation)- Test durchgeführt werden. Hierbei können Patienten mit einem FAI Schmerzen im Bereich der lateralen Hüftregion verspüren. Laut der Untersuchung von Pacheco-Carrillo et al. [161] zählt der FABER-Test zu den klinischen Untersuchungsmöglichkeiten mit einer hohen Sensitivität, ein FAI aufzudecken. Der Patient befindet sich in Rückenlage und das zu untersuchende Bein wird im Hüftgelenk und Kniegelenk so gebeugt, dass der Malleolus lateralis auf dem anderen Knie ruht. Dabei fällt bei Patienten, die unter einem FAI leiden, häufig ein größerer Abstand zwischen der Knieaußenseite der symptomatischen Beinseite im Vergleich zu der beschwerdefreien Beinseite auf [26]. Trindade et al. [202] werteten in ihrer Studie, die 2018 publiziert wurde, den FABER Test als positiv, wenn eine Seitendifferenz von mehr als 4 cm vorhanden war. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der FABER Test mit dem alpha-Winkel korreliert und ein gutes Messinstrument für die Identifizierung eines Cam-Impingements darstellt. Patienten mit einem positiven Test hatten auch einen höheren alpha-Winkel als Patienten mit einem negativen Test.

1.7 Radiologische Diagnose

Ergeben die Anamnese und die klinische Untersuchung den Verdacht, dass eine Hüftpathologie in Form eines FAI vorliegen könnte, wird in einem nächsten Schritt die Röntgendiagnostik durchgeführt. Um das Krankheitsbild sicher beurteilen zu können, sind zwei Aufnahmen des Hüftgelenks sinnvoll [121]. Ganz et al. empfehlen zur FAI-Diagnostik eine a.p. Beckenaufnahme und eine laterale Aufnahme des proximalen Oberschenkels [71]. Bei der Beckenaufnahme ist es wichtig, dass das Endstück des Os Coccyx abgebildet ist. Dieses sollte in Verlängerung zur Symphyse stehen und ungefähr 1 bis 2 cm Abstand zu ihr haben [184]. Weiterhin ist darauf zu achten, dass sowohl der vordere Pfannenrand als auch der hintere Pfannenrand gut beurteilbar sind.

Um Anomalien im Bereich des Kopf-Schenkelhals-Überganges aufzudecken, eignet sich von den lateralen Aufnahmen besonders die „Cross-table“-Projektion [57], [48]. Bei der Cross-table-Aufnahme befindet sich der Patient in Rückenlage. Das zu beurteilende Bein wird in 15° Innenrotation und Extension gelagert. Das andere Bein ist im Hüftgelenk um 90° flektiert und abduziert. Ferner sind in dieser Projektion Torsionfehlstellungen des proximalen Oberschenkels beurteilbar [198], [48].

Wichtig zu beachten ist, dass bei einem FAI anfangs die klassischen radiologischen Zeichen für das Vorhandensein einer Coxarthrose fehlen [128]. Eine Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Osteophytenanlagerung und Zystenbildung sind in der frühen Phase eines FAI nicht zu finden [128].

1.7.1 Radiologische Diagnostik des Cam-Impingements

Das Cam-FAI ist in den lateralen Projektionen gut darstellbar [71]. Es eignen sich sowohl die laterale Projektion des proximalen Femurs nach Lauenstein (axiale Aufnahme) sowie die „Cross-table“-Aufnahme [57]. Durch diese Aufnahmen können die häufig vorkommenden Deformitäten, die sich im antero-lateralen Bereich befinden [199], [131], erfasst werden.

Das Ausmaß bzw. das generelle Vorliegen eines Cam-FAI lässt sich anhand der Bestimmung des alpha-Winkels nach Nötzli [157] erfassen (s. 2.9.1 Alpha-Winkel).

Ein weiterer Parameter, durch den ein FAI quantifiziert werden kann, ist das Kopf-Hals-Offset nach Eijer et al. [57]. In den seitlichen Projektionen ist dieser Kopf-Hals-Offset

gut bestimmbar. Er beschreibt den Abstand zwischen zwei Parallelen zur Schenkelhalsachse, wobei die eine an die anteriore Kopfkantur projiziert wird und die andere auf den anterioren Femurschaft bzw. auf den Punkt der Asphärität gelegt wird. Die physiologischen Werte für das Offset liegen bei $11,6 \pm 0,7$ mm. Werte, die bei $7,2 \pm 0,7$ mm liegen, signalisieren ein reduziertes Offset und sind Hinweise für ein Cam-Impingement [57]. Das Verhältnis zwischen Femurkopf-Schenkelhals-Offset und Hüftkopfdurchmesser wird durch das Offset-Verhältnis beschrieben. Dabei spricht man bei Werten von $0,13 \pm 0,05$ mm vom Vorliegen eines Cam-Impingements, während man bei Werten von $0,21 \pm 0,03$ mm physiologische Femurkopf-Schenkelhals-Übergänge erwartet [198],[197].

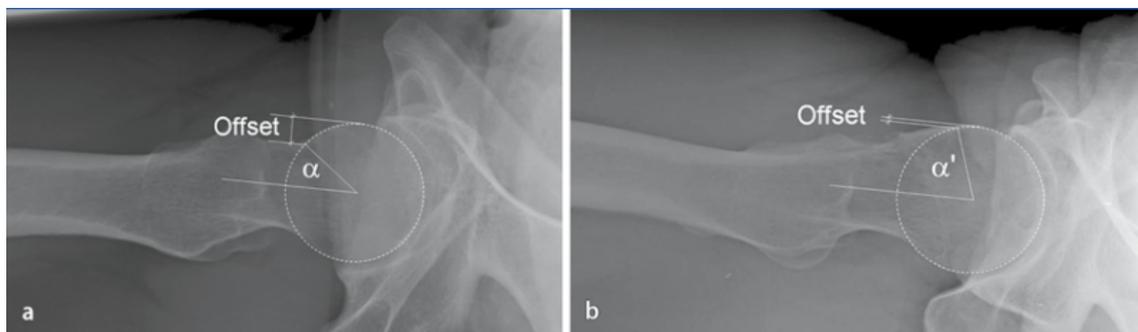


Abbildung 4: „Bestimmung von α -Winkel und Kopf-Hals-Offset auf axialen Projektionen (cross table): a mit Normalbefund, b mit reduziertem Offset und vergrößertem α -Winkel.“ Entnommen aus: [90, p. 529]. Republished with permission of Springer Nature BV, from *Imaging in developmental dysplasia of the hip*, Henle, P., M. Tannast, K.A. Siebenrock, 37(6), 1972; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

In der a.p. Aufnahme kann man eine Pistol-grip-Deformität [engl.: Pistolengriff-Deformität] erkennen. Hierbei handelt es sich um eine lateral gelegene Ausziehung der Femurkopfkantur, die zu einer verminderten Taillierung im Bereich des Schenkelhals-Kopf-Übergangs führt [87], [195] und somit auch zu einem im lateralen Bereich reduzierten Kopf-Hals-Offset.



Abbildung 5: „Radiograph of a hip with cam impingement presenting as a pistol-grip deformity. The anteroposterior view showing asphericity of the femoral head as the area which extrudes from the circle laterally (arrow)“ Entnommen aus: [12, p. 1013]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage, Ganz, R., Leunig, M., Kalhor, M., Beck, M., 87(79), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. [Röntgenbild einer Hüfte mit einem Cam-Impingement, das sich als Pistolengriff-Deformität darstellt. Die anteroposteriore Ansicht zeigt die Asphärizität des Femurkopfes als den Bereich, der seitlich aus dem Kreis herausragt (Pfeil).]

Oftmals lassen sich bei Vorliegen eines FAI radiologisch zystische Veränderungen finden, welche auch als „Herniation Pits“ betitelt werden und besonders am ventrolateralen Femurkopf-Schenkelhals-Übergang auftreten. Radiologisch sind runde bis ovale Aufhellungen zu erkennen. Diese kleinen Aufhellungen haben meistens einen kleineren Durchmesser als 1 cm. Zum Teil sind sie auch mit ausgeprägter Randsklerose vergesellschaftet. Diese Zysten entstehen durch den pathologischen Kontakt der zwei Gelenkkomponenten und werden durch das ständige Anschlagen erklärt [170].

1.7.2 Radiologische Diagnostik des Pincer-Impingements

Gut beurteilbar ist eine Pincer-Morphologie in einer orthograden Projektion durch eine a.p. Beckenübersicht.

Wie bereits in Abschnitt 1.3 beschrieben, kann es sich bei einem Pincer-Impingement um eine generalisierte azetabuläre- oder eine lokalisierte Mehrüberdachung handeln.

Diese generalisierte Mehrüberdachung lässt sich mithilfe des Lateralen-Centrum-Erker-

Winkels (LCE-Winkel) nach Wiberg erfassen. Hiermit lässt sich das genaue Ausmaß der lateralen Überdachung des Hüftkopfs bestimmen [210]. Konstruiert wird der LCE-Winkel zwischen einer Linie durch die Femurkopfmittle und einer Tangente an dem seitlichen Pfannenrand. Nach Wiberg sind Werte, die zwischen 20° und 25° liegen, grenzwertig. Gesunde weisen Winkelwerte zwischen 25° und 39° vor. Werte, die größer als 39° sind, können Anzeichen für eine azetabuläre Mehrüberdachung sein. Hingegen lassen Werte, die kleiner als 20° sind, an eine Hüftdysplasie denken [198], [200], [201], [210].

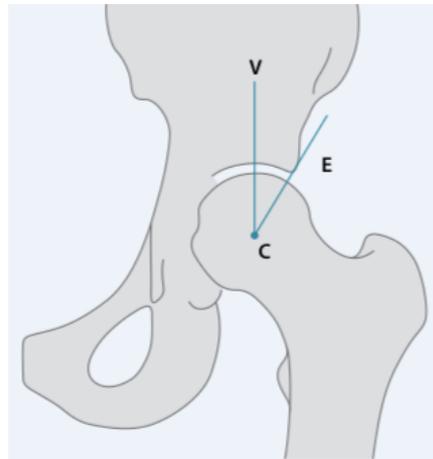


Abbildung 6: „Der laterale CE-Winkel wird gebildet zwischen einer Linie, die das Hüftkopfzentrum (C) mit dem Pfannenerker (E) verbindet und der Vertikalen (V)“. Entnommen aus: [90, p. 526]. Republished with permission of Springer Nature BV, from *Imaging in developmental dysplasia of the hip*, Henle, P., M. Tannast, K.A. Siebenrock, *Orthopade*, 37(6), 1972; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

Sowohl die Coxa profunda als auch die azetabuläre Protusion sind Zeichen einer generalisierten Mehrüberdachung [71], [12]. Von einer Coxa profunda spricht man, wenn die Fossa acetabularis auf oder medial zur Ilioschiallinie liegt. Bei einer azetabulären Protrusion ragt der Femurkopf in der Projektion über die Ilioschiallinie [125]. Nach Lequesne und Morvan handelt es sich dann um eine azetabuläre Protrusion, wenn der Boden der Hüftpfanne mehr als 3 mm medial zur Linea ilioischiadica liegt [116].

Bei lokalen Mehrüberdachungen handelt es sich häufig um azetabuläre Retroversionen. Bei diesen kommt es zur Entstehung eines Cross-Over-Signs. Dabei handelt es sich um eine Überkreuzung des vorderen und des hinteren Pfannenrandes [175]. Normalerweise liegt der vordere Pfannenrand medial des hinteren Pfannenrandes, wenn das Azetabulum antevertiert ist. Somit lassen sich anhand des Cross-Over-Signs Rückschlüsse auf die

Pfannenorientierung ziehen. Ein weiteres Indiz für das Vorliegen einer Pincer-Deformität bzw. einer Retroversion ist das Vorhandensein eines positiven Hinterwandzeichens. Normalerweise projiziert sich die Hinterwand der Hüftkopfpfanne auf den Hüftkopfmittelpunkt. Bei einer insuffizient ausgeprägten Hinterwand kommt die Linie medial des Hüftkopfmittelpunkts zu liegen und man spricht von einem positiven Hinterwandzeichen. Dies ist häufig bei azetabulären Retroversionen oder Hüftdysplasien der Fall [175]. Bei Vorliegen einer stark ausgeprägten Hinterwand kommt die Pfannenhinterwand lateral zum Hüftkopfmittelpunkt zu liegen. Diese Veränderung ist häufig mit einer Coxa profunda oder einer azetabulären Protrusion vergesellschaftet [198]. 2008 machten Kalberer et al. auf ein weiteres Anzeichen für das Vorliegen einer Retroversion aufmerksam. Ihnen fiel auf, dass bei Retroversionen die Spina ischiadica zum einen medial der Linea arcuata zu finden war und zum anderen stark ausgeprägt war [98]. Das Vorhandensein dieser Retroversionszeichen steht nicht in Zusammenhang mit einem tiefen Azetabulum. Es ist vielmehr Ausdruck eines nach posterior falsch ausgerichteten Azetabulums [192].

Oftmals entdeckt man bei Vorliegen einer Retroversion und auch bei einer Coxa profunda eine zweite Kontur des Pfannenhinterrandes. Diese Doppelkontur entspricht einer Knochenapposition [42]. Bei langem Bestehen der FAI-Deformität kann es zu einer reaktiven Ossifikation des Labrums kommen. In diesem Fall kann eine Doppelkontur auftreten. Durch diesen zusätzlichen Knochenanbau aggraviert sich der Impingementmechanismus. Letztendlich kann der ständige femoroazetabuläre Anschlagmechanismus dazu führen, dass Knochenfragmente abbrechen [198].

In Folge des ständigen pathologischen Kontakts zwischen Schenkelhals und Hüftpfanne kann es zu weiteren Veränderungen kommen. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang das „Linear indentation sign“. Diese Identationskerbe lässt sich in lateralen Aufnahmen gut darstellen. Direkt hinter der Kerbe ist eine reaktive kortikale Verdickung zu sehen [198]. Weiterhin befinden sich in a.p. Aufnahmen im Bereich des Schenkelhalses häufig Zysten, die sich aufgrund des ständigen Anschlages entwickeln [119].

1.8 Therapie

1.8.1 Konservative Maßnahmen

Neben den operativen Therapiemöglichkeiten des FAI bieten sich medikamentöse, physikalische und physiotherapeutische Maßnahmen an [58].

Das langfristige Ziel aller Therapiemaßnahmen ist es, die mechanische Belastung, die durch die Impingement-Morphologie vorhanden ist, zu verringern. Dazu ist es erforderlich, den pathologischen Kontakt zwischen dem Hüftgelenkspfannenrand und dem Oberschenkelhals zu minimieren bzw. zu beseitigen. Konservative Maßnahmen versuchen dieses Ziel durch eine Verbesserung der Muskelkontrolle, der –Kraft um die Hüfte herum und das Schulen von Bewegungsmustern, die den pathologischen Kontakt zwischen Oberschenkelhals und Hüftgelenkspfannenrand vermeiden, zu erreichen [78]. Konservative Maßnahmen können dazu beitragen, dass durch stetige Behandlung die Symptome der Hüftbeschwerden abnehmen und sich die Hüftfunktion verbessert. Für das Bewegungsausmaß konnte allerdings keine Verbesserung festgestellt werden [58].

Allerdings können sie auch keine langfristigen Erfolge versprechen und verzögern als alleinige Therapiemaßnahme nur den Zeitpunkt des operativen Eingriffs [121].

In einer 2018 publizierten Studie von Griffin et al., die die Hüftarthroskopie mit der besten konservativen Versorgung eines FAI verglich, wurde gezeigt, dass die Hüftarthroskopie zu einer größeren Verbesserung des Hüftleidens führte als dies bei konservativen Maßnahmen der Fall war [78]. Konservative Behandlungen eignen sich besonders als begleitende Maßnahmen zu einer operativen Behebung der Impingement-Deformität [58].

1.8.2 Chirurgische Maßnahmen

Die chirurgischen Maßnahmen zielen darauf ab, durch die Beseitigung der Impingement-Morphologie, die Schmerzen zu beheben und die physiologische Gelenkfunktion wiederherzustellen bzw. zu erhalten. Insgesamt kann man bei der operativen Behandlung des FAI auf gute klinische Ergebnisse [138], [13], [7] und teilweise auch auf exzellente klinische Ergebnisse verweisen [154].

In der Arbeit von Clohisy et al. wurden die Ergebnisse der chirurgischen Eingriffe zusammengestellt, die von 1950 bis 2009 zur Behandlung eines FAI durchgeführt wurden [38]. Eingeschlossen wurden Studien, die ein Follow-up von mindestens zwei Jahren vorwiesen. Sie stellten fest, dass alle Patienten in den analysierten elf Studien eine Schmerzreduktion und eine Verbesserung der Hüftfunktionen verzeichnen konnten.

Es wird eine frühzeitige chirurgische Maßnahme empfohlen, damit irreversible Gelenkläsionen vermieden und degenerative Prozesse verlangsamt oder im besten Fall gestoppt werden [93], [117], [146]. Es wurde anhand mehrerer Studien und klinischer Beobachtungen belegt, dass, je zeitnaher die Deformität behoben wurde, desto größer die Erfolgsaussichten waren, gute klinische Ergebnisse zu erzielen [172], [51]. Ein zu langes Hinauszögern einer operativen Intervention erhöht möglicherweise die negativen Auswirkungen der Hüftanomalität [123]. Keine oder lediglich gering ausgeprägte sekundäre Coxarthrose, geringe Knorpelschäden und ein junges Alter waren mit zunehmender Zufriedenheit und einem besseren Outcome assoziiert [38]. Bei Hüften mit fortgeschrittener Arthrose ist das Risiko am größten, dass die chirurgische Therapie versagt [50], [13], [92].

Durch verschiedene chirurgische Methoden kann ein FAI behoben werden: zum einen durch die chirurgische Hüftluxation und zum anderen durch die Hüftarthroskopie. Die Wahl zwischen einer offenen oder einer arthroskopisch operativen Methode richtet sich maßgeblich nach der vorliegenden Pathologie [154].

Zu den häufig durchgeführten Eingriffen rechnet man Reduktionen des Pfannenrands, Korrekturen von Deformitäten des Femurkopf-Schenkelhals-Übergangs oder auch Neuausrichtungen des Acetabulums mittels Triple- oder periazetabulärer Osteotomie [185], [38].

Die chirurgische Therapie des FAI stellt eine sichere Behandlungsmethode dar. Hierbei kommt es selten zu größeren Komplikationen [163], [38], [182].

1.8.3 Chirurgische Hüftluxation

Die chirurgische Hüftluxation ist ein Verfahren, das 2001 von Ganz et al. zum ersten Mal vorgestellt wurde [68]. Bei der chirurgischen Hüftluxation wird der Femurkopf aus der Hüftpfanne luxiert. Vorteilhaft daran ist, dass man nun eine uneingeschränkte Sicht über die anatomischen Verhältnisse erlangt. Dadurch wird eine genaue Korrektur der

vorhandenen Anomalitäten ermöglicht und selbst komplexe Morphologien können adäquat therapiert werden [68]. Anschließend wird eine Trochanter Osteotomie (Trochanter-Flip) durchgeführt. Durch das Absetzen des Trochanter majors und der an ihm inserierenden Muskulatur werden die betroffenen anatomischen Strukturen geschont und entlastet. Zudem ermöglicht die Trochanter Osteotomie eine einwandfreie Sicht in das Gelenk und ein sicheres, effizientes operatives Beheben der Impingement Anomalitäten [115], [118], [36]. Nach Behandlung des FAI wird der Trochanter-Flip wieder an seine ursprüngliche Position gebracht.

Anfänglich wurde bei der Hüftluxation vor der Gefahr einer Hüftkopfnekrose gewarnt. Dieses Risiko ist allerdings als sehr gering einzuschätzen [124]. Zudem bietet die chirurgische Hüftluxation die Möglichkeit, eine Osteotomie an dem proximalen Femur durchzuführen oder den Femurhals zu verlängern [69]. Liegt bei dem Patienten eine Retroversion vor, ist die Durchführung einer periazetabulären Osteotomie in Betracht zu ziehen [185].

Die Studien von Steppacher et al. [191], Bedi et al. [14], Naal et al. [150] und Domb et al. [53] weisen ein Follow-up von drei bis fünf Jahren auf und untersuchten die klinischen Ergebnisse nach einer Therapie des FAI mittels chirurgischer Hüftluxation. Diese zeigen signifikante Verbesserungen in dem Bewegungsausmaß des Hüftgelenks und den radiologischen Parametern. Die klinischen Ergebnisse sind mit denen nach einer Therapie des FAI mittels Hüftarthroskopie vergleichbar [177].

Die chirurgische Hüftluxation stellt eine sichere chirurgische Maßnahme dar [68], [152]. Die Komplikationsrate ist sehr gering [107]. Bekannte Komplikationen des chirurgischen Verfahrens, zu denen es allerdings selten kommt, sind Trochanterpseudathrosen, heterotope Ossifikationen, Beugelimitierung und Schmerzen im Bereich des Trochanter majors [68], [10]. Sink und Kollegen [187] berichteten über eine Komplikationsrate von 4,8 %, von denen 0,3 % dauerhafte Beeinträchtigungen davon trugen. Je stärker die Destruktion des Gelenkknorpels vorangeschritten war, desto schlechter fielen die klinischen Ergebnisse nach der Operation aus [115].

Nichtsdestotrotz muss durch die vollständige Exposition des Hüftgelenks eine nicht zu unterschätzende Invasivität in Kauf genommen werden. Zudem muss nicht nur auf die längere Rehabilitationsphase und die Beachtung der längeren Teilbelastung, sondern auch auf die Beugelimitierung hingewiesen werden [107]. Die Hüftarthroskopie wird heute weitaus häufiger zur Therapie des FAI genutzt als die chirurgische Hüftluxation [138], [179], [77]. Diese Entwicklung beruht nicht nur auf den technischen Fortschritten

und den Verbesserungen der operativen Techniken, sondern auch auf der Tatsache, dass sie insgesamt ein sicheres Verfahren als die chirurgische Hüftluxation darstellt [139], [179].

1.8.4 Arthroskopie

Die Hüftarthroskopie nimmt bei der Behandlung von Hüftgelenkbeschwerden und insbesondere bei dem FAI eine immer größere Rolle ein [139], [181], [77]. In den Anfängen der Hüftarthroskopie eignete sie sich besonders für lokal begrenzte Deformitäten und rein ventral gelegene Morphologien, die über die arthroskopischen Zugangsmöglichkeiten gut zu erreichen waren. Inzwischen können ebenso komplexere Cam-Deformitäten, als auch Mischformen, die sowohl ein Cam- als auch ein Pincer-Impingement vorweisen, therapiert werden [139], [154], [173]. Die arthroskopische Behandlung einer Pincer-Morphologie ist sehr anspruchsvoll und ausschließlich für erfahrene Operateure geeignet. Allerdings können in den meisten Fällen selbst Experten keine generalisierten Pincer-Deformitäten wie zum Beispiel eine Coxa profunda arthroskopisch behandeln und müssen bei solchen Pincer-Ausprägungen weiterhin auf die chirurgische Hüftluxation zurückgreifen [154]. Im Einklang dazu stehen die klinischen Ergebnisse. Die Ergebnisse des reinen Cam-Impingements und des kombinierten FAI fallen wesentlich besser aus als die Ergebnisse der Behandlung des reinen Pincer-Impingements [50].

Die Hüftarthroskopie stellt ein wenig invasives Verfahren dar, da nur einige Zentimeter lange Schnitte gesetzt werden müssen [138], [18], [158].

Die komplexe Anatomie des Hüftgelenks verlangt bei der Hüftarthroskopie spezielle Instrumente (vorteilhaft sind insbesondere längere Instrumente, da dadurch die Übersicht verbessert werden kann), eine besondere Lagerungstechnik, die Verwendung eines Extensionstisches und die vorherige Anfertigung von Röntgenaufnahmen [50], [107].

Die Hüftarthroskopie kann in Rückenlage oder Seitenlage durchgeführt werden [27], [72].

Man unterscheidet das zentrale von dem peripheren Kompartiment. Das zentrale Kompartiment umfasst die Gelenkfläche innerhalb des Labrum acetabulare und das periphere Kompartiment die Gelenkfläche um den Oberschenkelhals. Mithilfe eines Extensionstisches kann man Einblick in das zentrale Kompartiment gewinnen, indem eine ausreichende Traktion auf das Hüftgelenk ausgeübt wird und es zu einer Öffnung

des Gelenkspaltes kommt. Für die Nutzung des Extensionstisches wird ein Gegenzugstab benötigt, der zwischen den Beinen des Patienten angebracht wird. Zudem wird eine Halterung für die Fixierung der Füße gebraucht. Beide Gegenstände müssen eine gute Polsterung vorweisen, um der Entstehung von Druckschäden vorzubeugen. Das periphere Kompartiment kann ohne Distraction erreicht werden [50].

Je nachdem, welche Pathologie vorliegt, wird der Zugang über das zentrale Kompartiment, das periphere oder einen ventral extraartikulär gelegenen Zugang gewählt. Im zentralen Kompartiment hat man die Möglichkeit, den Gelenkknorpel, das Labrum, das Ligamentum capitis femoris, den zentralen Fettkörper, die Synovialis und den Pfannenrand zu beurteilen und gegebenenfalls zu behandeln. Das periphere Kompartiment gewährt Sicht auf die Gelenkschleimhaut, das Labrum, den Pfannenrand und den proximalen Femur [31], [166], [167].

Bei massiven Cam-Deformitäten und Labrumossifikationen wird meistens als erstes der Zugang über das periphere Kompartiment gewählt. Das zentrale Kompartiment eignet sich besonders, wenn Unklarheit über die anatomischen Gegebenheiten herrscht und das Ausmaß der Deformität unbekannt ist [50].

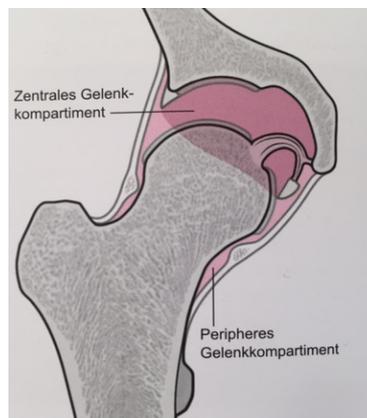


Abbildung 7: Darstellung der Gelenkkompartimente. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 98]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München.

Mit Hilfe der klassischen Portale, dem ventralen, dem ventrolateralen und dem dorsolateralen Portal, können die Kompartimente instrumentiert werden. Des Weiteren sind an dieser Stelle ein proximal und ein distal gelegenes ventrolaterales Portal zu nennen. Diese beiden Portale haben sich bei der Instrumentierung des peripheren Kompartimentes und bei Labrumrefixationen zusätzlich bewährt [50], [51]. Bei dorsal gelegenen Anomalien kann die Schaffung eines dorsolateralen Portals notwendig sein. In

der Regel werden mindestens zwei Portale benötigt, um ein Kompartiment zu instrumentieren und eine Pathologie adäquat zu identifizieren. Dabei dient ein Portal der Inspektion und das andere als Instrumentenportal zur Palpation [50], [168].

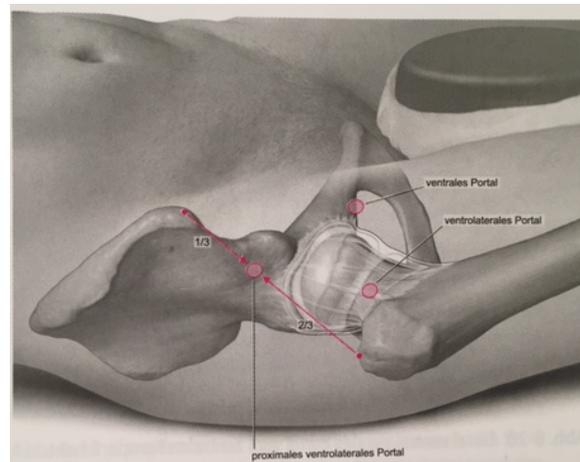


Abbildung 8: Darstellung der klassischen Portale zum peripheren Kompartiment. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 112]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München.

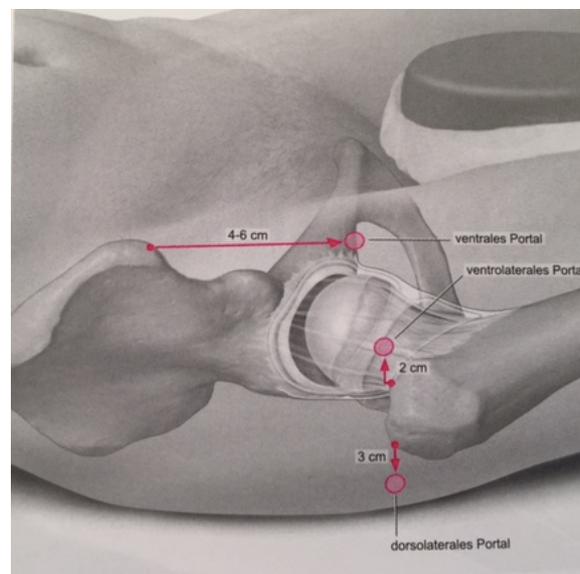


Abbildung 9: Darstellung der klassischen Portale zum zentralen Kompartiment. Mit Genehmigung entnommen aus: [48, p. 99]; Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2009 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München.

Durch die Möglichkeit, das Bein während der Hüftarthroskopie zu bewegen, lässt sich intraoperativ überprüfen, ob eine suffiziente Taillierung geschaffen wurde oder ob immer noch ein Anschlagmechanismus vorhanden ist [168], [50].

Die Vorteile des arthroskopischen Verfahrens liegen auf der Hand. Die intraartikulären Strukturen, die man durch das zentrale Kompartiment instrumentiert, können durch die vergrößerte Darstellung präziser beurteilt werden. Im Regelfall verkürzt sich durch die geringe Invasivität der Arthroskopie im Vergleich zu der chirurgischen Hüftluxation der Krankenhausaufenthalt und der Heilungsprozess [158], [18].

Komplikationen treten bei den arthroskopischen Eingriffen nur selten auf [49]. Dasselbe gilt für das wesentlich komplexere arthroskopische Einsatzgebiet an der Hüfte. Eine Metaanalyse mit 1.491 Fällen von Byrd 1994 ergab eine Komplikationsrate von 1,3 % [27]. Auch Griffin und Villar kamen fünf Jahre später zu ähnlichen Ergebnissen [79]. Von 2004 bis 2007 kam es laut Dienst und Grün bei 6,9 % der 276 Patienten, bei denen eine Hüftarthroskopie durchgeführt wurde, zu Komplikationen. Bei dieser Komplikationsrate muss allerdings beachtet werden, dass es sich bei einem Großteil der Komplikationen um reversible Schädigungen handelt. Berücksichtigt man nur die irreversiblen Schäden, lag die Komplikationsrate bei 1,8 % [49]. Kowalczuk et al. [105] berichteten bei Hüftarthroskopien von einem Komplikationsrisiko von ungefähr 4 %. Zu gravierenden Komplikationen, wie der Ansammlung intraabdominaler Flüssigkeit, tiefen Beinvenenthrombosen, Hüftkopfnekrosen oder postoperativen Oberschenkelhalsbrüchen, kam es nur in 0,3 % der Fälle. In einer multizentrischen Studie, die 14.945 arthroskopisch behandelte Hüftgelenke mit einschloss, berichteten Merz et al. [142] von einem Frakturrisiko nach Hüftarthroskopie von 0,07 %. Frakturen traten häufiger bei Frauen und Patienten auf, die älter als 50 Jahre waren.

Damit das Auftreten der verschiedenen Arten von Komplikationen besser analysierbar ist, bietet es sich an, diese in schwere und leichte Komplikationen zu unterteilen. Zu den schweren Komplikationen werden häufig Infektionen der tieferliegenden Schichten, Hautverletzungen, Lungenembolien, intraabdominelle und -thorakale Flüssigkeitseinlagerungen mit erforderlicher operativer Entlastung, große Blutgefäßverletzungen, Oberschenkelhalsfrakturen, Femurkopfnekrosen, postoperative Dislokationen und Komplikationen mit Todesfolge gezählt. Iatrogene Labrum- und Knorpelschäden, vorübergehende Lähmungen und Parästhesien, oberflächliche Infektionen, tiefe Beinvenenthrombose, Instrumentenbrüche und heterotope Ossifikationen werden der Kategorie leichte Komplikationen zugeordnet [86].

Nach Knochenresektionen im Rahmen einer FAI-Behandlung kann es zu dem seltenen Auftreten von heterotopen Ossifikationen (s. 2.9.7 Heterotope Ossifikationen) kommen.

Diesen heterotopen Ossifikationen kann durch eine medikamentöse Prophylaxe mit einem nichtsteroidalen Antiphlogistikum für zehn Tage vorgebeugt werden [177], [51].

Weber et al. stellten bei den leichten Komplikationen eine Komplikationsrate von 7,9 % und bei den schweren Komplikationen eine Komplikationsrate von 0,45 % fest [208]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Harris et al. [86]. Sie stellten in ihrem Patientenkollektiv bei 7,5 % der Patienten leichte Komplikationen fest und bei 0,58 % der Patienten traten schwere Komplikationen auf [86]. Nakano et al. [153] untersuchten 276 Studien, in denen 36761 Hüftarthroskopien aufgrund von einem FAI und Labrumläsionen durchgeführt wurden. Dabei erfassten sie eine Komplikationsrate von 3,3 %. Schwere Komplikationen traten in 0,2 % der Fälle auf. Am häufigsten waren leichte Komplikationen zu verzeichnen, wobei die zwei häufigsten Ursachen von leichten Komplikationen Nervenverletzungen (in 0,9 % der Fälle) und iatrogene Knorpel- und Labrumverletzungen (in 0,7 % der Fälle) waren.

Durch eine korrekte Lagerungstechnik und adäquate Polsterung könnten Schädigungen wie Druckläsionen im Bereich des Perineums minimiert bzw. verhindert werden. Dasselbe gilt für Traktionsschäden der Nerven. Bei einer Reduzierung der Traktionskraft könnte diese Art von Komplikation möglicherweise gänzlich verhindert werden [153], [49].

Die Komplikationsrate der Hüftarthroskopie hängt zudem wesentlich mit der Erfahrung der Operateure zusammen [104], [182]. Harris et al. zeigten, dass leichte Komplikationen und die Reoperationsrate in direktem Zusammenhang mit der Erfahrung des Operateurs stehen [86].

Dienst und Kohn demonstrierten in ihrer Studie, dass gute klinische Ergebnisse in den meisten Fällen mit einer Reduktion des alpha-Winkels einhergingen [50]. Auch andere Studien konnten bestätigen, dass die Hüftarthroskopie eine gute Möglichkeit darstellt, um eine Cam-Deformität zu behandeln [190], [164], [23]. Genau wie Dienst und Kohn konnten auch Philippon et al. zeigen, dass gute klinische Ergebnisse mit einer Reduktion des alpha-Winkels einhergingen [164], [50]. Durch den arthroskopischen Eingriff kann die Implantation einer Endoprothese in vielen Fällen vermieden oder zumindest hinausgezögert werden. Der Erfolg des Eingriffs hängt hierbei entscheidend von dem Ausmaß der bereits vorliegenden Gelenkläsion ab [121], [118], [84], [172].

Insgesamt zeigt die arthroskopische Behandlung des FAI sehr positive Ergebnisse [30], [7], [92]. Auch Langzeitergebnisse zeigen, dass die Hüftarthroskopie ein sicheres Verfahren das mit einer hohen Patientenzufriedenheit einhergeht. Es konnte selbst nach einem durchschnittlichen Follow-up von 11,2 Jahren keine signifikante Weiterentwicklung eines arthrotischen Befundes nach dem arthroskopischen Eingriff festgestellt werden [160].

1.9 Ziel und Fragestellung

Durch ein anatomisches Missverhältnis im Bereich des Oberschenkelkopf-Hals-Überganges und der Hüftpfanne kann es zur Entstehung eines FAI kommen [71]. Die Cam-Deformität zieht mehrere Folgen nach sich. Zum einen sind die morphologischen Veränderungen des Gelenks zu nennen (Degenerationen des Knorpels etc.), zum anderen wirkt sich die eingeschränkte Mobilität des Gelenkes und die zunehmende Schmerzsituation möglicherweise massiv auf die Lebensqualität der Betroffenen aus [70], [130], [93]. Durch eine Resektion der Cam-Deformität im Rahmen einer Hüftarthroskopie wird versucht, die physiologische Schenkelhalstailierung wiederherzustellen, um so den durch die anatomischen Missverhältnisse destruierenden Gelenkprozessen entgegenzuwirken [70] [71].

Die Studienlage zeigt, dass durch die arthroskopische Behandlung des FAI durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden [111], [92], [164] und dass sogar der Einbau eines künstlichen Hüftgelenks vermieden bzw. hinausgezögert werden konnte [172], [118], [121], [84]. Weiterhin konnte speziell in Bezug auf das Cam-Impingement festgestellt werden, dass durch die Reduktion des alpha-Winkels gute klinische Ergebnisse erzielt wurden. Zudem wurde ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Arthrose und hohen präoperativen alpha-Winkeln festgestellt [3].

Allerdings herrscht dennoch weitestgehend Unklarheit über die optimale Behandlungsmethode des Cam-Impingements und es fehlen eindeutige prädiktive Kriterien für eine optimale Patientenselektion einer solchen Impingement-Form.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zum einen den Einfluss des präoperativen alpha-Winkels und zum anderen den Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das klinische und radiologische Outcome nach Hüftarthroskopie zu untersuchen.

Mithilfe dieser Erkenntnisse könnte diese Arbeit dazu beitragen, die Komplikationsrate weiter zu senken. Zudem kann die Lebensqualität der Patienten mit einem FAI des Cam-Typs, durch eine für ihren Gelenkstatus passende Therapie, nachhaltig verbessert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Ethikvotum und Einverständniserklärung der Studienteilnehmer

Die Durchführung dieser Studie wurde von der Ethik-Kommission des Universitätsklinikums Marburg unter der Antragsnummer 95/13 genehmigt. Diese Studie wurde den Grundsätzen der „Guten Klinischen Praxis“ entsprechend und unter Beachtung der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Die Patienten wurden umfassend über den Inhalt und Ablauf der vorliegenden Studie informiert. Nach dem Einverständnis der teilnehmenden Patienten konnten die ausgefüllten Fragebögen und die im Rahmen der klinischen Routine angefertigten prä- und postoperativen Röntgenbilder (einschließlich weiterer Röntgenbilder, MRT- und CT Aufnahmen falls diese im Verlauf erforderlich waren) ausgewertet werden.

2.2 Studientyp und -kollektiv

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine monozentrische Kohortenstudie, die an dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Marburg und Gießen, Standort Marburg, durchgeführt wurde.

Die Abteilung Orthopädie und Rheumatologie des Universitätsklinikums führte von Juni 2006 bis September 2014 laut Operationsplan bei insgesamt 529 Patienten Hüftarthroskopien aufgrund eines FAI durch. Um die subjektiven und klinischen Ergebnisse nach dem arthroskopischen Eingriff adäquat beurteilen zu können, wurden sowohl für die präoperative Ausgangssituation der Patienten mit einem FAI als auch für die postoperative Situation der Patienten verschiedene subjektive als auch objektive Untersuchungsmethoden angewandt.

2.3 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien für die Teilnahme an dieser Studie war die stattgefundene Arthroskopie des Hüftgelenks aufgrund eines FAI, das in der klinischen Untersuchung

und in einer Bildgebung vorhanden sein musste. Der arthroskopische Eingriff musste in dem Zeitraum zwischen Juni 2006 und September 2014 erfolgt sein. Die Verweigerung der Zustimmung zur Teilnahme an der Studie war ein Ausschlusskriterium.

2.4 Datenerhebung

Die Daten der Patienten, die die Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie erfüllten, wurden chronologisch aus dem Operationsplan ab Dezember 2006 bis März 2014 erhoben. Sämtliche erhobenen Patientendaten wurden in verschiedenen Tabellen festgehalten. Zur Tabellenerstellung wurde das Programm Excel® (Microsoft, Redmond, Washington USA) verwendet. Zur Datenaquirierung wurde das Krankenhausinformationssystem ORBIS (Agfa Healthcare, Bonn, Deutschland) (im Folgenden: ORBIS) verwendet, eine Datenbank, in der sämtliche Klinikprozesse und somit auch Patientendokumente gespeichert sind. Die Rahmeninformationen der Studienteilnehmer (Diagnose, Alter der Patienten, Therapie, Komplikationen etc.) wurden vorwiegend aus Operationsprotokollen und Arztbriefen zusammengetragen, die im ORBIS des Universitätsklinikums Marburg hinterlegt sind. Aus den Operationsberichten wurde entnommen, welche Art von Therapie während der Arthroskopie stattgefunden hatte und welche unterschiedlichen therapeutischen Maßnahmen während der Operation durchgeführt wurden. Dabei konnte nachvollzogen werden, ob lediglich die Deformität behandelt wurde oder ob zusätzliche Maßnahmen, wie beispielsweise die Behebung eines Labrumschadens, durchgeführt wurden. Ferner wurden mögliche intraoperative Komplikationen festgehalten.

Diese „Basisdaten“ wurden in einer Tabelle gesammelt. Zur besseren Übersicht sind die in ihr enthaltenen Daten in der untenstehenden Tabelle 1 festgehalten.

Tabelle 1: Darstellung der erhobenen Parameter der Haupttabelle.

Tabelle	Erhobene Daten
Haupttabelle	Studiennummer
	BMI
	Größe
	Gewicht
	Alter bei Arthroskopie
	Operationsseite
	Operationsdatum
	Erneute Operation notwendig
	Wenn ja Operationsart
	Diagnose:
	Cam FAI
	Pincer FAI
	Misch FAI
	Primäre Coxarthrose
	Hüftdysplasie
	LCF Ruptur
	Freie Gelenkkörper
	Labrumschaden
	Knorpelschaden
	Therapie:
	Cam
	Pincer
	Labrumglättung
Freie Gelenkkörper	
Knorpelglättung	
Mikrofrakturierung	
Abrasionsarthroplastik	
Chondroplastik	
Synvektomie	

BMI body mass index, *LCF Ruptur* Ligamentum Capitis Femoris Ruptur, *FAI* Femoroacetabuläres Impingement

Diese gesammelten Daten dienen zum einen der Darstellung des Patientenkollektivs. Zum anderen tragen sie in der späteren Analyse maßgeblich dazu bei, Rückschlüsse auf das klinische Outcome nach der Cam-Resektion ziehen zu können. Der BMI, das Alter beim arthroskopischen Eingriff, die Diagnose etc. stellen möglicherweise wichtige Einflussgrößen dar, die sich auf die Behandlung des FAI auswirken könnten. Zudem sind

die Daten, ob eine erneute Operation stattgefunden hat, und wenn ja, welche Operationsart angewendet wurde, von besonderem Interesse. Sie geben wichtige Hinweise über den Behandlungserfolg des FAI.

2.5 Erhebung des subjektiven Outcomes

Für die Dokumentation subjektiver Faktoren wurde ein spezieller Fragebogenkatalog erstellt. Dieser Fragebogen enthält vier validierte klinische Scores, die entweder speziell für die Hüftarthroskopie entworfen wurden oder sich generell mit Hüftpathologien auseinandersetzen.

Zu Beginn wurden die Patienten mittels eines Aufklärungsblattes umfassend über die Studie informiert. Weiterhin wurden sie instruiert, wie sie mit den Fragebögen nach vollständigem Ausfüllen weiter verfahren mögen. Außerdem hatten die Patienten bei Fragen jederzeit die Möglichkeit, sich über die beigelegten Kontaktadressen mit den Personen, die die vorliegende Studie betreuten, in Verbindung zu setzen.

Um mögliche Veränderungen aus Patientensicht analysieren zu können, erhielten die Studienteilnehmer eine Fragebogensammlung, die zum einen die präoperative Ausgangssituation und zum anderen den postoperativen Zustand erfasste. Beide Fragebögen enthalten den Hip Outcome Score (HOS) [134], [135], [136], den Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC Score) [193], den Short Form 36 questionnaire (SF 36) [25] und den Harris Hip Score (HHS) [88]. Bei letzterem wurde allerdings die klinische Untersuchung durch einen Behandler herausgenommen. Der Fragenkatalog, der die postoperative Situation beleuchtete, enthielt zusätzlich zu den oben genannten Scores zwei selbst erstellte Fragebogenentwürfe zu den Kategorien „Komplikationen“ und „Zufriedenheit“. Auch die Daten der Auswertung der verschiedenen Fragebögen wurden in einer Tabelle festgehalten. Des Weiteren wurde notiert, wie die Informationen zu den einzelnen Studienteilnehmern erhoben wurden (Fragebögen durch Teilnehmer selbst ausgefüllt, anhand vorhandener Aktenlage des ORBIS). Die Auswertung der prä- und postoperativen Fragebögen wird im Abschnitt 2.8 erläutert.

2.6 Studienablauf

Sobald die Indikation zur operativen Versorgung des FAI gestellt wurde, hatten die Patienten mit dem Wunsch zur Teilnahme an der Studie die Möglichkeit den präoperativen Fragebogen auszufüllen. Bei dem arthroskopischen Eingriff selbst wurde intraoperativ mit Hilfe einer dynamischen Bewegungsprüfung kontrolliert, ob die FAI-Deformität vollständig abgetragen wurde. Zusätzlich wurde eine Bildwandlerkontrolle eingesetzt. Im Rahmen der Standardversorgung nach einer Hüftarthroskopie werden am Universitätsklinikum Marburg am zweiten Tag nach dem Eingriff postoperative Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen angefertigt. Anschließend erfolgte nach sechs Wochen eine reguläre postoperative klinische und radiologische Kontrolle. Im Rahmen dieser klinischen Kontrolluntersuchung konnten die Patienten den postoperativen Fragebogen ausfüllen. Um ein möglichst aussagekräftiges Follow-up zu erhalten, wurde versucht, einen Zeitraum von mindestens zwölf Monaten nach dem Operationstermin verstreichen zu lassen. Nach dieser Zeitspanne wurde den Patienten entweder ein postoperativer Fragebogen mit frankiertem Rückumschlag zugesandt oder im Rahmen einer weiteren klinischen Kontrolle ein solcher Bogen ausgehändigt. Für einige Patienten lagen aufgrund von Umzug, Tod oder fehlender Antwort auf unser Anschreiben keine Follow-up Daten vor. In diesen Fällen wurden nur die im Rahmen der ORBIS-Recherche zu gewinnenden Daten, die Untersuchungsergebnisse der regulären postoperativen Kontrolluntersuchung oder die vorhandenen Röntgenbilder ausgewertet. Lag das Operationsdatum vor dem Studienbeginn, wurden die Daten retrospektiv erfasst. Hinzuzufügen ist an dieser Stelle, dass die folgenden Aussagen über die prä- und postoperative klinische Impingementsymptomatik auf der Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten validierten Scores des Fragebogenkatalogs getroffen werden und auf der erhobenen Röntgendiagnostik beruhen. Für diese Vorgehensweise wurde sich aufgrund der Unspezifität der in Kapitel 1.6.2 erläuterten Bewegungstests entschieden.

2.7 Erhebung radiologischer Daten

Parallel zu der Evaluation der Patientenfragebögen wurden die Röntgenbilder der Studienteilnehmer ausgewertet.

Ziel der radiologischen Analyse der Röntgenaufnahmen war es, die anatomischen Deformitäten präoperativ und postoperativ zu untersuchen und zu vergleichen.

Die radiologische Befundauswertung der Röntgenbilder erfolgte mit Hilfe des Programms IMPAX (Agfa Healthcare, Bonn, Deutschland). Der Schweregrad der radiologisch sichtbaren Arthrose wurde mit Hilfe des Kellgren-Lawrence-Scores [99] erhoben (s. 2.9.8 Arthrosegrad). Die Analyse der Röntgendaten erfolgte anhand von Röntgen –Standardprojektionen. Vorhandene Projektionen waren anterior-posteriore Beckenübersichtaufnahmen, Aufnahmen der Hüfte im anterior-posterioren Strahlengang und Projektionen nach Lauenstein. In der Röntgenauswertungstabelle ist gekennzeichnet, mit welcher Projektion die Erhebung der einzelnen Parameter stattgefunden hat. Waren keine Röntgenbilder vorhanden, wurden die unterschiedlichen Parameter soweit möglich anhand von MRT- oder CT Bildern ermittelt. Der alpha-Winkel wurde mit den a.p. Aufnahmen des Beckens bzw. der Hüfte und zusätzlich mit den Aufnahmen der Hüfte nach Lauenstein bestimmt (s. 2.9.1 Alpha-Winkel). Die gesamte Röntgenauswertung erfolgte blind gegenüber der Auswertung der Fragebögen, um so eine Beeinflussung durch die Ergebnisse des Fragebogenkatalogs zu vermeiden.

Die Parameter, die im Rahmen der Röntgenauswertung erhoben wurden, sind in der nachfolgenden Tabelle 2 festgehalten.

Tabelle 2: Darstellung der erhobenen Daten der Röntgentabelle.

Tabelle	Erhobene Daten
Röntgentabelle	Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence [99] Gelenkspaltbreite cranial Gelenkspaltbreite medial alpha-Winkel ^{*,#} LCE-Winkel ^{*,#} Cookie bite Heterotope Ossifikation

* dieser Parameter wurde prä- und postoperativ erhoben, # dieser Winkel wurde anhand einer a.p. und einer axialen / Lauenstein Aufnahme bestimmt

2.8 Beschreibung des Prä- und Postfragebogens

Der Prä- als auch der Postfragebogen bestehen aus dem Hip Outcome Score (HOS) [134], [135], [136], dem Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) [102], dem Short Form 36 questionnaire (SF 36) [25] und dem Harris Hip Score (HHS) [88]. Bei sämtlichen Scores in dem Fragebogenkatalog handelt es sich um Selbsteinschätzungsfragebögen. In dem Postfragebogen ist den oben aufgelisteten Scores noch eine Komplikations- und Zufriedenheitserfassung vorangestellt. Im Anhang a. ist die Komplikations- und Zufriedenheitserfassung hinterlegt.

2.8.1 Hip Outcome Score (HOS)

Der HOS [134],[135], [136] wird häufig nach Hüftarthroskopien eingesetzt und eignet sich für diverse Hüftgelenksleiden [134]. Naal et al. zeigten, dass sich die deutsche Version des HOS auch für Patienten, die unter einem FAI leiden, eignet [149]. Vorteilhaft ist, dass er unabhängig vom Leistungsniveau der Patienten angewandt werden kann. Der HOS gliedert sich in zwei Skalen, die sich mit den Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL [engl.: Activities of daily living]) und der Sportfähigkeit befassen. Die Teilnehmer werden hier aufgefordert, Fragen aus dem Bereich der alltäglichen Aktivitäten (19 Fragen) und der sportlichen Aktivitäten (neun Fragen) zu beantworten. Die beiden Dimensionen werden jeweils getrennt voneinander berechnet. Ausgewertet werden die einzelnen Items des Fragebogens durch Punktevergabe. Geben die Teilnehmer an, „keine Probleme“ zu haben, bekommen sie 4 Punkte, entsprechend für „leichte Probleme“ 3 Punkte, für moderate Probleme erhalten sie 2 Punkte; „großen Problemen“ werden 1 Punkt zugeteilt, und wenn ihnen die Ausführung der Aktivität „unmöglich“ ist, wird dies mit 0 bewertet. Das Kästchen mit „keine Angabe“ ist anzukreuzen, falls andere Ursachen als die Hüftgelenkspathologie für die Einschränkung verantwortlich sind. Bei Markierungen dieses Feldes wird das komplette Item aus der Wertung herausgenommen. Von der maximalen Punktzahl wird die maximal erreichbare Punktzahl eines Items abgezogen. Enthält ein Item gar keine Markierung, so wird es genauso behandelt, als sei das Feld „keine Angabe“ markiert worden. In der Kategorie „ADL“ können maximal 76 Punkte erreicht werden und in der Kategorie „Sportfähigkeit“ höchstens 36 Punkte. Es sollen mindestens 14 der 19 Fragen aus der Kategorie „ADL“ ausgefüllt werden und mindestens sieben von neun Fragen aus der Kategorie „Sportfähigkeit“, um ein valides Ergebnis zu erhalten. Die errechneten Punktzahlen werden anschließend in einen

Prozentwert (von 0 % bis 100 %) umgewandelt. Ein hoher Prozentwert verhält sich positiv kongruent zu der körperlichen Fitness [133]. Nach Beantwortung der beiden Bereiche ADL und Sportfähigkeit sollen die Patienten ihr aktuelles Leistungsniveau für jeden dieser Bereiche selbst einschätzen und diese Einschätzung mit einem prozentualen Wert zwischen 0 % und 100 % bewerten. „0 %“ bedeutet, dass sie zu keiner ihrer gewohnten alltäglichen bzw. sportlichen Aktivitäten in der Lage sind, und „100 %“ entspricht der Situation vor ihrem Hüftgelenkleiden. Des Weiteren sollen die Patienten ihr derzeitiges Funktionsniveau beurteilen. Hierzu haben sie die Möglichkeit, zwischen „normal“, „fast normal“, „nicht normal“, „hochgradig nicht normal“ zu wählen. In der Tabelle, in der die Ergebnisse des HOS festgehalten wurden, wurde „normal“ mit einer 1, „fast normal“ mit einer 2, „nicht normal“ mit einer 3 und „hochgradig nicht normal“ mit einer 4 codiert. Entsprechend der getrennten Auswertung der einzelnen Dimensionen der „ADL“ und der „Sportfähigkeit“ wird auch die Kategorie der Selbsteinschätzung bezogen auf die ADL, Sportfähigkeit und Funktionsniveau getrennt voneinander ausgewertet.

2.8.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)

Der WOMAC wurde konstruiert, um die Aktivität und die alltagsrelevanten Konsequenzen von Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Gonarthrose und Coxarthrose zu evaluieren [193]. Ursprünglich wurde er in Kanada 1982 entwickelt [211]. Ungefähr 14 Jahre später wurde er durch Stucki und seine Mitarbeiter auch für den deutschen Sprachraum angeglichen und evaluiert [193]. Verschiedene Studien zeigen, dass der WOMAC Score ein zuverlässiger, valider, responsiver und änderungssensitiver Test ist [5], [195]. Mithilfe dieses Scores lassen sich die bedeutendsten Auswirkungen einer Arthrose evaluieren.

Der WOMAC Score beinhaltet drei Skalen (Schmerz, Steifigkeit, körperliche Tätigkeit) mit insgesamt 24 Fragen. Fünf Fragen beschäftigen sich mit der Kategorie Schmerz, zwei Fragen befassen sich mit dem Thema Steifigkeit und 17 Fragen sind den Alltagstätigkeiten gewidmet. Man benötigt etwa fünf bis zehn Minuten für die Beantwortung der einzelnen Fragen. Der WOMAC Score ist in drei verschiedenen Ausführungen verfügbar. Wählen kann man zwischen der „Visual-Analogue“- (WOMAC VA 3-series Variante), der „Likert“- (WOMAC LK3-series Form) oder der

„Numerical-Rating“-Fassung (WOMAC NRS-series Fassung). In der vorliegenden Arbeit wurde die „Likert“-Variante des WOMAC-Fragebogens gewählt. Zur Beantwortung der einzelnen Items hatten die Befragten jeweils die Möglichkeit eines der elf kleinen Felder anzukreuzen. Wobei die linke Box bedeutet, dass keine Schmerzen, bzw. keine Steifigkeit oder keine Schwierigkeiten bestehen und die rechte Box entsprechend angibt, dass extreme Schmerzen bzw. extreme Steifigkeit oder extreme Schwierigkeiten vorhanden sind. Zur Evaluierung der drei Skalen wurde auf eine kostenlos zur Verfügung gestellte Computerversion des WOMAC Scores zurückgegriffen ¹. Da bei der Computerversion entweder „keine“, „milde“, „moderate“, „schwere“ oder „extreme Schmerzen/Steifigkeit/Schwierigkeiten“ angeklickt werden muss, wurden die elf Kästchen in fünf Abschnitte unterteilt, die jeweils zwei und mittig einmal drei kleine Kästchen enthalten. Dadurch konnten die Markierungen des Teilnehmers leichter in die Computerversion übertragen werden. Die Computerversion schloss die nicht beantworteten Fragen von der anschließenden Bewertung aus. Aus diesem Grund stellte es kein Problem dar, dass die Computerversion Fragen aufwies, die in dem vorliegenden verwendeten Score nicht vorhanden waren. Lingard et al. [127] zeigten in ihrer prospektiven Studie, dass die Patienten, die vor dem Einsetzen einer Knieendoprothese unter anderem starke Schmerzen, ausgeprägte Bewegungseinschränkungen in dem WOMAC Score angaben, auch ein schlechteres klinisches postoperatives Ergebnis aufwiesen. Es stellt sich die Frage, ob sich diese Ergebnisse auch auf die Hüftarthroskopie übertragen lassen. Im Anschluss an den WOMAC Score wurden die Patienten aufgefordert, auf einer visuellen Analogskala einen Strich einzuzeichnen, der die Intensität des Schmerzes in ihrem Hüftgelenk zum derzeitigen Zeitpunkt symbolisierte. Dabei entsprach „0“ keinen und „10“ unerträglichen Schmerzen.

2.8.3 Short Form 36 questionnaire (SF 36)

Weltweit ist der SF 36 ein etablierter Score mit 36 Items, der zur Erfassung des allgemeinen Gesundheitszustands und der Lebensqualität eines Patienten dient. Ursprünglich wurde der SF 36 im Zuge der Medical-Outcomes-Study (MOS) von der

¹ http://www.orthopaedicscore.com/scorepages/hip_disability_osteoarthritis_outcome_score_womac.html [Stand 21.06.2021, 18:02]

RAND-Corporation entworfen [41].

Es waren Bullinger und Kirchberger, die 1998 eine deutsche Version konzipierten [25].

Besonders sinnvoll kann der SF 36 im Therapieverlauf eingesetzt werden [25]. In der vorliegenden Untersuchung erhielten die Studienteilnehmer einen prä- und postoperativen Fragebogen. In beiden Bögen war dieser Score enthalten. Hierdurch ließ sich die Entwicklung ihrer gesundheitsbezogenen Lebensqualität, die sich möglicherweise durch den Eingriff verändert hatte, nachvollziehen. Im Gegensatz zu dem WOMAC Index ist der SF 36 ein Messinstrument, das krankheitsübergreifend ist, also nicht diagnosespezifisch eingesetzt wird [25], [207]. Der Score besteht aus insgesamt acht Skalen. Diese Dimensionen lassen sich in zwei große Kategorien gliedern, und zwar zum einen in „körperliche Gesundheit“ und zum anderen in „psychische Gesundheit“. Es handelt sich um einen sehr umfangreichen Fragenkatalog, der ca. zehn Minuten zum Ausfüllen beansprucht. Dieser geht intensiv auf die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperlichen Rollenfunktionen, die körperlichen Schmerzen, die allgemeine Gesundheitswahrnehmung, die Vitalität, die soziale Funktionsfähigkeit, die emotionale Rollenfunktion und das psychische Wohlbefinden ein [25]. Der Fragenkatalog startet mit zwei Items, die sich mit dem allgemeinen Gesundheitszustand befassen. Die Befragten haben hier jeweils die Möglichkeit, zwischen fünf Antwortmöglichkeiten zu wählen. Mit der Beantwortung des zweiten Items ist es möglich, einen Vergleich zwischen dem derzeitigen Gesundheitszustand und vor einem Jahr zu ziehen. In der folgenden Skala geht es um die körperliche Funktionsfähigkeit. Abgefragt wird hier, inwieweit alltägliche Aktivitäten (zum Beispiel „Einkaufstasche heben oder tragen“, „sich beugen“, „einen Treppenabsatz steigen“ und mittelschwere oder sehr fordernde Tätigkeiten durch den momentanen Gesundheitszustand betroffen sind. Insgesamt besteht diese Subskala aus zwölf Items, bei denen die Befragten jeweils zwischen „Ja, stark eingeschränkt“, „Ja, etwas eingeschränkt“ und „Nein, überhaupt nicht eingeschränkt“ wählen können. Die nächste Dimension besteht aus vier Items, welche ausschließlich mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden können. Sie befasst sich mit dem körperlichen Befinden und möglichen Schwierigkeiten bei Tätigkeiten im Beruf oder im häuslichen Umfeld. Die nachfolgende Skala greift ebenfalls die Einschränkungen bei der Arbeit oder anderen täglichen Aktivitäten auf, allerdings diesmal unter dem Aspekt emotionale Betroffenheit. Der Teilnehmer soll hier zum Beispiel die Aussage „Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten“ mit „Ja“ oder „Nein“ beantworten. Diese Frage besteht aus drei Subskalen. In der sechsten Frage geht es darum, ob die körperliche oder die psychische

Gesundheit im letzten Monat das soziale Miteinander beeinflusst hat. Hier werden fünf Antwortmöglichkeiten angeboten, die sich von „sehr“ bis „überhaupt nicht“ reichen. In den darauffolgenden beiden Fragen geht es um das Thema Schmerzen. Auch hier kann zwischen fünf Antwortmöglichkeiten gewählt werden. Zuerst wird nach den Schmerzen im vergangenen Monat gefragt und daran anschließend, inwiefern in dieser Zeit die Schmerzen den Alltag zu Hause und die Ausübung des Berufs eingeschränkt haben. Auch die folgende Frage bezieht sich auf die letzten vier Wochen. Anhand von neun Fragen werden die Bereiche Vitalität, Elan, Stimmung, physisches und psychisches Wohlbefinden der Patienten beleuchtet. Jede Frage bietet sechs unterschiedliche Antwortmöglichkeiten. Die vorletzte Frage setzt sich genau wie die sechste Frage mit der sozialen Funktionsfähigkeit auseinander und ist auch in der gleichen Art und Weise aufgebaut. Beendet wird der SF 36 mit vier verschiedenen Aussagen zur Selbsteinschätzung des Befragten, seines Gesundheitszustandes und seiner persönlichen Gesundheitswahrnehmung. Beantwortet werden können die Aussagen mit „trifft ganz zu“ bis hin zu „trifft überhaupt nicht zu“.

Die Auswertung des ausgefüllten SF 36 gestaltet sich komplex. Für die Erfassung der einzelnen Patienten-Scores wurde den Instruktionen der RAND-Corporation gefolgt [41]. Dazu wurden die einzelnen Items von eins bis 36 durchnummeriert. Danach konnten den einzelnen Antworten Prozentwerten zugeordnet werden. Dies erfolgte nach der von der RAND-Cooperation beigelegten Tabelle (s. Tabelle 3). Ein hoher Prozentwert entspricht einem guten Gesundheitszustand und umgekehrt. Dieser Tabelle kann man entnehmen, welche Antworten welchen Prozentwerten zugeordnet wurden. Der nächste Schritt bestand nun darin, die 36 Items nach der jeweiligen Zugehörigkeit den acht Dimensionen zu zuordnen (s. Tabelle 4). Anschließend wurde von den Items, die einer Skala angehören, der Mittelwert bestimmt [41].

Dieses Vorgehen soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden: Zu der sozialen Funktionsfähigkeit gehören die Items 20 und 32. Angenommen der Befragte hat das Item 20 also die Frage sechs nach dem sozialen Miteinander der letzten vier Wochen mit „mäßig“ („Mäßig“ ist in diesem Fall mit 50 % codiert) und das Item 32 mit „selten“ markiert („Selten“ entspricht 75 %) ergibt sich hieraus ein Mittelwert von 62,5 %.

Tabelle 3: Zeigt Schritt 1: Neugruppierung des Fragenkatalogs. Modifizierte Tabelle nach [41].

Fragen Nummer	Neue Zuordnung der Gewichtung der Fragen	Gewichtung:
1,2,20,22,34,36	1 →	100
	2 →	75
	3 →	50
	4 →	25
	5 →	0
3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1 →	0
	2 →	50
	3 →	100
13,14,15,16,17,18,19	1 →	0
	2 →	100
21,23,26,27,30	1 →	100
	2 →	80
	3 →	60
	4 →	40
	5 →	20
	6 →	0
24,25, 28, 29, 31	1 →	0
	2 →	20
	3 →	40
	4 →	60

	5 →	80
	6 →	100
32,33,35	1 →	0
	2 →	25
	3 →	50
	4 →	75
	5 →	100

Tabelle 4: Zeigt Schritt 2: 8 Dimensionen durch Bildung von Mittelwerten der neugruppierten Fragen. Tabelle modifiziert nach [41].

Skala	Anzahl der Fragen	Nach Neugruppierung nach dem Schema der Tabelle 1 Bildung von Mittelwerten der folgenden Fragen Nummer
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Körperliche Rollenfunktionen	4	13 14 15 16
Emotionale Rollenfunktion	3	17 18 19
Vitalität	4	23 27 29 31
Psychisches Wohlbefinden	5	24 25 26 28 30
Soziale Funktionsfähigkeit	2	20 32
Körperliche Schmerzen	2	21 22
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	1 33 34 35 36

2.8.4 Harris Hip Score (HHS)

Der HHS ist ein Messinstrument, das häufig nach dem Einbau einer Hüftendoprothese angewendet wird [88]. Hier spielen Leistungsniveaudifferenzen der Patienten keine Rolle. Mit ihm lässt sich erfassen, inwiefern das Hüftgelenksleiden Alltäglichkeiten beeinträchtigt. Da er allerdings ursprünglich für die Evaluation der Hüftgelenksarthrose entwickelt wurde, besteht evtl. die Gefahr, dass er bei dem häufig sehr jungen, sportlichen und aktiven FAI Patientenkollektiv ein nicht ausreichend forderndes Messinstrument darstellt [206], [33]. In der vorliegenden Arbeit wurde er allerdings gerade aufgrund seiner ursprünglichen Intention, Hüftgelenksarthrose zu erfassen, ausgewählt. Dadurch sollten die Patienten, die an einem FAI leiden und auch schon Arthrose vorweisen, miterfasst werden. Der originale HHS besteht aus einer subjektiven und einer objektiven Bewertung. Der subjektive Teil macht den größten Anteil des Scores (91 %) aus und setzt sich mit den Aktivitäten des täglichen Lebens auseinander [88].

In dem objektiven Abschnitt geht es um die von einem Behandler erhobenen Daten zur Beweglichkeit und zur Deformität der Hüfte. Aufgrund der Tatsache, dass die originale Version des HHS nicht von den Studienteilnehmern alleine zu beantworten ist, wurde dieser in der vorliegenden Studie so gestaltet, dass lediglich die Dimensionen „Schmerz“ (ein Item) und „Funktion“ (sieben Items) ausgefüllt wurden.

Die Skala „Funktion“ besteht aus vier Subskalen. Dabei weist die erste Subskala „Gang“ jeweils drei Items auf, die Subskala „Aktivität“ besteht auch aus drei Items und die letzte Subskala „Fähigkeit öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen“ kann entweder bejaht oder verneint werden. Für die Auswertung dieses Scores wurde die Website von Orthopaedic Score benutzt². Auf das dort hinterlegte kostenlose Auswertungsprogramm wurden die markierten Felder der befragten Studienteilnehmer übertragen. Der für die Studie modifizierte HHS besteht nur aus den zwei Dimensionen „Schmerz“ und „Funktionen“. So konnten selbst Patienten, die alle acht Items mit „keine Einschränkungen“ markierten, maximal 91 Punkte erreichen (91 Punkte entspricht somit 100 Punkten). Demzufolge bedeutet ein Punktwert zwischen 81 und 91 ein sehr gutes Ergebnis, ein Wert zwischen 71 und 80 ein gutes Ergebnis und ein Wert zwischen 61 und 70 zeigt ein

² http://www.orthopaedicscore.com/scorepages/hip_disability_osteoarthritis_outcome_score_womac.html
[Stand 21.06.2021, 18:00]

durchschnittliches Ergebnis an. Erzielten Patienten weniger als 61 Punkte, ist von einem schlechten Funktionsstatus auszugehen.

2.8.5 Komplikationsbogen und Zufriedenheitsbogen

Zusätzlich sind in dem Postfragebogenkatalog die beiden selbst entworfenen Fragebögen zu den Kategorien „Komplikationen“ und „Zufriedenheit“ den oben beschriebenen Scores vorangestellt (zur Veranschaulichung s. Anhang a. Komplikations- und Zufriedenheitsbogen). Der Komplikationsbogen besteht aus elf Fragen. Bei positiver Antwort auf eine dieser Fragen wird der Patient gebeten, die Komplikationen zu konkretisieren. Um ihm das Formulieren der Probleme zu erleichtern, werden ihm mögliche Antworten vorgeschlagen. Lediglich Frage zwei bis vier und Frage neun sind reine Ja/Nein Ankreuzfragen. Inhaltlich werden gängige Komplikationen und solche, die speziell bei einer Hüftarthroskopie auftreten können, erfasst. Zudem beschäftigt sich die letzte Frage damit, ob eine weitere Operation nach der Arthroskopie erforderlich war und wenn ja, um welche operative Maßnahme es sich handelte und wann diese erfolgte. Um die aufgetretenen Komplikationen später besser analysieren zu können, wurden sie in zwei Kategorien („schwer“ und „leicht“) unterteilt. Unter einer „schweren Komplikation“ versteht man Oberschenkelhalsfrakturen, intrabdominelle Flüssigkeitsansammlungen mit erforderlicher operativer Entlastung, schwerwiegende Infektionen/septische Arthritis, Blutungen, die eine chirurgische Versorgung benötigten, Hüftkopfnekrosen, eine Hüftgelenksluxation und schwere Embolien. Zu den „leichten Komplikationen“ zählen vorübergehende Parästhesie oder Lähmungserscheinungen, Hämatome, temporäre Dyspareunie oder Erektionsstörungen, tiefe Beinvenenthrombosen, Wundheilungsstörungen sowie heterotope Ossifikationen und Hautverletzungen, die unabhängig von den Operationsschnitten in Erscheinung traten.

An die Komplikationserfassung schließt sich der Zufriedenheitsbogen an. Dieser besteht aus fünf Fragen. Dabei sollen die Studienteilnehmer zuerst auf einer Skala von 0 bis 10 (0 = „überhaupt nicht zufrieden“, 10 = „sehr zufrieden“) die Zahl markieren, die ihre Zufriedenheit mit dem Eingriff am besten beschreibt. Außerdem wird auf die evtl. vorliegende Schmerzsituation eingegangen und die damit einhergehende Schmerzmedikation abgefragt. Schließlich wird die Zustandsveränderung angesprochen. Falls die Patienten angeben, dass sich ihr Hüftgelenksleiden verschlimmert hat, wird nach dem ersten Auftreten dieser Zustandsverschlechterung gefragt.

2.9 Radiologische Messparameter

Die bereits in der Röntgentabelle aufgelisteten erhobenen Parameter werden nachfolgend erörtert.

2.9.1 Alpha-Winkel

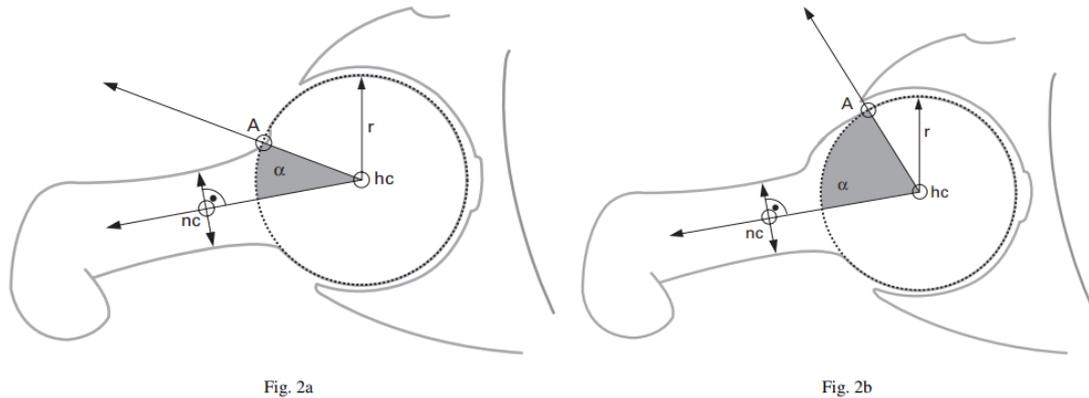


Abbildung 10: „Diagrams showing the construction of angle alpha. Point A is the anterior point where the distance from the centre of the head (hc) exceeds the radius (r) of the subchondral surface of the femoral head. Alpha is then measured as the angle between A-hc and hc-nc, nc being the centre of the neck at the narrowest point. Figure 2a shows a hip in a normal subject and Figure 2b a typical deformation.“

Entnommen aus: [157, p. 558]. Republished with permission of British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, from The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement, Hodler, J., Treiber, K., Schmid, M.R., Stoecklin, C., Wyss., T., F., Nötzli, H.P., 84(4), 1948; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

[Die Diagramme zeigen die Konstruktion des Winkels Alpha. Punkt A ist der anteriore Punkt, an dem der Abstand vom Zentrum des Kopfes (hc) den Radius (r) der subchondralen Oberfläche des Hüftkopfes überschreitet. Alpha wird dann als der Winkel zwischen A-hc und hc-nc gemessen, wobei nc die Mitte des Halses an der engsten Stelle ist. Abbildung 2a zeigt die Hüfte einer normalen Person und Abbildung 2b eine typische Verformung.]

In dieser Arbeit wurde der alpha-Winkel (s.a. 2.7 Erhebung radiologischer Daten) zum einen anhand von a.p. Aufnahmen des Beckens und zum anderen zusätzlich anhand von Lauenstein-Aufnahmen bestimmt. Durch diese Vorgehensweise wurde versucht, sowohl den anterioren Teil als auch den lateralen Teil der Cam-Deformität zu erfassen. Mit Hilfe des alpha-Winkels lässt sich die Reduzierung der Taillierung des Kopf-Schenkelhals-Überganges quantifizieren [157]. Der alpha-Winkel wird mit Hilfe von drei Geraden konstruiert. Dabei schneidet die femorale Schenkelhalsachse die Linie, die durch das Hüftkopffzentrum verläuft. Eine weitere Linie wird an dem Punkt konstruiert, an dem das Offset (Aspherität) zwischen Kopf und Schenkelhals beginnt. Diese Gerade verläuft auch

durch das Hüftkopffzentrum. Diese beiden Geraden, die sich im Hüftkopffzentrum schneiden, bilden dort den alpha-Winkel [157]. Nach Nötzli besteht bereits bei einem Winkel, der größer als 50° ist, ein unphysiologischer Femurkopf-Schaft-Übergang [157]. Derzeit existieren keine einheitlichen Grenzwerte für den alpha-Winkel. In der Literatur finden sich Grenzen für einen pathologischen alpha-Winkel von 43° bis 94° [155], [3], [137], [204], [196], [109]. Innerhalb der aktuellen Literatur wird überwiegend ein Schwellenwert von 60° zur Klassifizierung der Cam-Deformität vorgeschlagen [204], [137].

In der vorliegenden Arbeit wurde auch eine Gruppierung des alpha-Winkels vorgenommen. Diese Einteilung wurde vorgenommen, um bei der späteren Analyse der Daten unter anderem zu untersuchen, welche Rolle die postoperative Winkelveränderung einnimmt und ob das ursprüngliche Winkelausmaß möglicherweise entscheidend für den postoperativen Verlauf ist. Dazu wurden den präoperativen Winkelwerten der Cam-Deformität drei Gruppen, den postoperativen Winkelwerte zwei Gruppen zugeordnet. In die erste präoperative Gruppe fielen die Winkelwerte, die kleiner als 60° waren. Diese Gruppe stellte die Personengruppe dar, deren Winkelausmaß im Referenzbereich lag bzw. deren Werte als mild pathologisch angesehen wurden. Die zweite präoperative Gruppe umfasste die Winkelausmaße 60° bis 90° und stellte somit die Personengruppe, deren alpha-Winkel im pathologischen Bereich lag, dar. In der dritten präoperativen Gruppe befanden sich Patienten, deren alpha-Winkel hochpathologische Werte über 90° aufwiesen. In die erste postoperative Gruppe fielen alle Personen, deren Winkel kleiner als 60° war und die zweite postoperative Gruppe umfasste dementsprechend alle Personen, deren Winkel größer bzw. gleich 60° war. Diese postoperative Einteilung wurde aufgrund der besseren Übersicht gewählt, um grundsätzlich eine Aussage darüber treffen zu können, ob ein Winkel nach der Resektion in den physiologischen Bereich korrigiert wurde oder sich weiterhin im pathologischen Bereich befindet. Mithilfe

2.9.2 LCE-Winkel nach Wiberg

In der vorliegenden Arbeit wurde der LCE-Winkel (s.a. 1.7.2 Radiologische Diagnostik des Pincer-Impingements) bestimmt. Somit konnten die Pincer-Deformitäten, bei denen es sich um generalisierte Mehrüberdachungen handelte, detektiert werden. Ferner erfolgte eine Kategorisierung der Winkel. Dabei wurden die unterschiedlichen Winkelwerte drei Gruppen zugeordnet. Diese Gruppierung orientierte sich an den Empfehlungen aus der

angeführten Literatur [201], [198], [210]. Dabei erfolgte die Einteilung der Winkel in drei Gruppen. In die erste Gruppe fielen alle Winkel, die kleiner als 25° waren und bildete somit diejenigen ab, bei denen möglicherweise Anzeichen für das Vorliegen einer Hüftdysplasie gegeben waren. Die zweite Gruppe umfasste Winkelwerte von 25° - 35° . Diese Gruppe bildete die physiologischen Werte ab. Winkel, die größer als 35° waren, wurden der dritten Gruppe zugeteilt. Dabei handelte es sich um diejenigen, die Anzeichen für eine Pincer-Deformität aufwiesen. Diese Kategorisierung der Winkel ermöglichte es, im anschließenden Schritt eine genaue Analyse der Daten und Erkenntnisse über die optimalen Korrekturwerte zu erhalten.

2.9.3 Vorliegen eines „Cookie bites“

Während der Resektion der Cam-Deformität im Rahmen der Hüftarthroskopie kann es im Bereich des Femurkopf-Schenkelhals-Überganges zu einem sogenannten „Cookie bite“ kommen. Ein „Cookie bite“ entsteht, wenn während des Fräsvorganges eine zu stark ausgeprägte Taillierung des Kopf-Hals-Überganges vorgenommen wird. Auf den postoperativen Röntgenbildern wurde das Vorhandensein eines solchen „Cookie bite“ geprüft. Durch eine zu einschneidende Taillierung des Kopf-Hals-Überganges steigt das postoperative Risiko eines Oberschenkelhalsbruches.

2.9.4 Heterotope Ossifikationen

Bei heterotopen Ossifikationen handelt es sich um einen Umbauprozess, bei welchem Weichteilgewebe aufgrund von Gewebeerletzungen in knöchernes Gewebe umgewandelt wird. Nach Brooker [21] erfolgt die Klassifikation der heterotopen Ossifikation in vier Graden. Diese Klassifikation wurde anhand von Röntgenbildern der Hüfte im anterior-posterioren Strahlengang erstellt. In der vorliegenden Arbeit wurde das Vorliegen von heterotopen Ossifikationen festgehalten. Die Patienten bekamen postoperativ prophylaktisch Indomethacin. Diese Prophylaxe wird häufig standardmäßig durchgeführt [92].

Tabelle 5: Schweregradeinteilung der heterotopen Ossifikation nach Brooker [21].

Heterotope Ossifikationsgrade	Beschreibung der heterotopen Ossifikation
Grad 1	Vereinzelte Knocheninseln im periartikulären Weichteilgewebe
Grad 2	Ossifikationen des Beckens/Oberschenkelkopfes mit mindestens 1 cm Abstand
Grad 3	Ossifikationen des Beckens/Oberschenkelkopfes mit weniger als 1 cm Abstand
Grad 4	Ankylose im Bereich von Oberschenkelkopf und Becken

2.9.5 Arthrosegrad

Da die evtl. bereits vorhandene Gelenkdegeneration möglicherweise wesentlich das Resultat der Hüftarthroskopie beeinflussen könnte, wurde anhand von radiologischen und klinischen Einteilungen der Arthrosegrad bestimmt. Mit Hilfe der 1957 entwickelten Klassifikation nach Kellgren und Lawrence lässt sich radiologisch die Arthrose in vier Stadien einteilen [99]. Bei Grad 0 sind keine radiologischen Merkmale einer Coxarthrose feststellbar. Der Verdacht auf eine Coxarthrose fällt unter den Grad 1. Hier sind kleine Osteophyten zu erkennen. Die Relevanz der radiologischen Zeichen bleibt in diesem Stadium unklar. Bei einer geringfügigen Coxarthrose spricht man von Grad 2. Diese liegt vor, wenn Osteophyten vorhanden sind und die Gelenkspaltbreite verschmälert ist. Unter den Grad 3 fällt die mäßige Coxarthrose. Sie ist geprägt von Sklerosierung, Geröllzysten und einer ausgeprägten Osteophytenbildung. Liegen eine stark ausgebildete Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung und knöcherne Deformierungen des Hüftgelenks vor, wird eine schwere Coxarthrose diagnostiziert und der Grad 4 nach Kellgren und Lawrence zugeordnet.

2.10 Subgruppenanalyse

Zur präzisen Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit wurde zusätzlich eine Subgruppenanalyse des Gesamtkollektivs durchgeführt. Hierzu wurden lediglich die Patienten in die Analyse miteingeschlossen, bei denen (i) ausschließlich ein Cam-Impingement diagnostiziert und alleinig therapiert wurde, (ii) sich diese Diagnose auch intraoperativ bestätigte, (iii) keine weiteren relevanten

Pathologien vorlagen und (iv) maximal geringfügigen Coxarthrosezeichen (Grad 2 nach Kellgren und Lawrence [99]) vorlagen. Außerdem wurde bei dem wesentlich kleineren Kollektiv auf die Vollständigkeit der Datensätze geachtet sowie nicht plausible postoperative alpha-Winkelerhöhungen, die möglicherweise durch Projektionsphänomene hervorgerufen wurden, ausgeschlossen.

Das Patientenkollektiv der Subgruppenanalyse wurde – wie in Kapitel 2.9.1 erläutert – je nach Ausmaß des alpha-Winkels drei Gruppen zugeordnet (größer als 90°, 60°-90°, kleiner als 60°). Die Gruppierung erfolgte anhand der alpha-Winkelbestimmung der a.p. Aufnahmen.

Es wurde für jede der einzelnen Gruppierungen analysiert inwieweit sich das prä- zum postoperativen Outcome der Fragebögenscores (Harris Hip, WOMAC, VAS) verändert hat. Weiterhin wurde der Einfluss auf die Vollständigkeit der Resektion des Cam-Impingement auf das Outcome der postoperativen Fragebögenscores untersucht. Diese Untersuchung wurde zudem ein weiteres Mal nur an Studienteilnehmern mit einem isolierten Cam-Impingement durchgeführt, die keine Coxarthrosezeichen aufwiesen.

2.11 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte unter Mithilfe von Frau Prof. Dr. Nina Timmesfeld und Patrick Bossert.

Für die deskriptive Statistik des Patientenkollektivs wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Für die Deskription der Diagnosen, der Therapie, der Veränderung des alpha-Winkels von prä- zu postoperativ, der Kategorisierung des alpha-Winkels und der Zufriedenheits- und Komplikationserfassung wurde die Anzahl und der Prozentwert bestimmt. Für die prä- und postoperativen Winkel wurde der Median und der Interquartilsabstand berechnet. Bei der Auswertung der Fragebögen wurden die Mittelwerte mit Standardabweichungen und die Mediane mit Interquartilsabständen bestimmt. Zusätzlich wurde eine Student's T-Testanalysen für ungepaarte Stichproben durchgeführt. Dieser diente zur Überprüfung der Signifikanz der erhobenen Mittelwerte. Hierfür wurden sowohl das Programm Excel[®] 2011 (Microsoft, Redmond, U.S.A) als auch das Programm R (Version 3.4.0, R Foundation for Statistical Computing) verwendet. Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse in dem deskriptiven Teil der

Statistik wurden ebenfalls mit dem Programm Excel® 2011 (Microsoft, Redmond, U.S.A) erstellt.

Für die uni- und multivariate Regressionsanalyse wurde das Programm R (R Version 3.4.0, R Foundation for Statistical Computing) verwendet.

Für die Analyse möglicher Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“ wurde das Cox-Proportional-Hazard Regressions Modell verwendet. Für die Analyse auf mögliche Einflussgrößen, die sich auf die Bewertung des postoperativen WOMAC Scores auswirken könnten, wurde das lineare Regressions Modell verwendet.

Bei der schrittweisen Regression nach dem p-Wert wurde für den Ein- und Ausschluss in das Modell für alle drei Outcomes ein p-Wert von 0,2 gewählt.

Bei dem univariaten Vergleich auf Einfluss und der schrittweisen Regression nach dem p-Wert wurde von einer statistischen Signifikanz von $p < 0,05$ ausgegangen.

Die gesamte Statistik der Subgruppenanalyse wurde ebenfalls mit dem Programm Excel® 2011 (Microsoft, Redmond, U.S.A) berechnet. Hierbei wurde für die Analyse der Fragebögen der Mittelwert, die Varianz sowie eine Student's T-Testanalyse für ungepaarte Stichproben durchgeführt. Eine statistische Signifikanz wurde bei Vorliegen eines p-Werts von $< 0,05$ angenommen. Zusätzlich wurde für die Auswertung des Outcomes der Fragebögen in Bezug auf die Vollständigkeit bzw. die Unvollständigkeit der alpha-Winkel Resektion eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Hilfe des Programms ANOVA durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

3.1.1 Patientenkollektiv

Die Abteilung Orthopädie und Rheumatologie des Universitätsklinikums Marburg und Gießen Standort Marburg führte von Juni 2006 bis September 2014 laut dem Operationsplan bei insgesamt 529 Patienten Hüftarthroskopien durch. Zwei Studienteilnehmer verstarben in der Zeit der Studiendauer und von 33 Patienten konnte kein Follow-up erhoben werden. Insgesamt handelt es sich um ein Patientenkollektiv, das sich aus 494 Patienten (93,4 %) zusammensetzt und von dem Datensätze erhoben werden konnten. In einigen Fällen waren Teildatensätze oder Fragebögen nicht komplett und andererseits konnten Daten aus der Aktenlage gewonnen werden, sodass für einzelne Parameter unterschiedliche Fallzahlen vorliegen. Die Daten des Patientenkollektivs sind in der untenstehenden Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Darstellung des Patientenkollektivs.

	[ALL] N=529	N
Alter [Jahre]	47,8±12,7	529
Geschlecht		
männlich	254	529
weiblich	275	529
BMI [kg/m ²]	26,9±5,39	471
Größe [cm]	173±9,45	473
Follow-up [Monate]	42,5±19,0	529
Diagnose		
Cam-FAI	474 (89,6 %)	529
Pincer-FAI	232 (43,9 %)	528
Misch-FAI	212 (40,1 %)	529
Primäre Coxarthrose	229 (43,3 %)	529
Hüftdysplasie	52 (89,83 %)	529
LCF Ruptur	34 (6,54 %)	520
Freie Gelenkkörper	39 (7,37 %)	529
Labrumschaden	281 (53,1 %)	529
Knorpelschaden	127 (24,0 %)	529
Operationszeit [Minuten]	77,4±28,7	529

BMI Body Mass Index, Diagnosen, die intraoperativ gestellt wurden, *FAI* Femoroazetubläres Impingement, *LCF* Ligamentum capitis femoris

Die in der Tabelle 6 aufgeführten Cam-FAI beinhalten auch die Misch-FAI. Isolierte Cam-FAI konnten bei 262 Personen diagnostiziert werden. In gleicher Art und Weise sind auch die Pincer-FAI dargestellt. Das Vorliegen eines isolierten Pincer FAI zeigte sich bei 20 Patienten. Bei 387 Studienteilnehmern (N=470) war keine erneute Operation nach der Hüftarthroskopie notwendig. Eine weitere operative Maßnahme erfolgte bei 83 Patienten (17,7 %). Dabei wurde 63 Studienteilnehmern ein künstliches Hüftgelenk implantiert und ein Patient musste sich einer Triple Osteotomie unterziehen. Bei 19 Studienteilnehmern erfolgte eine erneute Gelenkspiegelung. Im Durchschnitt kam es nach 15,1 Monaten (N=81) und einem Median von 12 Monaten (mind. 1 Monat; max. 50 Monate) zu einem erneuten chirurgischen Eingriff. Die Auswertung der Gründe, die aus Patientensicht zu einer erneuten operativen Maßnahme führten, konnte die tatsächlich

durchgeführten operativen Eingriffe nicht vollumfänglich erklären. 60 Personen gaben keinen Grund für die erneut durchgeführte Operation an. Lediglich 21 Patienten konnten einen Grund für den erneuten Eingriff nennen. Die Gründe, die aus Patientensicht dazu führten, zeigt die Abbildung 11.

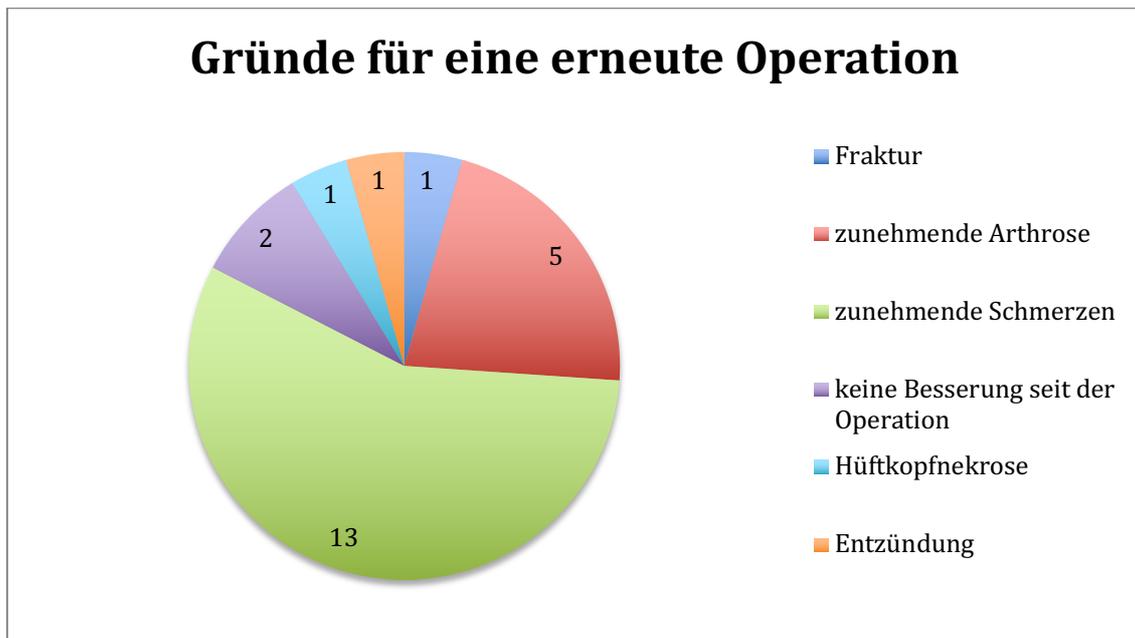


Abbildung 11: Darstellung der Gründe für einen erneuten chirurgischen Eingriff aus Patientensicht. Angabe der Patienten in absoluten Zahlen.

Von 523 Patienten konnte mit Hilfe der Klassifikation nach Kellgren und Lawrence [99] der Arthrosegrad erhoben werden. Die Arthrosegrade wurden hierbei (s.a. 2.9.8 Arthrosegrad) in vier Stadien unterteilt. Dabei zeigte sich, dass 89 (17,0 %) Patienten Grad 0 aufwiesen. Unter Grad 1 litten 189 (36,1 %) Patienten. Bei 173 (33,1 %) Patienten wurde Grad 2 festgestellt. Weiterhin wurde bei 62 Patienten (11,9 %) Grad 3 diagnostiziert und bei zehn Patienten (1,92 %) wurde Grad 4 bestimmt.

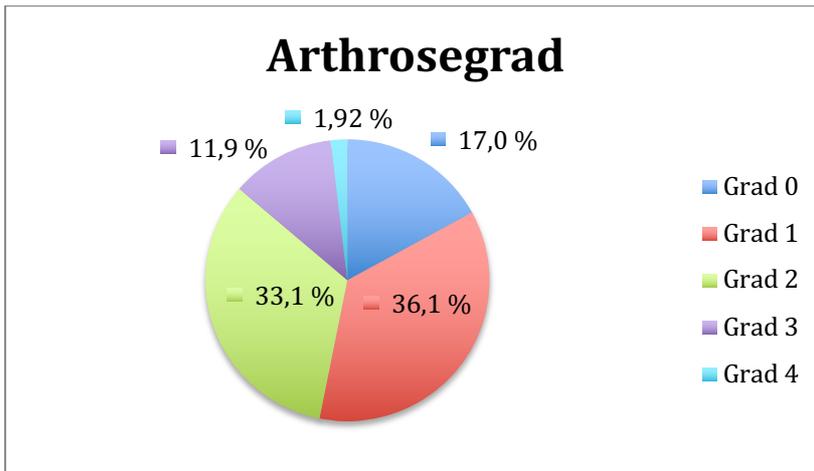


Abbildung 12: Darstellung des präoperativen Arthrosegrads nach Kellgren und Lawrence [99].

3.1.2 Therapie

In der untenstehenden Tabelle 7 sind die durchgeführten Therapien, die während der 529 Hüftarthroskopien stattfanden, aufgelistet.

Tabelle 7: Zusammenstellung der durchgeführten Therapien.

Therapie	[ALL] N=529	N
Cam	472 (89.2 %)	529
Pincer	230 (43.6 %)	528
Labrumglättung	184 (34.8 %)	529
LCF Resektion	33 (6.35 %)	520
Freie Gelenkkörper	39 (7.37 %)	529
Knorpelglättung	70 (13.3 %)	528
Mikrofrakturierung	78 (14.7 %)	529

LCF Ligamentum capitis femoris

3.1.3 Alpha-Winkel

Die Deskription der präoperativen alpha-Winkel der 518 a.p. Aufnahmen ergaben einen Median von $51,8^\circ$ mit einem Interquartilsabstand von [42.9;84.1].

Bei den 479 axialen Projektionen zeigte sich ein Median von $54,7^\circ$ mit einem Interquartilsabstand von [30.1;39.9].

Die Gruppierung der Winkel in <60 , $60-90$ und >90 (s. 2.9.1 Alpha-Winkel) ergab

sowohl für die a.p. als auch für die axialen Aufnahmen, dass die Mehrheit der alpha-Winkel (a.p. Aufnahme 283 (54 %) und axiale Aufnahme 290 (60.5 %)) kleiner als 60° waren. Bei den a.p. Aufnahmen zählten 145 (28,0 %) zu der zweiten Gruppe (zwischen $60-90^\circ$) und 90 (17,4 %) zu der dritten Gruppe (größer als 90°). Bei den axialen Aufnahmen zählten 177 (37,0 %) zur zweiten Gruppe und nur 12 (2,51 %) zu der dritten Gruppe.

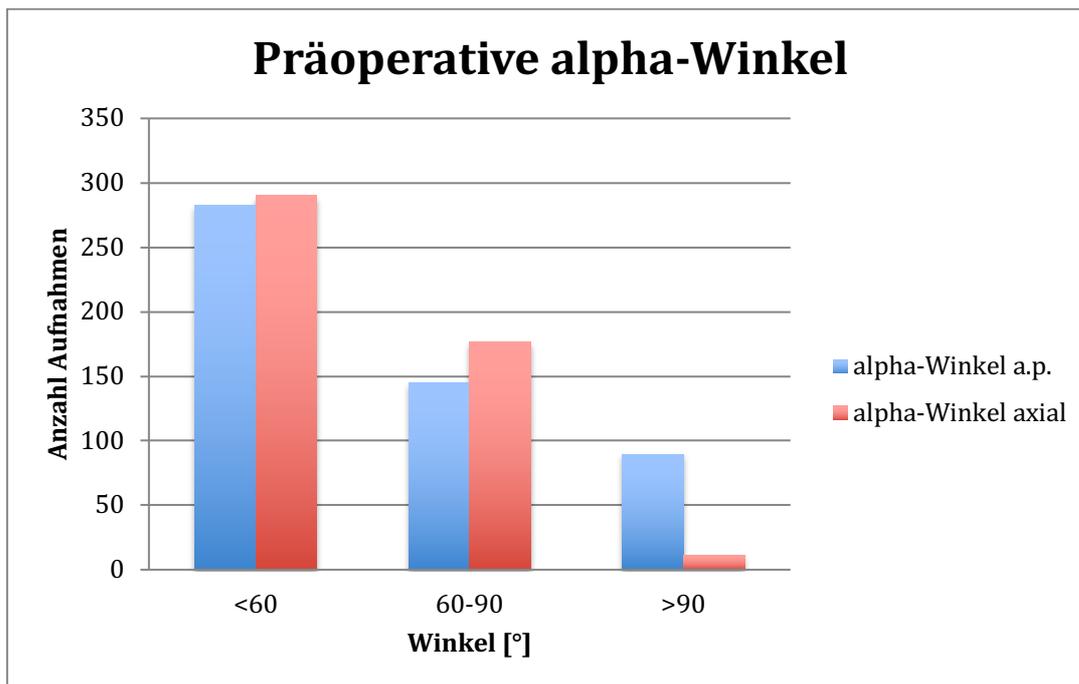


Abbildung 13: Vergleich der a.p. und der axialen präoperativen alpha-Winkel.

Die Deskription der postoperativen Winkel ergab für die 515 a.p. Aufnahmen der alpha-Winkel einen Median von $46,5^\circ$ mit einem Interquartilsabstand von [42.3;60.8].

Die Auswertung der 455 axialen postoperativen Aufnahmen des alpha-Winkels ergab einen Median von $47,1^\circ$ mit einem Interquartilsabstand von [42.3;52.6]. Der postoperative alpha-Winkel wurde sowohl für die a.p. als auch für die axialen Aufnahmen in je zwei Gruppen untersucht. In der ersten Gruppe wurden alle Winkel, die kleiner als 60° waren, ausgewertet. Die zweite Gruppe beinhaltet, die Winkel, die 60° oder größer als 60° waren. Bei den a.p. Aufnahmen waren 384 (74,6 %) kleiner als 60° und in die zweite Gruppe fielen 131 (25,4 %). Die erste Gruppe der axialen Aufnahmen umfasste 409 (89,9 %) Hüften und die zweite Gruppe 46 (10,1 %).

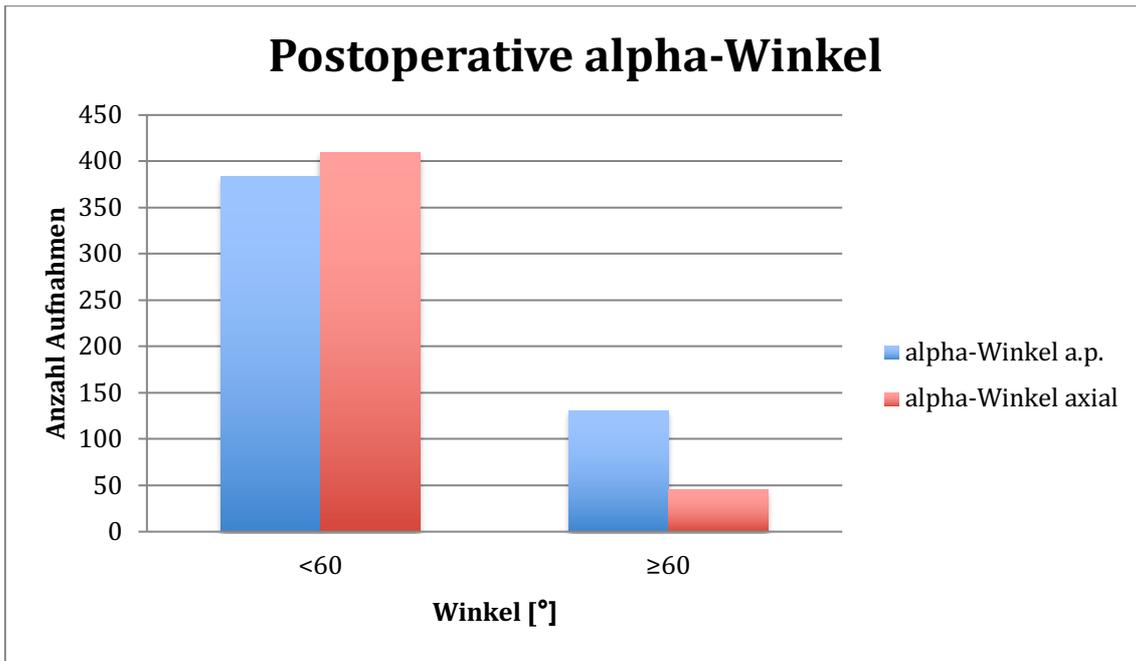


Abbildung 14: Vergleich der postoperativen alpha-Winkel der a.p.- und der axialen Aufnahmen.

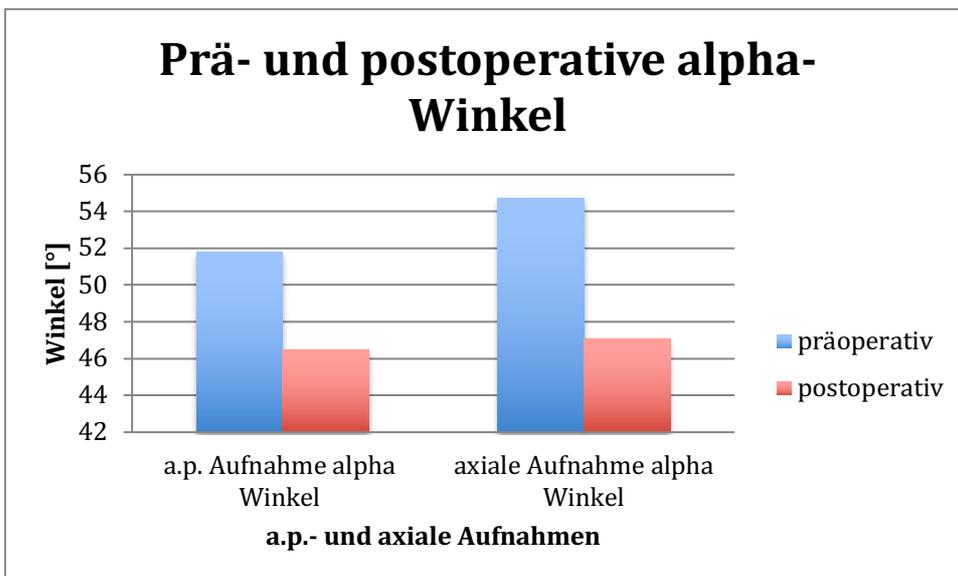


Abbildung 15: Vergleich der präoperativen und postoperativen alpha-Winkel der a.p.- und der axialen Aufnahmen.

3.1.4 LCE-Winkel

Die Analyse der präoperativen LCE-Winkel ergab einen Median von $34,7^\circ$ mit einem Interquartilsabstand von [30.1;39.9]. Die Gruppierung in <25 , $25-35$, >35 ergab, dass 39 (7,53 %) der ersten Gruppe zugeordnet werden konnten, 231 (44,6 %) der zweiten Gruppe und die Mehrheit mit 248 (47,9 %) der dritten Gruppe angehörten.

Die Deskription des postoperativen LCE-Winkels ergab aus 455 Aufnahmen einen Median von $32,2^\circ$. Die Gruppierung erfolgte auch hier in zwei Gruppen. Die erste Gruppe mit 128 (24,7 %) umfasste alle Aufnahmen, die kleiner als 30° waren und die zweite Gruppe mit 390 (75,3 %) umfasste alle Aufnahmen, die genau 30° oder größer waren.

3.1.5 Alpha-Winkelveränderungen

Die Tabelle 8 schlüsselt die Winkelveränderungen des alpha-Winkels in der a.p.- und der axialen Aufnahme auf. Dabei wird die präoperative Situation des erhöhten alpha-Winkels mit dem postoperativen Zustand nach der Resektion der vorhandenen Deformität verglichen.

Hierzu wurde speziell analysiert, wie groß das Resektionsausmaß innerhalb der kategorisierten Winkelwerte letztendlich war (von präoperativ <60 , $60-90$, >90 zu postoperativ <60 , ≥ 60). Der weit überwiegende Teil der Studienteilnehmer fiel dabei sowohl in der a.p.- als auch in der axialen Aufnahme des alpha-Winkels in die erste Gruppierung, in der die Patienten bereits präoperativ und postoperativ einen kleineren alpha-Winkel als 60° besaßen. Gefolgt wurden diese zwei Gruppen von der Gruppierung, in der die Patienten auf den axialen Aufnahmen präoperativ einen Winkel von 60° bis 90° aufwiesen und der postoperativ kleiner als 60° war. In den a.p. Aufnahmen zeigt die Analyse bei zwölf Patienten postoperativ eine Vergrößerung des alpha-Winkels. Diese postoperative alpha-Winkelzunahme tritt auch bei fünf axialen Aufnahmen auf. Mögliche Ursachen, die zu dieser fälschlichen Vergrößerung geführt haben könnten, werden in Kapitel 4.1.2 erörtert.

Tabelle 8: Darstellung der Veränderung der präoperativen Winkel zu den postoperativen Winkeln.

	[ALL] N=518	N
Alpha-Winkel kat. a.p. prä zu alpha-Winkel kat. a.p. post		510
<60:<60	265 (52.0 %)	
<60:≥60	12 (2.35 %)	
>90:<60	42 (8.24 %)	
>90:≥60	46 (9.02 %)	
60–90:<60	74 (14.5 %)	
60–90:≥60	71 (13.9 %)	
Alpha-Winkel kat. axial prä zu alpha-Winkel kat. axial post		419
<60:<60	253 (60.4 %)	
<60:≥60	5 (1.19 %)	
>90:<60	5 (1.19 %)	
>90:≥60	3 (0.72 %)	
60-90:<60	118 (28.2 %)	
60-90:≥60	35 (8.35 %)	

Kat. Kategoriell, *PRÄ* Präoperativ, *POST* Postoperativ

3.1.6 Vorliegen eines „Cookie bites“

In der Auswertung der Röntgenbilder konnte das Vorliegen von insgesamt 42 Cookie bites festgestellt werden. Keiner dieser Fälle stand in Zusammenhang mit einer darauf zurückzuführenden Fraktur des Oberschenkelhalses.

3.1.7 Zufriedenheit und Komplikationen

Die Auswertung des selbsterstellten Teils des Postfragebogenkatalogs, der sich mit den Kategorien „Zufriedenheit“ und „Komplikationen“ beschäftigte, ergab für die Zufriedenheit mit dem Ergebnis der arthroskopischen Maßnahme einen Median von 8 (KI [5.00;9.00]) auf einer Skala von 0 bis 10. Wobei 0 vollkommene Unzufriedenheit und 10 vollkommene Zufriedenheit für die Studienteilnehmer darstellte. Weiterhin konnte ermittelt werden, dass 84,7 % von 463 Patienten denselben operativen Eingriff einem engen Freund oder Verwandten weiterempfehlen würden. 77,1 % von 464 Patienten sind nach der Operation nicht mehr darauf angewiesen, Schmerzmittel einzunehmen. 22,9 %

hingegen mussten aufgrund von Schmerzen in dem operierten Hüftgelenk Schmerzmittel einnehmen. Außerdem wurde ausgewertet, wie die Funktion der Hüfte nach der Operation im Vergleich zur Zeit vor dem chirurgischen Eingriff von den Patienten wahrgenommen wird. Von 464 der Studienteilnehmern gaben 69,4 % an, eine bessere Funktion als vor dem Eingriff zu haben. Bei 22 % ist die Funktion der Hüfte nach der Operation unverändert und bei 8,19 % hat sie sich postoperativ verschlechtert.

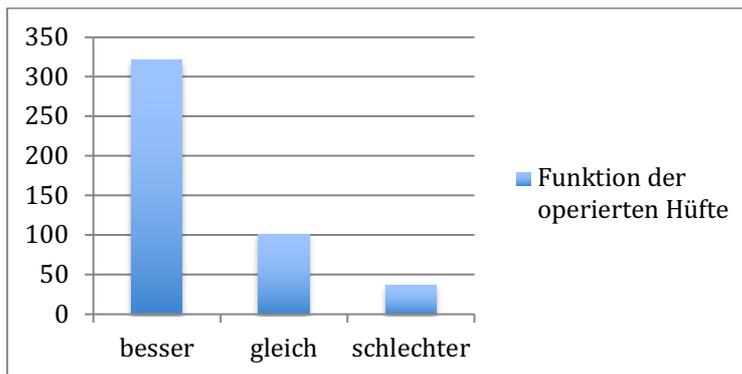


Abbildung 16: Darstellung des von den Patienten selbstempfundene postoperativen Funktionszustand der Hüfte. Die x-Achse stellt den empfundenen Funktionszustand der Patienten dar und die y-Achse die Fallzahl der Studienteilnehmer.

Die Auswertung der postoperativen Komplikationserfassung ist in der Tabelle 9 festgehalten. Keiner dieser festgehaltenen leichten Komplikationen benötigte eine weitergehende Versorgung oder führte zu einer Verlängerung des stationären Aufenthaltes. Es handelte sich bei den fünf betroffenen Studienteilnehmern, die eine Parese angaben, um zeitlich begrenzte Lähmungserscheinungen im Bereich des operierten Beines. 87 Patienten litten unter einem neu aufgetretenen vorübergehenden Taubheitsgefühl im Bereich des operierten Beines. Trotz der prophylaktischen postoperativen Einnahme von niedermolekularem Heparin erlitten zwei Studienteilnehmer nach der arthroskopischen Maßnahme eine Thrombose. Es konnten allerdings keine klinischen Hinweise auf eine Lungenembolie gefunden werden. Weiterhin wurden bei zehn Patienten heterotope Ossifikationen gefunden. Von insgesamt 469 Studienteilnehmern kam es bei 14 zu Wundheilungsstörungen, bei 119 traten nach der Operation Blutergüsse auf und 13 Patienten hatten nach der Operation mit Erektionsstörungen oder Schmerzen beim Geschlechtsverkehr zu kämpfen. Die Auswertung ergab, dass es postoperativ zu drei Oberschenkelhalsfrakturen der operierten Beine gekommen war. Diese Komplikation fiel in die Gruppe der schwerwiegenden

Komplikationen. Dabei benötigte eine der drei Oberschenkelhalsfrakturen eine operative Versorgung. Insgesamt ließ sich eine major Komplikationsrate von 0,64 % festhalten und eine minor Komplikationsrate von 57,21 %, wobei es am häufigsten zum Auftreten von postoperativen Hämatomen und zeitlich limitierter Parästhesie im Bereich des operierten Beines kam.

Tabelle 9: Darstellung der Komplikationsarten und der Anzahl der Komplikationen während bzw. nach der Hüftarthroskopie.

Komplikationen	Auftreten	[ALL]
		N=469
Minor Komplikationen		
Thrombose	2 (0,43 %)	465
Wundheilungsstörungen	14 (2,99 %)	469
Hämatome	119 (25,4 %)	469
Parästhesie	87 (18,6 %)	469
Parese	5 (1,07 %)	469
Hautverletzung	19 (4,05 %)	469
Dyspareunie und Erektionsstörungen	13 (2,77 %)	469
Heterotope Ossifikationen	10 (1,9 %)	526
Major Komplikationen		
Fraktur	3 (0,64 %)	469

3.1.8 Auswertung der Fragebögenscores

Die Analyse der visuellen Analogskala (VAS) zur Schmerzerfassung zeigte eine signifikante Verbesserung hinsichtlich der angegebenen Schmerzstärke. Durchschnittlich konnten nach dem arthroskopischen Eingriff die Schmerzen auf der VAS um 3,4 Punkte gesenkt werden (s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen.

	VAS	N
Präoperativ	5,9±2,4 6,00 [4,75;8,0]	484
Postoperativ	2,5±2,5 2,00 [1,00;4,00]	346
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	19,6	

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

Die Tabelle 11 vergleicht die Ergebnisse des präoperativen WOMAC Scores [102], [193] mit dem postoperativen WOMAC Score. Hierbei schnitten die Studienteilnehmer postoperativ durchschnittlich um 23,8 Punkte besser ab.

Tabelle 11: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193].

	WOMAC	N
Präoperativ	58,9±23,9 59,0 [41,7;78,1]	451
Postoperativ	82,7±20,9 90,6 [75,0;99,0]	297
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	14,1	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Der SF 36 [25] wurde - getrennt nach den beiden großen Kategorien „körperliche Gesundheit“ und „psychische Gesundheit“ - ausgewertet. Hierbei zeigte sich in beiden Bereichen eine signifikante Verbesserung. In der Kategorie „psychische Gesundheit“ konnten die Studienteilnehmer sich durchschnittlich um 11 Punkte und in der Kategorie „körperliche Gesundheit“ um 22 Punkte verbessern.

Tabelle 12: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der mentalen und physikalischen Dimension des SF 36 [25].

	SF 36 mental	N	SF 36 physical	N
Präoperativ	58,3±22,6 60,13 [39,08;77,13]	442	45,3±19,7 36,88 [25,16;54,84]	442
Postoperativ	70,2±21,9 78,0 [55,8;87,7]	291	62,9±24,7 69,1 [41,9;85,0]	292
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	< 0,001		0,002	
Student's T-Test Teststatistik	7,0		3,1	

SF 36 MENTAL Short Form 36 questionnaire der mentalen Dimension, *SF 36 PHYSICAL* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension

Der prä- und postoperative Vergleich des Harris Hip Scores (HHS) [88] dokumentierte eine durchschnittliche Verbesserung um 17,7 Punkte.

Tabelle 13: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88].

	HHS	N
Präoperativ	55,1±4,4 55 [45,5;63,0]	451
Postoperativ	72,8±16,1 77,0 [62,0;87,0]	295
Signifikanz (p-Wert)	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	15,7	

HHS Harris Hip Score

Innerhalb der verschiedenen Kategorien des Hip Outcome Scores (HOS) [134], [135], [136] ließen sich ebenso signifikante Verbesserungen feststellen. So konnte für die Kategorie „Aktivitäten des täglichen Lebens“ (ADL [engl.: Activities of daily living]) des HOS eine durchschnittliche Punkteerhöhung um 21,6 und bei der Patientenselbsteinschätzung eine durchschnittliche Punkteerhöhung um 20,7 festgestellt werden. In der Kategorie „Sport“ wurde eine durchschnittliche Punkteerhöhung um 27,83

erzielt und in der Selbsteinschätzung der Patienten eine Verbesserung um 24,6 Punkte. Die Kategorie „Selbstbeurteilung der Funktionsveränderung der Hüfte nach der Hüftarthroskopie“ wies eine Verbesserung um 0,9 auf. Hierbei konnten die Studienteilnehmer zwischen die Funktion meiner Hüfte ist „normal“ (=1), „fast normal“ „nicht normal“ und „hochgradig nicht normal (=4)“ wählen. Präoperativ gaben die Studienteilnehmer im Durchschnitt an, dass ihre Funktion der Hüfte „nicht normal“ (=3) sei und postoperativ, dass ihre Hüftfunktion „fast normal“ (=2) sei.

Tabelle 14: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse von zwei der fünf verschiedenen Bereiche des HOS [134], [135], [136].

	HOS ADL	N	HOS SE ADL	N
Präoperativ	58,9±18,7 57,89 [44,73;71,05]	443	55,2±21,3 50 [40;70]	443
Postoperativ	80,5±18,3 85,53 [70,31;94,74]	293	75,9±21,1 80 [60;90]	293
Signifikanz (p-Wert)	<0,001		<0,001	
Student's T-Test				
Teststatistik	15,5		12,9	

HOS ADL Hip Outcome Score der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL [engl.: Activities of daily living]), *HOS SE ADL* Hip Outcome Score Patientenselbsteinschätzung ihrer Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL [engl.: Activities of daily living]).

Tabelle 15: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse von drei der fünf verschiedenen Bereiche des HOS [134], [135], [136].

	HOS Sport	N	HOS SE Sport	N	HOS SE Funktion	N
präoperativ	33,07±24,0	442	38,7±26,2	443	3,0±0,6	443
	28,12 [12,85;50,0]		40 [20;60]		3,0 [3;3]	
postoperativ	60,9±30,7	293	63,3±29,1	293	2,1±0,8	291
	66,67 [35,71;87,5]		70 [50;90]		2,0 [2;3]	
Signifikanz						
(p-Wert)	<0,001		<0,001		<0,001	
Student's						
T-Test						
Teststatistik	13,7		11,9		15,0	

HOS Sport Hip Outcome Score der Sportfähigkeit, *HOS SE Sport* Hip Outcome Score Patientenselbsteinschätzung ihrer Sportfähigkeit, *HOS SE Funktion* Hip Outcome Score Patientenselbsteinschätzung ihrer Funktionsfähigkeit.

Insgesamt konnte bei jedem Score des Fragebogenkatalogs nach der Hüftarthroskopie eine signifikante Verbesserung festgestellt werden.

3.2 Univariater Vergleich auf Einfluss

Im Folgenden wurde der Datensatz einer univariaten Regressionsanalyse unterzogen. So konnte geprüft werden, ob die einzelnen Variablen im Zusammenhang mit dem jeweiligen Ergebnis stehen. Ein Kernpunkt dieser Arbeit ist die Frage nach dem Einfluss des Ausmaßes der Cam-Korrektur auf den Therapieerfolg. Dazu ist es von besonderer Wichtigkeit zu ergründen, welche präoperativen alpha-Winkel möglicherweise in Zusammenhang mit dem Ergebnis „erneute Operation“ stehen. Die p-Werte stellen lediglich die p-Werte für den Zusammenhang zwischen der Variablen und dem jeweiligen Ergebnis dar. Es wurde keine Korrektur für weitere Kovariablen vorgenommen.

3.2.1 Ergebnis „erneute Operation“

Verschiedene Variablen, die möglicherweise einen Einfluss auf das Ergebnis „erneute Operation“ haben könnten, sind in der Tabelle 16 beschrieben. Variablen, die eine statistische signifikante Einflussgröße ($p < 0,05$) auf das Ergebnis „erneute Operation“

darstellten, waren das Patientenalter bei der Operation, der Arthrosegrad, der präoperative alpha-Winkel (sowohl der a.p.- als auch der axialen Aufnahme), der präoperative WOMAC Score [102], [193], die präoperative VAS für Schmerzen, der präoperative HHS [88], der präoperative mentale und physikale Teil des SF 36 [25]. Ein hoher präoperativer Wert in der VAS für Schmerzen ließ das Risiko einer Reoperation steigen. Weitere Prädiktoren für das Risiko einer erneuten Operation waren zum einen ein größerer alpha-Winkel und zum anderen ein höheres Alter. Hingegen deuteten ein hoher präoperativer WOMAC Score, HHS und SF 36 mental und physical questionnaire auf ein niedrigeres Risiko hin, sich einem erneuten operativen Eingriff unterziehen zu müssen.

Tabelle 16: Darstellung möglicher Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	1.02 (1,1.04)		0.02
BMI [kg/m ²]	1.02 (0.98,1.06)		0.26
Arthrosegrad	1.51 (1.22,1.88)		<0.001
Alpha-Winkel a.p. prä	1.02 (1.01,1.02)		<0.001
Alpha-Winkel axial prä	1.02 (1,1.03)		0.012
LCE-Winkel prä	0.99 (0.97,1.02)		0.57
WOMAC Score prä	0.98 (0.97,0.99)		<0.001
VAS prä	1.15 (1.03,1.28)		0.012
HHS prä	0.97 (0.95,0.98)		<0.001
SF 36 mental prä	0.99 (0.98,1)		0.012
SF 36 physical prä	0.96 (0.94,0.97)		<0.001

KI Konfidenzintervall, *OP* Operation, *BMI* Body Mass Index, *A.P.* Anterior-posterior, *HHS* Harris Hip Score, *PRÄ* Präoperativ, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *LCE-Winkel* Lateralen-Centrum-Erker-Winkel, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, *SF 36 mental prä* Short Form 36 questionnaire der mentalen Dimension, *SF 36 physical prä* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension

In Tabelle 17 sind die Diagnosen, die sich als mögliche Faktoren auf das Ergebnis „erneute Operation“ auswirken könnten, festgehalten. Hierbei zeigten sich die Diagnose „primäre Coxarthrose“ und die Diagnose „freie Gelenkkörper“ als eine statistisch signifikante Einflussgröße ($p < 0,05$). Eine primäre Coxarthrose und freie Gelenkkörper waren hier Prädiktoren für ein steigendes Risiko einer erneuten Operation.

Tabelle 17: Darstellung der Diagnosen als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Diagnose Cam			0.36
Yes	Reference		
No	0.65 (0.26,1.62)		
Diagnose Pincer			0.76
Yes	Reference		
No	0.93 (0.6,1.44)		
Diagnose Cam Pincer kombiniert			0.44
Yes	Reference		
No	0.84 (0.54,1,3)		
Diagnose primäre Coxarthrose			<0.001
Yes	Reference		
No	0.41 (0.26,0.65)		
Diagnose Hüftdysplasie			0.072
Yes	Reference		
No	0.58 (0.32,1.05)		
Diagnose Knorpelschaden			0.88
Yes	Reference		
No	1.04 (0.64,1.69)		
Diagnose LCF Ruptur			0.15
Yes	Reference		
No	0.6 (0.3,1.2)		
Diagnose freie Gelenkkörper			<0.001
Yes	Reference		
No	0.34 (0.2,0.58)		

LCF Ligamentum capitis femoris, *KI* Konfidenzintervall

In der Tabelle 18 werden die durchgeführten Therapien als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“ dargestellt. Dabei zeigte sich, dass die Therapie „Labrumglättung“ und die Therapie „freier Gelenkkörper“ statistisch signifikante Einflussgrößen in Bezug auf das Ergebnis „erneute Operation“ waren. Genau wie in der Diagnose der freien Gelenkkörper verhielt es sich mit der Therapie „freier Gelenkkörper“, das Risiko einer erneuten Operation stieg. Wurde eine Labrumglättung durchgeführt, konnte man hierdurch das Risiko einer Reoperation mindern.

Tabelle 18: Darstellung der Therapien als mögliche Einflussgröße auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Therapie Cam			0.29
Yes	Reference		
No	0.61 (0.25,1.51)		
Therapie Pincer			0.7
Yes	Reference		
No	0.92 (0.59,1.42)		
Therapie Labrumglättung			0.0018
Yes	Reference		
No	2.34 (1.37,3.99)		
Therapie LCF Resektion			0.13
Yes	Reference		
No	0.59 (0.29,1.17)		
Therapie freie Gelenkkörper			<0.001
Yes	Reference		
No	0.34 (0.2,0.58)		
Therapie Knorpelglättung			0.46
Yes	Reference		
No	1.28 (0.66,2.48)		
Therapie Mikrofrakturierung			0.55
Yes	Reference		
No	1.2 (0.65,2.22)		

LCF Ligamentum capitis femoris, *KI* Konfidenzintervall

Wird der alpha-Winkel kategoriell betrachtet (s. 2.9.1 Alpha-Winkel), zeigt sich bei den hohen ($>90^\circ$) präoperativen alpha-Winkeln der a.p. Aufnahme ein statistisch signifikanter Einfluss.

Tabelle 19: Darstellung der präoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. prä			0.0016
<60	Reference		
60-90	1.95 (1.16,3.28)	0.012	
>90	2.54 (1.49,4.31)	<0.001	
Alpha-Winkel kat. axial prä			0.04
<60	Reference		
60-90	1.59 (1,2.55)	0.052	
>90	2.88 (1.03,8.09)	0.045	

KAT Kategoriell, *PRÄ* Präoperativ, *KI* Konfidenzintervall, *A.P.* Anterior-posterior

Die Tabelle 20 gibt die Auswertung der postoperativen Winkel wieder. Hierbei zeigte sich kein statistisch signifikantes Ergebnis.

Tabelle 20: Darstellung der postoperativen Winkel auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. post			0.064
<60	Reference		
≥60	1.95 (1.16,3.28)		
Alpha-Winkel kat. axial post			0.42
<60	Reference		
≥60	1.35 (0.65,2.83)		

KAT Kategoriell, *PRÄ* Präoperativ, *KI* Konfidenzintervall, *A.P.* Anterior-posterior

In der Tabelle 21 werden die Veränderungen der prä- zu den postoperativen Winkeln abgebildet.

Es wurde deutlich, dass die alpha-Winkel mit einer besonders hohen Winkelausgangslage (>90°) in den a.p. Aufnahmen ein höheres Risiko in sich trugen, dass ein operativer Eingriff erneut durchgeführt werden musste.

Aber auch die präoperativen Winkel der a.p. Aufnahmen zwischen 60° und 90° zeigten, dass ebenfalls für diesen Bereich das Risiko für eine erneute Operation groß war. Unabhängig davon, ob die Reduktion auf einen postoperativen Winkel der kleiner als 60° oder größer als bzw. gleich 60° ist, erfolgte.

Bei den axialen Aufnahmen war nur aus der Gruppe der Winkel mit Gradzahlen von 60° bis 90°, die auf weniger als 60° reseziert wurden, ein statistisch signifikantes Ergebnis abgebildet.

Tabelle 21: Darstellung der Veränderung präoperativer Winkel zu postoperativen Winkeln auf das Ergebnis „erneute Operation“.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. prä zu alpha-Winkel kat. a.p. post			0.013
<60:<60	Reference		
<60:≥60	0.83 (0.11,6.12)	0.86	
>90:<60	2.76 (1.45,5.45)	0.0034	
>90:≥60	2.69 (1.39,5.22)	0.0034	
60-90:<60	2.05 (1.06,3.98)	0.033	
60-90:≥60	2 (1.05,3.81)	0.036	
Alpha-Winkel kat. axial prä zu alpha-Winkel kat. axial post			0.2
<60:<60	Reference		
<60: ≥60	2.24 (0.31,16.5)	0.43	
>90:<60	3.4 (0.81,14.23)	0.094	
>90: ≥60	3.37 (0.46,24.92)	0.23	
60-90:<60	1.77 (1.04,3.02)	0.036	
60-90: ≥60	1.34 (0.52,3.46)	0.54	

KAT Kategoriell, *PRÄ* Präoperativ, *POST* Postoperativ, *KI* Konfidenzintervall, *A.P.* Anterior-posterior

3.2.2 Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“

Die lineare Regressionsanalyse zeigte, dass das Alter bei Operation, die Scores des präoperativen WOMAC, der präoperativen VAS für Schmerzen, des präoperativen HHS und des mentalen und physikalischen Teils des SF 36 statistisch signifikante Einflussgrößen in Bezug auf die Bewertung des postoperativen WOMAC Scores darstellten ($p < 0,05$).

Tabelle 22: Darstellung der Einflussgrößen auf den postoperativen WOMAC Score.

Kovariabel	Schätzwert (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	-0,26 (-0.44,-0.08)		0.0055
BMI [kg/m ²]	-0.29 (-0.73,0.16)		0.2
Arthrosegrad	-0.53 (-2.98,1.91)		0.67
Alpha-Winkel a.p. prä	-0.03 (-0.13,0.08)		0.62
Alpha-Winkel axial prä	0.07 (-0.1,0.24)		0.44
LCE-Winkel prä	0.1 (-0.19,0.4)		0.49
WOMAC prä	0.36 (0.27,0.45)		<0.001
VAS prä	-2.81 (-3.72,-1.89)		<0.001
HHS prä	0.49 (0.33,0.65)		<0.001
SF 36 mental prä	0.2 (0.1,0.31)		<0.001
SF 36 physical prä	0.33 (0.21,0.44)		<0.001

PRÄ Präoperativ, *BMI* Body Mass Index, *HHS* Harris Hip Score, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis, *SF 36 mental prä* Short Form 36 questionnaire der mentalen Dimension, *SF 36 physical prä* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *LCE-Winkel* Lateralen-Centrum-Erker-Winkel, *KI* Konfidenzintervall

Die Tabelle 23 stellt die verschiedenen Diagnosen dar, die einen möglichen Einfluss auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores haben können.

Dabei war die Diagnose einer Hüftdysplasie die einzige statistisch signifikante Einflussgröße. Wenn keine Hüftdysplasie vorlag, konnte ein besseres Ergebnis in dem postoperativen WOMAC Score erzielt werden.

Tabelle 23: Darstellung verschiedener Diagnosen als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.

Kovariabel	Schätzwert (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Diagnose Cam			0.3
Yes	Reference		
No	-4.14 (-12.02,3.73)		
Diagnose Pincer			0.8
Yes	Reference		
No	-0.63 (-5.4,4.14)		
Diagnose Cam Pincer kombiniert			0.64
Yes	Reference		
No	-1.13 (-5.93, 3.67)		
Diagnose primäre Coxarthrose			0.41
Yes	Reference		
No	2.04 (-2.82,6.9)		
Diagnose Hüftdysplasie			0.029
Yes	Reference		
No	9.14 (0.94,17.34)		
Diagnose Knorpelschaden			0.6
Yes	Reference		
No	1.51 (-4.17,7.2)		
Diagnose Labrumschaden			0.16
Yes	Reference		
No	-3.41 (-8.15,1.33)		
Diagnose LCF Ruptur			0.94
Yes	Reference		
No	-0.43 (-10.95,10.09)		
Diagnose freie Gelenkkörper			0.085
Yes	Reference		
No	7.79 (-1.06,16.63)		

LCF Ligamentum capitis femoris, *KI* Konfidenzintervall

Tabelle 24: Darstellung verschiedener Therapien als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.

Kovariabel	Schätzwert (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Therapie Cam			0.3
Yes	Reference		
No	-4.14 (-12.02,3.73)		
Therapie Pincer			0.84
Yes	Reference		
No	-0.48 (-5.25,4.29)		
Therapie Labrumglättung			0.66
Yes	Reference		
No	-1.12 (-6.12,3.88)		
Therapie LCF Resektion			0.89
Yes	Reference		
No	0.76 (-10.08,11.6)		
Therapie freie Gelenkkörper			0.085
Yes	Reference		
No	7.79 (-1.06,16.63)		
Therapie Knorpelglättung			0.44
Yes	Reference		
No	2.89 (-4.47,10.25)		
Therapie Mikrofrakturierung			0.76
Yes	Reference		
No	1.1 (-6.02,8.21)		

LCF Ligamentum capitis femoris, *KI* Konfidenzintervall

Sowohl bei der Analyse der prä- und postoperativen Winkel als auch bei der Betrachtung der verschiedenen Resektionsausmaße von prä- zu postoperativ konnte kein statistisch signifikanter Einfluss gefunden werden.

Tabelle 25: Darstellung der verschiedenen präoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.

Kovariabel	Schätzwert (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. prä			0.95
<60	Reference		
60-90	0.8 (-4.79,6.4)	0.78	
>90	-0.25 (-7.05,6.55)	0.94	
Alpha-Winkel kat. axial prä			0.51
<60	Reference		
60-90	2.64 (-2.53,7.82)	0.32	
>90	-4.39(-22.55,13.77)	0.64	

KAT Kategoriell, *PRÄ* Präoperativ, *KI* Konfidenintervall, *A.P.* Anterior-posterior

Tabelle 26: Darstellung der verschiedenen postoperativen Winkel als mögliche Einflussgrößen auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.

Kovariabel	Schätzwert (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. post			0.72
<60	Reference		
≥60	-1.04 (-6.66,4.58)		
Alpha-Winkel kat. axial post			0.94
<60	Reference		
≥60	0.33 (-8.42,9.07)		

KAT Kategoriell, *POST* Postoperativ, *KI* Konfidenzintervall, *A.P.* Anterior-posterior

Tabelle 27: Darstellung der Veränderung des präoperativen alpha-Winkels zu dem postoperativen alpha-Winkel als mögliche Einflussgröße auf das Ergebnis des postoperativen WOMAC Scores.

Kovariabel	Risikoquotient (95%KI)	p-Wert	Globaler p-Wert
Alpha-Winkel kat. a.p. prä zu alpha-Winkel kat. a.p. post			0.89
<60:<60	Reference		
<60: ≥60	-9.64 (-26.55,7.26)	0.26	
>90:<60	-0.04 (-8.94,8.85)	0.99	
>90: ≥60	-2.45 (-12.09,7.19)	0.62	
60-90:<60	-0.83 (-8.24,6.58)	0.83	
60-90: ≥60	1.21 (-6.04,8.47)	0.74	
Alpha-Winkel kat. axial prä zu alpha-Winkel kat. axial post			0.67
<60:<60	Reference		
<60: ≥60	-0.94 (-24.63,22.76)	0.94	
>90:<60	-7.84 (-48.63,32.95)	0.71	
>90: ≥60	-11.99 (-40.92,16.95)	0.42	
60-90:<60	4.31 (-1.65,10.27)	0.16	
60-90: ≥60	3.06 (-7.32,13.44)	0.56	

KAT Kategoriell, PRÄ Präoperativ, POST Postoperativ, KI Konfidenzintervall, A.P. Anterior-posterior

3.3 Schrittweise Regression

3.3.1 Schrittweise Regression nach dem p-Wert

Anknüpfend an den univariaten Vergleich auf Einfluss wurden nun für die zwei untersuchten Ereignisse „erneute Operation“ und „postoperativer WOMAC Score“ die relevanten Einflussgrößen über die schrittweise Regression nach dem p-Wert ermittelt. Zusätzlich zu den beiden aufgeführten Ereignissen wurde ein drittes Ereignis „postoperative VAS für Schmerzen“ untersucht. Als Grenze für den Einschluss bzw. Ausschluss der Einflussgrößen in das Modell wurde für die beiden Ergebnisse ein p-Wert von 0,2 oder kleiner gewählt.

Die relevanten Einflussgrößen, die über die schrittweise Regression ermittelt werden konnten, sind in den Tabellen 28, 30, 32 für die kontinuierlichen präoperativen Winkel

und in den Tabellen 29, 31, 33 für die kategoriellen präoperativen Winkel jeweils für die drei Ergebnisse „erneute Operation“, „postoperativer WOMAC Score“ und die „postoperative VAS für Schmerzen“ der präoperativen Winkel festgehalten.

Das Ergebnis „erneute Operation“ wurde mit Hilfe des Cox-proportional-Hazard Modells schrittweise bestimmt. Für den Ausgang des postoperativen WOMAC Scores und der postoperativen VAS für Schmerzen wurde die lineare schrittweise Regression verwendet.

3.3.1.1 Ergebnis „erneute Operation“

3.3.1.1.1 Kontinuierliche präoperative Winkel

Tabelle 28: Darstellung der Einflussgrößen für das Ergebnis „erneute Operation“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.

	Re-OP	
	β [95%-KI]	p-Wert 0,2
SF36 physical prä	0.961 [0.938,0.984]	0.001
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	0.215 [0.104,0.443]	0.000
Diagnose primäre Coxarthrose: no/yes	0.321 [0.178,0.579]	0.000
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	0.471 [0.222,1.000]	0.050
Therapie Labrumglättung: no/yes	1.972 [1.060,3.667]	0.032
HHS prä	0.969 [0.943,0.995]	0.021
Therapie Mikrofrakturierung: no/yes	2.283 [1.017,5.122]	0.045
Diagnose Pincer: no/yes	1.543 [0.879,2.711]	0.131
Therapie Cam: no/yes	0.497 [0.174,1.422]	0.192
N	322	

HHS Harris Hip Score, *PRÄ* Präoperativ, *POST* Postoperativ, *OP* Operation, *N* Anzahl, *KI* Konfidenzintervall, *RE-OP* erneute Operation, *SF 36 physical prä* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension

Im Nachfolgenden werden zuerst die Variablen aufgeführt, die vorher bei dem univariaten Vergleich keinen Einfluss auf das Ergebnis „erneute Operation“, bezogen auf die kontinuierlichen präoperativen Winkel, hatten (s. Tabelle 28) und in der multivariaten Analyse nun signifikant wurden.

Darunter fiel die Therapie „Mikrofrakturierung“ und die Diagnose „Hüftdysplasie“. Der

HHS, der physikale Teil des SF 36, die Diagnose „freie Gelenkkörper“, die Diagnose „primäre Coxarthrose“ und die Therapie „Labrumglättung“ blieben auch in der schrittweisen Regression nach dem p-Wert signifikant. Hingegen wurden das Alter bei der Operation, der Arthrosegrad, der präoperative alpha-Winkel der a.p.- und axialen Aufnahme, der präoperative WOMAC Score, die präoperative VAS für Schmerzen, der mentale Teil des präoperativen SF36, die Therapie der freien Gelenkkörper und die kategoriellen alpha-Winkel nicht mit in die Betrachtung eingeschlossen.

3.3.1.1.2 Kategorielle präoperative Winkel

Tabelle 29: Darstellung der Einflussgrößen für den Ausgang „erneute Operation“ der kategoriellen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.

	Re-OP β [95%-KI]	p-Wert 0,2
SF36 physical prä	0.967 [0.942,0.993]	0.012
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	0.201 [0.083,0.485]	0.000
Arthrosegrad	1.340 [0.946,1.899]	0.099
Diagnose primäre Coxarthrose: no/yes	0.370 [0.191,0.718]	0.003
Therapie Mikrofrakturierung: no/yes	3.212 [1.179,8.748]	0.022
HHS prä	0.970 [0.943,0.997]	0.032
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	0.390 [0.158,0.965]	0.042
N	287	

HHS Harris Hip Score, *PRÄ* Präoperativ, *POST* Postoperativ, *OP* Operation, *N* Anzahl, *KI* Konfidenzintervall, *RE-OP* erneute Operation, *SF 36 physical prä* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension

Bezogen auf die kategoriellen präoperativen Winkel (s. Tabelle 29) zeigten sich dieselben Einflussgrößen wie bei den linearen präoperativen Winkeln als statistisch signifikante Größen.

3.3.1.2 Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“

3.3.1.2.1 Kontinuierliche präoperative Winkel

Tabelle 30: Darstellung der Einflussgrößen für das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ der kontinuierlichen Winkel nach dem Modell p-Wert.

	WOMAC Post-OP	
	β [95%-KI]	p-Wert 0,2
SF36 physical prä	-0.131 [-0.309,0.048]	0.151
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	12.127 [2.681,21.574]	0.012
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	7.862 [-0.188,15.912]	0.056
(Intercept)	54.828 [36.388,73.269]	0.000
WOMAC prä	0.405 [0.240,0.571]	0.000
VAS prä	-1.091 [-2.389,0.206]	0.099
N	230	

PRÄ Präoperativ, *POST* Postoperativ, *OP* Operation, *N* Anzahl, *KI* Konfidenzintervall, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis, *SF 36 physical* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension

Der postoperative WOMAC Score wurde in der multivariaten Analyse, bezogen auf die kontinuierlichen und kategoriellen präoperativen Winkel, zusätzlich von der Diagnose „freie Gelenkkörper“ beeinflusst (s. Tabelle 30 und Tabelle 31).

3.3.1.2.2 Kategorielle präoperative Winkel

Tabelle 31: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ der kategoriellen Winkel nach dem Modell p-Wert.

	WOMAC Post-OP	
	β [95%-KI]	p-Wert 0,2
SF36 physical prä	-0.145 [-0.331,0.042]	0.128
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	13.285 [3.466,23.103]	0.008
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	12.082 [2.939,21.226]	0.010
(Intercept)	48.769 [28.953,68.586]	0.000
WOMAC prä	0.418 [0.247,0.589]	0.000
VAS prä	-0.961 [-2.307,0.386]	0.161
N	210	

KI Konfidenzintervall, *OP* Operation, *PRÄ* Präoperativ, *POST* Postoperativ, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis, *SF 36 physical prä* Short Form 36 questionnaire der physikalischen Dimension, *N* Anzahl

Bei den kategoriellen präoperativen Winkeln stellte die Diagnose „Hüftdysplasie“, genau wie in der univariaten Analyse, eine statistisch signifikante Einflussgröße dar. Die Scores des SF36 des mentalen und physikalischen Teils, der HHS, die VAS für Schmerzen und das Alter bei der Operation zeigten sich im Gegenteil zu der univariaten Analyse als nicht statistisch signifikant.

3.3.1.3 Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“

Die Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ sind in den Tabellen 32 und 33 zusammengetragen.

Hierbei wurde ebenfalls unterschieden, ob der lineare alpha-Winkel oder der kategorielle alpha-Winkel (s. 2.9.1 Alpha-Winkel) als zusätzlicher Kofaktor mit in die Analyse einbezogen wurde.

Tabelle 32: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.

	VAS Post-OP	
	β [95%-KI]	p-Wert 0,2
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	-1.536 [-2.741,0.330]	0.013
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	-1.160 [-2.125,-0.195]	0.019
(Intercept)	5.631 [3.001,8.261]	0.000
WOMAC prä	-0.024 [-0.042,-0.007]	0.006
VAS prä	0.162 [0.007,0.318]	0.041
Arthrosegrad	-0.345 [-0.665,-0.026]	0.034
Alpha-Winkel axial prä	0.018 [-0.004,0.039]	0.102
SF 36 mental prä	-0.011 [-0.026,0.004]	0.140
N	252	

PRÄ Präoperativ, *POST* Postoperativ, *OP* Operation, *N* Anzahl, *KI* Konfidenzintervall, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis, *SF 36 mental prä* Short Form 36 questionnaire der mentalen Dimension

Tabelle 33: Darstellung der Einflussgrößen auf das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ der kontinuierlichen präoperativen Winkel nach dem p-Wert Modell.

	VAS Post-OP	
	β [95%-KI]	p-Wert 0,2
Diagnose freie Gelenkkörper: no/yes	-1.737 [-2.973,-0.501]	0.006
Arthrosegrad	-0.282 [-0.604,0.040]	0.086
Diagnose Hüftdysplasie: no/yes	-1.741 [-2.878,-0.605]	0.003
(Intercept)	6.968 [4.445,9.492]	0.000
WOMAC prä	-0.02 [-0.045,-0.012]	0.001
VAS prä	0.143 [-0.019,0.305]	0.084
N	230	

PRÄ Präoperativ, *POST* Postoperativ, *OP* Operation, *N* Anzahl, *KI* Konfidenzintervall, *VAS* Visuelle Analogskala für Schmerzen, *WOMAC* Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis

Sowohl bei den kontinuierlichen- als auch bei den kategoriellen präoperativen Winkeln stellten die Diagnose „freie Gelenkkörper“ und die Diagnose „Hüftdysplasie“ statistisch signifikante Einflussgrößen dar. Bei Vorliegen der Diagnosen „freie Gelenkkörper“ und „Hüftdysplasie“ erhöhte sich das Risiko postoperativ stärkere Schmerzen zu haben. Weiterhin war das Vorliegen eines höheren präoperativen WOMAC Scores mit der Angabe von niedrigeren Schmerzpunkten auf der VAS verbunden.

Entsprechend der Ausgangslage der präoperativen Schmerzen fielen die postoperativen Schmerzangaben aus. Wurde der kontinuierliche präoperative alpha-Winkel als Kofaktor mitbezogen, hatten höhere präoperative Schmerzen auch höhere postoperative Schmerzen zur Folge.

Der Arthrosegrad stellte sich lediglich bei den kontinuierlichen präoperativen Winkeln als statistisch signifikante Einflussgröße dar. Höhere Arthrosegrade waren hier mit niedrigeren postoperativen Schmerzen assoziiert.

3.4 Subgruppenanalyse

3.4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv setzt sich aus 98 Patienten mit einer reinen Cam-Impingement Deformität und einer Coxarthrose maximal 2. Grades zusammen. Das durchschnittliche Alter dieser Patienten liegt bei 46,7 Jahren (mittleres Patientenalter der Gesamtanalyse: 47,8 Jahren). Der durchschnittliche präoperative alpha-Winkel beträgt $57,8^\circ$ und der durchschnittliche postoperative alpha-Winkel liegt bei $50,6^\circ$ (prä- und postoperativer alpha-Winkel der a.p. Aufnahme: $60,4^\circ/52,5^\circ$; prä- und postoperativer alpha-Winkel der axialen Aufnahme: $55,1^\circ/48,7^\circ$).

3.4.2 Auswertung der Fragebögenscores

Die Analyse der Ergebnisse des postoperativen WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppierung der hohen alpha-Winkel zeigte eine deutliche Verbesserung gegenüber dem präoperativen WOMAC Score. Die Studienteilnehmer schnitten postoperativ durchschnittlich um 32,6 Punkte besser ab. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in der Auswertung der Ergebnisse des WOMAC Scores in der Gruppe der alpha-Winkel 60° bis

90° und in der Gruppe der alpha-Winkel kleiner als 60°. In der erstgenannten Gruppe konnten Verbesserungen um 19,9 Punkte und in der zweitgenannten Gruppe konnten Verbesserungen um 25,2 Punkte verzeichnet werden.

Tabelle 34: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.

	WOMAC	N
Präoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	49,9	
<i>Varianz</i>	389,2	
Postoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	82,5	
<i>Varianz</i>	287,2	
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-8,1	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Tabelle 35: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel 60° bis 90°.

	WOMAC	N
Präoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	63,6	
<i>Varianz</i>	432,4	
Postoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	83,5	
<i>Varianz</i>	419,8	
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-5,9	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Tabelle 36: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des WOMAC Scores [102], [193] in der Gruppe alpha-Winkel kleiner als 60°.

	WOMAC	N
Präoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	58,2	
<i>Varianz</i>	651,6	
Postoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	83,4	
<i>Varianz</i>	470,3	
Signifikanz		
(p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-6,7	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Die Tabellen 37, 38 und 39 vergleichen die Ergebnisse der präoperativen Schmerzerfassung anhand der visuellen Analogskala (VAS) mit der postoperativen Schmerzstärke jeweils innerhalb der Gruppe der hohen, der mittleren und der niedrigen alpha-Winkel. Die Schmerzen konnten in der Gruppe der mittleren und hohen alpha-Winkel um 3,2 Punkte und in der Gruppe der niedrigeren alpha-Winkel um 3,5 Punkte auf der VAS gesenkt werden.

Tabelle 37: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.

	VAS	N
Präoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	5,6	
<i>Varianz</i>	5,9	
Postoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	2,4	
<i>Varianz</i>	3,4	
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	5,7	

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

Tabelle 38: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe der alpha-Winkel 60° bis 90°.

	VAS	N
Präoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	5,7	
<i>Varianz</i>	6,0	
Postoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	2,5	
<i>Varianz</i>	7,8	
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	6,4	

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

Tabelle 39: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse der VAS für Schmerzen in der Gruppe der alpha-Winkel kleiner als 60°.

	VAS	N
Präoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	5,8	
<i>Varianz</i>	7,0	
Postoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	2,3	
<i>Varianz</i>	6,8	
Signifikanz		
(p-Wert) zweiseitige Verteilung	<0,001	
Student's T-Test	7,6	
Teststatistik		

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

Hinsichtlich des Harris Hip Scores [88] dokumentierte der prä- und postoperative Vergleich der drei unterschiedlichen alpha-Winkel Gruppierungen eine durchschnittliche Verbesserung um 18 Punkte bei den alpha-Winkeln größer als 90°, bei den alpha-Winkeln in der Gruppe 60° bis 90° um 12,5 Punkte und bei den alpha-Winkeln kleiner als 60° um 16,9 Punkte.

Tabelle 40: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe alpha-Winkel größer als 90°.

	HHS	N
Präoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	54,4	
<i>Varianz</i>	145,7	
Postoperativ		17
<i>Mittelwert</i>	72,4	
<i>Varianz</i>	219,9	
Signifikanz (p-Wert)	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-4,2	

HHS Harris Hip Score

Tabelle 41: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe der alpha-Winkel 60° bis 90°.

	HHS	N
Präoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	58,7	
<i>Varianz</i>	116,9	
Postoperativ		35
<i>Mittelwert</i>	71,2	
<i>Varianz</i>	251,5	
Signifikanz (p-Wert)	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-4,5	

HHS Harris Hip Score

Tabelle 42: Darstellung der prä- und postoperativen Ergebnisse des HHS [88] in der Gruppe der alpha-Winkel größer als 90°.

	HHS	N
Präoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	54,5	
<i>Varianz</i>	229,9	
Postoperativ		46
<i>Mittelwert</i>	71,4	
<i>Varianz</i>	294,8	
Signifikanz (p-Wert)	<0,001	
Student's T-Test Teststatistik	-6,2	

HHS Harris Hip Score

Zusammenfassend lässt sich bei jedem der analysierten Scores innerhalb der drei alpha-Winkel Gruppierungen eine signifikante Verbesserung festhalten.

3.4.2.1 Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome

Die Tabellen 43, 44 und 45 vergleichen den Einfluss einer vollständigen mit einer unvollständigen Resektion des Cam-Impingement auf die Outcomes des postoperativen Ergebnisses des WOMAC Scores, des Harris Hip Scores sowie der VAS für Schmerzen. Es konnte bei keiner Auswertung ein signifikanter Einfluss festgestellt werden.

Tabelle 43: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des WOMAC Scores [102], [193].

	WOMAC	N
Vollständig		71
<i>Mittelwert</i>	83,8	
<i>Varianz</i>	410,2	
Unvollständig		27
<i>Mittelwert</i>	81,9	
<i>Varianz</i>	433,1	
ANOVA p-Wert	0,6	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Tabelle 44: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des HHS [88].

	HHS	N
Vollständig		71
<i>Mittelwert</i>	71,5	
<i>Varianz</i>	263,7	
Unvollständig		27
<i>Mittelwert</i>	71,5	
<i>Varianz</i>	265,3	
ANOVA p-Wert	1,0	

HHS Harris Hip Score

Tabelle 45: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis der VAS für Schmerzen.

	VAS	N
Vollständig		71
<i>Mittelwert</i>	2,3	
<i>Varianz</i>	5,9	
Unvollständig		27
<i>Mittelwert</i>	2,6	
<i>Varianz</i>	8,2	
ANOVA p-Wert	0,6	

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

3.4.2.2 Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome bei einem Kollektiv ohne Coxarthrose

Das Patientenkollektiv setzt sich aus 63 Patienten zusammen, die ein isoliertes Cam-Impingement und keine Coxarthrosezeichen aufweisen.

Die Tabellen 46, 47 und 48 vergleichen den Einfluss einer vollständigen Resektion mit einer unvollständigen Resektion des Cam-Impingement auf das Outcome des postoperativen Ergebnis des WOMAC Scores, des Harris Hip Scores sowie der VAS für Schmerzen. Die Analyse ergab, wie die entsprechende Auswertung des Patientenkollektivs mit Coxarthrosezeichen, dass die Vollständigkeit der Cam-Resektion keinen signifikanten Einfluss auf das Outcome der Scores hatte, d.h. mit Blick auf die Ergebnisse keine Unterschiede zwischen vollständigen und unvollständigen Cam-Resektionen feststellbar waren.

Es deutet sich allerdings ein statistischer Trend an, dass eine vollständige Resektion mit einem besseren WOMAC Score Ergebnis und geringeren Schmerzen einhergeht.

Tabelle 46: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des WOMAC Scores [102], [193].

	WOMAC	N
Vollständig		49
<i>Mittelwert</i>	82,9	
<i>Varianz</i>	412	
Unvollständig		14
<i>Mittelwert</i>	74,1	
<i>Varianz</i>	571,8	
Signifikanz		
(p-Wert) zweiseitige Verteilung	0,2	
Student's T-Test	1,3	
Teststatistik		
ANOVA p-Wert	0,2	

WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

Tabelle 47: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis des HHS [88].

	HHS	N
Vollständig		49
<i>Mittelwert</i>	69,7	
<i>Varianz</i>	279,3	
Unvollständig		14
<i>Mittelwert</i>	67,4	
<i>Varianz</i>	270,4	
Signifikanz		
(p-Wert)	0,6	
Student's T-Test		
Teststatistik	0,5	
ANOVA p-Wert	0,6	

HHS Harris Hip Score

Tabelle 48: Darstellung des Einflusses einer vollständigen im Vergleich zur unvollständigen Cam-Resektion in Bezug auf das postoperative Ergebnis der VAS für Schmerzen.

	VAS	N
Vollständig		49
<i>Mittelwert</i>	2,5	
<i>Varianz</i>	5,3	
Unvollständig		14
<i>Mittelwert</i>	3,7	
<i>Varianz</i>	11,5	
Signifikanz (p-Wert) zweiseitige Verteilung	0,1	
Student's T-Test Teststatistik	-1,3	
ANOVA p-Wert	0,1	

VAS Visuelle Analogskala für Schmerzen

4 Diskussion

In den letzten Jahren hat die Hüftarthroskopie bei der Behandlung des FAI einen großen Aufschwung erfahren. Dies spiegelt sich besonders in den steigenden Fallzahlen wider. [29], [40], [19]. Mittlerweile gilt sie, nicht zuletzt aufgrund der Behandlungserfolge, als eine Standardoperation bei der Behandlung eines Cam-Impingements [73]. Allerdings fehlen weiterhin grundlegende Leitlinien zur optimalen Behandlungsmethode eines Cam-Impingements. Übergeordnetes Ziel der durchgeführten Studie galt der Klärung der Frage, inwieweit sich der alpha-Winkel und die Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das klinische Ergebnis nach einer Hüftarthroskopie auswirken.

Durch die Datenerhebung konnten im Wesentlichen die folgenden Ergebnisse erzielt werden: Bei dem postoperativen alpha-Winkel der a.p. Aufnahmen konnte ein Median von $46,5^\circ$ (bzw. $47,1^\circ$ der axialen Aufnahmen) erhoben werden. Durch diese Winkelreduktion konnten in allen durchgeführten klinischen Scores signifikante Verbesserungen erzielt werden.

Weiterhin konnte im Rahmen der Analyse der Einflussgrößen auf das Ergebnis „erneute Operation“ festgestellt werden, dass es sich bei diesen beeinflussenden Faktoren unter anderem um mit Arthrose assoziierte Variablen, hohe präoperative alpha-Winkel und um präoperative Scores handelte.

Ein ähnliches Bild lieferte die Auswertung der Einflussfaktoren auf das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“. Auch hier zeigten mit Arthrose assoziierte Variablen und präoperative Scores einen statistisch signifikanten Einfluss.

Die Daten der multivariaten Analysen bekräftigten die Bedeutung der Einflussfaktoren auf die Ergebnisse der univariaten Regressionsanalysen. Es zeigte sich wieder der Einfluss, der mit Arthrose assoziierten Variablen und der präoperativ erhobenen Scores als statistisch signifikante Größen auf die Ergebnisse „erneute Operation“, „postoperativer WOMAC Score“ und „postoperative Schmerz-Skala“.

Bei der Analyse des Einflusses des alpha-Winkels auf das Ergebnis „erneute Operation“ konnte festgestellt werden, dass das Ausmaß der Deformität entscheidend ist. Studienteilnehmer mit hohen präoperativen alpha-Winkeln haben demnach ein höheres Risiko, sich einer erneuten Operation unterziehen zu müssen.

Ein entsprechender Einfluss konnte bei den postoperativen alpha-Winkeln hingegen, unabhängig von der Tatsache, ob sie in die Norm korrigiert wurden oder immer noch

einen erhöhten alpha-Winkel aufwiesen, nicht festgestellt werden. Allerdings zeigte sich in der Subgruppenanalyse, die ein Kollektiv aus Studienteilnehmern mit ausschließlich reiner Cam-Deformität ohne begleitende Coxarthrosezeichen umfasste, ein statistischer Trend hinsichtlich des Einflusses einer vollständigen Resektion auf das klinische Ergebnis des WOMAC Score und der VAS für Schmerzen.

4.1 Vergleich der erhobenen Daten des deskriptiven Teils

4.1.1 Patientenkollektiv

Das Studienkollektiv der vorliegenden Arbeit umfasste insgesamt 529 Patienten. Diese waren im Durchschnitt $47,8 \pm 2,7$ Jahre alt. Im Vergleich zu anderen Publikationen mit ähnlichen Untersuchungszielen handelt es sich um ein relativ großes und um ein älteres Patientenkollektiv. Die Studienkollektive, mit denen diese Arbeit verglichen wurde, umfassten Patientenkollektive mit Teilnehmerzahlen zwischen 14 und 112 Patienten [81], [113], [92], [164], [23], [111], [112], [22], [156], [89], [91]. Die Studie von Lansdown et al. [110] mit einem Patientenkollektiv von 707 Patienten hebt sich mit dieser großen Studienteilnehmerzahl von den anderen Untersuchungen ab. Den höchsten Altersdurchschnitt wies die Studie von Horisberger et al. [91] mit 47,3 Jahren auf. Bei anderen Publikationen waren die Patientenkollektive im Durchschnitt zum Teil erheblich jünger (25 Jahre [113], 22,8 Jahre [156]). Zudem bleibt zu berücksichtigen, dass es sich bei den Kollektiven teilweise um Sportler aus dem Profisportbereich handelte. Diese Gegebenheiten müssen bei einem Vergleich mit der vorliegenden Studie zwingend Berücksichtigung finden. Grund hierfür ist, dass ältere Menschen im Vergleich zu jüngeren Personen häufiger an einer oder mehreren Begleiterkrankungen leiden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass jene Begleiterkrankungen Einfluss auf den arthroskopischen Eingriff nehmen und die positive Veränderung durch die athroskopische Resektion überdecken. Zudem ist zu bedenken, dass ein jüngeres Patientenkollektiv unter Umständen über eine bessere körperliche Regenerationsfähigkeit nach operativen Eingriffen verfügt. Ähnliche Aspekte kommen auch bei einem Vergleich mit einem Kollektiv von Profisportlern zu tragen, die in der Regel jung sind und weitaus weniger von Begleiterkrankungen betroffen sind.

Ebenso rühren die besseren klinischen Ergebnisse der genannten Vergleichskollektive möglicherweise daher, dass jene Personen sich im Alltag aufgrund ihrer besseren körperlichen Konstitution vermutlich weniger von den FAI-typischen Beschwerden eingeschränkt sehen.

Die durchschnittliche Follow-up Zeit von 42,5 Monaten der vorliegenden Untersuchung deckt sich mit den verglichenen Studien. Diese reichten in der überwiegenden Mehrheit von 9,9 Monaten [111] bis 44,4 Monaten [64]. Hufeland et al. [92] publizierten ihre Untersuchung mit einem durchschnittlichen Follow-up von 66,3 Monaten und weisen damit unter den verglichenen Studien das längste Follow-up auf. In dem Patientenkollektiv aus der vorliegenden Arbeit wiesen 89,6 % (474 von 529 Patienten) der Studienteilnehmer eine Cam-Impingementkomponente und 43,9 % (232 von 528 Patienten) ein Pincer-Impingementkomponente auf. Bei 212 (40,1 %) Patienten wurde ein Misch-Impingement gefunden. Demzufolge trat ein isoliertes Cam-Impingement bei 262 Studienteilnehmern und ein isoliertes Pincer-Impingement bei 20 Studienteilnehmern auf. Sowohl die Häufigkeit des Auftretens eines Cam-Impingements und eines Pincer-Impingements als auch die eines Misch-Impingement deckt sich mit anderen Studien [129], [24].

Der Arthrosetatus wurde, wie bereits beschrieben (s. 2.9.8 Arthrosetegrad), anhand der Kellgren und Lawrence Klassifikation erhoben. In dieser Arbeit wurden auch Patienten mit höhergradiger Arthrosete eingeschlossen. Die überwiegende Mehrheit der Patienten (362) wies allerdings Arthrosetegrad 1 und 2 auf. Der Großteil der Vergleichsstudien schloss nur Hüftgelenke mit milden Arthrosetezeichen (bis Grad 2) ein [110], [113], [111], [112], [22], [156].

Bei dieser Untersuchung mussten sich von den 529 Patienten 83 Patienten einer erneuten operativen Maßnahme unterziehen. Dabei erfolgte bei 19 Personen eine erneute Gelenkspiegelung (3,6 %), bei 63 Personen (11,1 %) musste ein künstliches Hüftgelenk implantiert werden und bei einem Patienten wurde eine Triple Osteotomie durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit musste in 3,6 % der Fälle eine erneute Gelenkspiegelung vorgenommen werden. Wie sich auch in anderen Studien zeigte, bleibt der häufigste Grund für eine erneute Gelenkspiegelung eine unzureichende Resektion der Deformität [17], [178].

Studien berichten von einer Revisionsrate, die zwischen 1,9 % [208] und 8,2 % [129] liegt und damit mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit übereinstimmt. Im

Vergleich zu der vorliegenden Arbeit wurde in der Studie von Fiorentino et al. in der ein ähnlich altes Patientenkollektivs (durchschnittliches Alter der 38 Patienten: 44,4 Jahre) untersucht wurde, in 23,7 % (neun Patienten) der Fälle ein künstliches Hüftgelenk eingesetzt [64]. Hufeland et al. berichten von einem nachträglichen Einbau einer Hüftgelenksprothese in 10,8 % der Fälle ihres Gesamtkollektivs. Diese Zahlen stimmen mit der Rate der vorliegenden Untersuchung überein. Allerdings bleibt zu berücksichtigen, dass es sich in der Studie von Hufeland et al. um ein etwas jüngeres Studienkollektiv handelte [92]. Olach et al. [160] berichten von einer, auf den ersten Blick, mit 25,6 % eher hohen Einsatzrate eines künstlichen Hüftgelenks. Allerdings ist darauf aufmerksam zu machen, dass die durchschnittliche Follow-up Zeit 11,2 Jahre betrug.

Durch die Ergebnisse dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass sich die Indikationsstellung bei einem FAI nicht auf alle Patientengruppen ausweiten lässt. Von den 63 Patienten, die im Nachhinein mit einer Hüftendoprothese versorgt wurden, hatten bereits 73 % zum Zeitpunkt des arthroskopischen Eingriffs eine primäre Coxarthrose und waren im Durchschnitt 49,2 Jahre alt. Folglich sollte insbesondere bei älteren Patienten, bei denen begleitend Zeichen einer Arthrose vorliegen, eine arthroskopische Korrektur der Hüftanomalie in Frage gestellt werden. Unter Berücksichtigung dieses Punktes ließe sich sehr wahrscheinlich die Zahl der erneuten Operationen drastisch minimieren.

4.1.2 Analyse der Winkel

Die Deskription ergab einen Median des präoperativen alpha-Winkels der a.p. Aufnahmen von 51,8°. Postoperativ wurde ein alpha-Winkel von 46,5° der a.p. Aufnahme ermittelt. Ähnlich stellten sich die Ergebnisse der prä- und postoperativen alpha-Winkel der axialen Aufnahme dar (von 54,7° auf 47,1°). Mit diesen Ergebnissen lagen die präoperativen Werte des alpha-Winkels nur knapp über dem Grenzwert, der als pathologisch angesehen wird [91], [157]. Auch die erzielten Veränderungen der alpha-Winkel sind gering. Trotz dieser Tatsachen konnten deutlich statistisch signifikante Verbesserungen in den unterschiedlichen Scores festgehalten werden (Punkteverbesserungen: WOMAC Score um 23,8 Punkte, SF 36 Kategorie „psychische Gesundheit“ um 11 Punkte, SF 36 Kategorie „körperliche Gesundheit“ um 22 Punkte, HHS um 17,7 Punkte, HOS Kategorie „Aktivitäten des täglichen Lebens“ um 21,6

Punkte, HOS Kategorie „Sport“ um 27,83 Punkte. Schmerzreduktion auf der visuellen Analogskala für Schmerzen um 3,4 Punkte) (s. 4.1.4 Auswertung der Fragebögen).

Die milden pathologischen Werte der alpha-Winkel sowie die geringen prä- zu postoperativen Veränderungen der alpha-Winkel stehen in deutlichem Kontrast zu den dennoch beachtlichen klinischen Verbesserungen. Insbesondere sind hier auch die nicht plausiblen postoperativen alpha-Winkelvergrößerungen zu nennen, die sich bei zwölf Patienten auf den a.p. Aufnahmen und bei fünf Patienten auf den axialen Aufnahmen zeigen. Ein Grund könnte in der Messmethode des alpha-Winkels selbst zu sehen sein.

Zum einen liegt das Problem der Messung des alpha-Winkels anhand der a.p. Aufnahme in der dreidimensionalen Beschaffenheit des Bumps begründet. Der alpha-Winkel verliert teilweise die Fähigkeit, das genaue Ausmaß des Cam-Impingements in den a.p. Aufnahmen bei unkontrollierten Rotationen des Beines (sowohl Innen- als auch Außenrotation) zu erfassen [75]. Gosvig et al. [75] halten die Erhebung des alpha-Winkels auf a.p. Aufnahmen unter kontrollierten Bedingungen zur Identifikation von Deformitäten des femoralen Kopf-Hals-Überganges trotzdem für geeignet. Zudem wurde der alpha-Winkel in der überwiegenden Zahl der Vergleichsstudien anhand von Röntgenaufnahmen bestimmt [110], [92], [111], [112], [113], [164], [156], [89], [91], [81].

Zum anderen stellt die Messmethode des alpha-Winkels selbst eine Schwachstelle dar. Die Messung berücksichtigt weder die Ausdehnung der Cam-Deformität noch den Durchmesser des Oberschenkelhalses. Durch die Abtragung eines proximalen Anteils der Deformität kann sich ein normaler postoperativer alpha-Winkel ergeben. Allerdings ist es möglich, dass durch eine ungenügende Resektion, zum Beispiel bedingt durch eine stark ausgedehnte Deformität, das Beschwerdebild bzw. die Funktionseinschränkung bestehen bleibt. Der nun scheinbar normale alpha-Winkel korreliert nicht mit dem klinischen Ergebnis [22].

Die vorgenommene Gruppierung der prä- und postoperativen alpha-Winkel (s. 2.9.1 Alpha-Winkel) ermöglicht die genaue Analyse der Winkelveränderungen. Durch die gezielte Untersuchung der erhobenen Daten auf verschiedene Einflussfaktoren können im folgenden Kapitel Aussagen bzw. Empfehlungen hinsichtlich der Notwendigkeit einer vollständigen Cam-Resektion und des Einflusses des initialen alpha-Winkelausmaßes

getroffen werden (s. 4.2 Vergleich der univariaten Regressionsanalysen mit Publikationsdaten).

Sowohl die a.p.- als auch die axialen Aufnahmen bestätigen die bereits oben beschriebene Gegebenheit der lediglich milden pathologischen alpha-Winkelveränderungen und die nur kleinen prä- zu postoperativen Winkelveränderungen. Bei beiden Aufnahmearten sind in der Gruppe kleiner als 60° die meisten (präoperativ: a.p. 283, axial 290) Hüftgelenke vertreten. Diese Gruppe wird gefolgt von der Gruppe $60-90^\circ$ (präoperativ: a.p. 145, axial 177). Die Gruppe größer als 90° bildet das Schlusslicht (präoperativ: a.p. 90, axial 12). Postoperativ haben 384 Hüftgelenke in der a.p. Aufnahme einen kleineren Winkel als 60° und 131 Hüftgelenke einen gleich großen oder größeren Winkel als 60° . Ähnlich sehen die Ergebnisse bei den axialen Aufnahmen aus ($<60^\circ$: 409, $\geq 60^\circ$: 46).

In der Untersuchung von Hufeland et al. [92] wurde von einer Reduktion des alpha-Winkels von ursprünglich $57,2^\circ$ auf $46,3^\circ$ berichtet. Damit liegen die präoperativen Winkelwerte, wenn auch nur knapp, in dem der Literatur nach pathologischen Bereich [96], [157], [200]. Genau wie in der vorliegenden Arbeit konnten, obwohl die alpha-Winkel nicht hochgradig pathologisch waren, statistisch signifikant verbesserte postoperative klinische Ergebnisse erhoben werden. Die Reduktion des durchschnittlichen alpha-Winkels um $10,9^\circ$ deckt sich annähernd mit derjenigen des axialen alpha-Winkels aus der vorliegenden Arbeit (Reduktion $7,6^\circ$).

Im Vergleich zu der Übersichtsarbeit von de SA et al. [47] und auch der Mehrheit der durchgeführten Studien [110], die ähnliche Ziele wie die vorliegende Arbeit verfolgten, lagen die präoperativen alpha-Winkel deutlicher im pathologischen Bereich als bei der Arbeit von Hufeland et al. [92] und der vorliegenden Untersuchung. Es wurden auch deutlich größere alpha-Winkelveränderungen erzielt [110]. In der Übersichtsarbeit von de SA et al. [47] wurde bei allen Studien postoperative alpha-Winkel, die kleiner oder genau 55° betragen, erreicht. Ziel der Übersichtsarbeit von de SA et al. [47] war es herauszufinden, ob eine generelle Korrektur des alpha-Winkels die klinischen Ergebnisse der Patienten positiv beeinflusst. Die in diese Arbeit inkludierten Studien berichten von signifikanten Verbesserungen bei in die Norm korrigierten alpha-Winkeln.

Die Studie von Brunner et al. [22] hatte zum Ziel, die Auswirkungen eines neuen computertomographie-basierten Navigationssystems auf die Genauigkeit der arthroskopischen Cam-Korrektur zu beurteilen. Außerdem ging die Studie der Frage nach, ob die Genauigkeit der Resektion das klinische Ergebnis beeinträchtigt. Die statistische Analyse zeigte keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des klinischen

Ergebnisses zwischen Patienten mit ausreichender und unzureichender Korrektur des alpha-Winkels. Brunner et al. stellten, genau wie die vorliegende Arbeit, fest, dass kein postoperativer Unterschied zwischen in die Norm und nicht in die Norm korrigierten alpha-Winkel erhoben werden konnte.

Im Gegensatz zu den von de SA et al. [47] eingeschlossenen Studien wurde in der vorliegenden Arbeit darüber hinaus auch versucht, den möglichen Einfluss der präoperativen alpha-Winkel und das letztendliche Resektionsausmaß auf das klinische Ergebnis mit zu untersuchen und zu beurteilen.

Tabelle 49: Stellt in modifizierter Weise die Veränderung der präoperativen und postoperativen Winkelwerten dar. Entnommen aus: [47, p. 817].

Studie	Alpha-Winkel	
	Prä.-op	Post-op
Brunner [22]	77	55.8
	75.9	52.3
Brunner [23]	75.9	53.7
Chiron [34]	61.8	36.9
Clohisy [39]	CT: 58.6	CT: 37.1
	FL: 63.9	FL: 37.8
	AP: 63.1	AP: 44.8
Hartmann [89]	77.6	38.5
Horisberger [91]	72.8	50.3
Larson [110]	64/65	50/44
Larson [111]	NR	LESS 18.4/24.2
	NR	LESS 15.4/25.2
Larson [112]	NR	LESS 19/26 (AP/L)
Lincoln [125]	64.5	43.3
Naal [149]	69.3	43.4
Nho [154]	76.4	51.4
Phillipon et al. [162]	72	46
Guanche [86][81]	75	51.3

NR nicht berichtet (engl.: not reportet), CT cross-table lateral view, FL frog-leg lateral view, AP anterior-posterior, prä-op präoperativ, post-op postoperativ

4.1.3 Komplikationen

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Hüftarthroskopie bei der Behandlung des FAI mit einer Komplikationsrate von 0,64 % an schwerwiegenden Komplikationen ein sehr sicheres Verfahren darstellt. Bei den leichten Komplikationen fiel mit 57,21 % eine höhere Komplikationsrate auf. Dabei handelte es sich allerdings in den meisten Fällen um postoperative Hämatome und temporäre Parästhesien im Operationsbereich. In die Übersichtsarbeit von Gupta et al. [82] wurden 81 Studien eingeschlossen, bei denen insgesamt 0,41 % schwere Komplikationen und 4,1 % leichte Komplikationen festgehalten wurden. Die Diskrepanz zwischen dem geringeren Auftreten von leichten Komplikationen in der aktuellen Literatur [208], [86], [82] und der vorliegenden Arbeit könnte zum einen an der Gründlichkeit und zum anderen an dem Zeitpunkt der postoperativen Untersuchung liegen. In der vorliegenden Studie wurde nicht nur zum Ende des Follow-up nach den Komplikationen gefahndet, sondern schon explizit im Rahmen der postoperativen Kontrolluntersuchung nach sechs Wochen. Postoperative Hämatome und temporär limitierte Parästhesien verschwinden häufig unbemerkt und sind so bei einer späteren postoperativen Erhebung möglicherweise nicht mehr vorhanden [182].

4.1.4 Auswertung der Fragebögen

In der vorliegenden Untersuchung zeigten sich nach der arthroskopischen Behandlung des FAI in allen Scores des Fragebogenkatalogs statistisch signifikante Verbesserungen. Die positiven klinischen Ergebnisse der arthroskopischen Therapie des FAI lassen sich anhand zahlreicher Studien belegen [47], [111], [112].

Brunner et al. [23], Brunner et al. [22], Horisberger et al. [91], Larson et al. [113], Larson et al. [111] und Larson et al. [112] erhoben die Schmerzen auf einer VAS. In der vorliegenden Untersuchung konnte eine mittlere Schmerzreduktion um 3,4 Punkte erzielt werden (von durchschnittlich präoperativ 5,9 auf postoperativ 2,5 Punkte). Im Vergleich zu den oben aufgelisteten Arbeiten zählt die Schmerzreduktion um 3,4 Punkte zu den geringeren Verbesserungen. Die größte Schmerzreduktion (5 Punkte) konnte Larson et al. [112] erzielen. Ein entscheidender Grund für die geringere Schmerzreduktion im Rahmen der vorliegenden Arbeit könnte darin liegen, dass es sich bei dem vorliegenden Studienkollektiv um durchschnittlich ältere Patienten handelte. Ältere Patienten haben oft

eine schlechtere Ausgangslage des Gelenkes. Die Arthroskopie behebt zwar die Deformität, ist aber nicht in der Lage, den bereits vorhandenen Schaden rückgängig zu machen. In dieser Arbeit wiesen weit über die Hälfte der Studienteilnehmer (362 von 523 Teilnehmern) einen Arthrosebefund von Grad 1 oder Grad 2 auf. Selbst höhergradige Arthrosebefunde ($>$ Grad 2) waren mit 72 Fällen vertreten. Die überwiegende Zahl der Studien inkludiert lediglich Patienten in ihrer Arbeit, die maximal einen Arthrosebefund 2. Grades aufweisen [22], [111], [112].

Zur Beurteilung der Hüftfunktion wurde in dieser Studie der WOMAC Score [193], [102] durchgeführt. Dabei konnte eine Punkteverbesserung um durchschnittlich 23,8 erzielt werden. Das Ergebnis des WOMAC Scores deckt sich mit den Ergebnissen von Chiron et al. [34], die eine Verbesserung von 28 Punkten verzeichnen konnten. In der Studie von Guanche et al. [81] konnte eine Funktionsverbesserung um 5,6 Punkte erreicht werden. Diese im Vergleich geringe Verbesserung könnte möglicherweise unter anderem mit einer schlechteren präoperativen Ausgangslage zusammenhängen (67,2 Punkte).

Der bewährte und langetablierte Harris Hip Score [88] wurde, wie bereits beschrieben (s. 2.8.4 Harris Hip Score (HHS)), in der vorliegenden Arbeit in der modifizierten Variante durchgeführt. Das erzielte Ergebnis des modifizierten HHS von einer Verbesserung der Punktzahl um 17,7 deckt sich mit der erhobenen Verbesserung der Arbeit von Hufeland et al. [92] (19,2). In der Untersuchung von Lansdown et al. konnte eine ähnliche Verbesserung von 21,1 Punkten erlangt werden [110].

Der HOS [134], [135], [136] (s. 2.8.1 Hip Outcome Score (HOS)) beschäftigt sich mit den alltäglichen Aktivitäten und den sportlichen Fähigkeiten der Patienten. In dieser Arbeit wurden diese Skalen getrennt voneinander ausgewertet. Zudem wurden auch die Selbsteinschätzungen zu diesen beiden Bereichen und die abschließende Selbstbeurteilung des Funktionsniveaus getrennt evaluiert. Die Selbsteinschätzungen der Patienten korrelieren gut mit den Ergebnissen aus den abgefragten Bereichen. Bei der Kategorie „alltägliche Aktivitäten“ konnte eine durchschnittliche Punkteverbesserung um 21,6 erzielt werden und bei den „sportlichen Aktivitäten“ sogar um 27,83 Punkten. Diese Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von Lansdown et al.. Auch hier konnte sich das Kollektiv bei den sportlichen Aktivitäten mit 33,3 Punkten deutlicher verbessern als bei den alltäglichen Aktivitäten mit 20,2 Punkten [110]. Ein ähnliches Bild findet sich auch in der Arbeit von Philippon et al. [164]. Auch hier ist eine Verbesserung um 26 Punkte bei sportlichen Aktivitäten und eine Verbesserung um 17,8 bei den

alltäglichen Aktivitäten erzielt wurden.

Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied könnte sein, dass die typischen Impingementbeschwerden bei Aktivitäten des alltäglichen Lebens häufig nicht in Erscheinung treten. FAI-Symptome zeigen sich in den meisten Fällen erst bei stärkerer Beanspruchung der Hüfte und hohen Bewegungsamplituden.

Der Auswertung des SF 36 reiht sich in die statistisch signifikanten Verbesserungen, wie sie auch in den oben bereits aufgelisteten Scores erhoben werden konnten, ein. Aufgrund der Größe des vorhandenen Patientenkollektivs und der durchweg erhobenen statistisch signifikanten Verbesserungen lässt sich den Ergebnissen eine besonders große Aussagekraft zusprechen. Diese mittels Fragebögen erhobenen Daten korrespondieren zudem auch mit der sehr hohen Gesamtzufriedenheit (8 von 10 Punkten) mit dem Ergebnis des arthroskopischen Eingriffs (s. 3.1.6 Zufriedenheit und Komplikationen).

4.2 Vergleich der univariaten Regressionsanalyse mit Publikationsdaten

Im Nachfolgenden werden die verschiedenen untersuchten Einflussgrößen auf die beiden festgelegten Ergebnisse der „erneuten Operation“ und des „postoperativen WOMAC Scores“ diskutiert.

4.2.1 Ergebnis „erneute Operation“

Wie bereits in den Ergebnissen aufgeführt, hatte der Arthrosegrad im Röntgenbild und die intraoperativ gestellte Diagnose „primäre Coxarthrose“ einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Ausgang „erneute Operation“. Je ausgeprägter die Arthrosezeichen in einem Hüftgelenk sind, desto höher ist auch das Risiko sich einer erneuten Operation unterziehen zu müssen. Dieses Ergebnis geht mit den Erkenntnissen des aktuellen Forschungsstandes konform [160], [190]. In der Studie von Horisberger [91] wurden 150 Patienten, die ein FAI aufwiesen, arthroskopisch behandelt. Zudem ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, dass es sich bei dem untersuchten Patientenkollektiv von Horisberger et al. teilweise um Patienten handelte, die ausgeprägte degenerative Veränderungen in den Hüftgelenken aufwiesen. Das Ziel war es bei den Patienten mit schwerwiegenden arthrotischen Veränderungen wenigstens die Zeit bis zu dem Einsatz eines künstlichen Hüftgelenks hinauszuzögern. Horisberger et al. stellten allerdings

intraoperativ fest, dass die präoperativen Arthrosegradeinschätzungen, die anhand von Röntgenbildern erfolgt waren, in vielen Fällen gravierender ausfielen, als sie präoperativ eingeschätzt wurden. Letztendlich musste bei der Hälfte aller Patienten eine Hüftendoprothese eingesetzt werden. Bei diesen Patienten handelte es sich in Mehrheit der Fälle um Patienten mit einem schwerwiegenden Arthrosebefund (Tönnis Grad III). Deshalb plädieren Horisberger et al. [91] dafür, dass bei einem ausgeprägten Arthrosebefund, keine Indikation für eine arthroskopische FAI Korrektur gestellt werden sollte. Aufgrund ihrer oben beschriebenen Feststellungen und der Tatsache, dass sich degenerative Veränderungen intraoperativ in vielen Fällen schwerwiegender darstellten als sie zuvor präoperativ befundet wurden, raten sie zu einer besonders sorgfältigen Indikationsprüfung bei Personen, die älter als die durchschnittlichen FAI Patienten sind und bei Personen mit langjährigen FAI typischen Beschwerden.

Genau wie Horisberger et al. stellten auch Hufeland et al. [92] fest, dass mit zunehmendem Alter und zunehmender Arthrose das Risiko einer erneuten Operation mit Ersatz des Hüftgelenks steigt. Eine weiter voranschreitende Progression des Arthrosebefundes nach dem arthroskopischen Eingriff konnte nicht nachgewiesen werden [94].

Mehrere Arbeiten [1], [96], [203] untersuchten speziell den Zusammenhang von dem Auftreten einer Arthrose in Verbindung mit einem Cam-Impingement. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das Cam-Impingement ein Risikofaktor für die Entwicklung von Knorpelschäden sein könnte, die dann möglicherweise in eine Arthrose münden. Die Autoren der Übersichtsarbeit [106], die 2015 publiziert wurde, kamen zu dem Ergebnis, dass speziell das Cam-Impingement und besonders solche mit hohen alpha-Winkeln prädisponiert zu sein scheinen, eine Verschlechterung der Arthrose zu verzeichnen.

Die Auswertungen der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten, dass zum einen der präoperative alpha-Winkel eine Einflussgröße auf das Resultat „erneute Operation“ darstellt. Zum anderen konnte durch die vorgenommene Gruppierung der alpha-Winkel gesehen werden, dass es vor allem die hohen präoperativen alpha-Winkel sind, die das Risiko einer erneuten Operation erhöhen.

Eine mögliche Erklärung für die höhere Reoperationsrate bei den präoperativen alpha-Winkeln könnte der Tatsache geschuldet sein, dass besonders hohe alpha-Winkel eine schädigende Wirkung auf das Gelenk haben [106], [3], [96]. Ohne das Vorliegen von Knorpelschäden sind bessere klinische Ergebnisse erreichbar als beim Vorhandensein ausgeprägter Knorpelläsionen. Die Studie von Johnston et al. [96] kommt auch zu dem

Ergebnis, dass höhere alpha-Winkel mit stärker ausgeprägten Knorpelläsionen einhergehen. Agricola et al. [3] fanden heraus, dass diejenigen mit einem Cam-Impingement, die eine Coxarthrose entwickelten, alpha-Winkel aufwiesen, die größer als 78° waren.

Des Weiteren sollte generell bei der Detektion von hohen alpha-Winkeln die Frage gestellt werden, ob diese nicht durch bereits vorliegende arthrotische Veränderungen im Sinne von zum Beispiel Osteophyten im Bereich des Oberschenkelkopfes hervorgerufen wurden. Häufig kommt es aufgrund von asphärischen Oberflächen zu besonders hoch ausgeprägten alpha-Winkeln kommen. Zu plädieren ist auch für eine besonders sorgfältige Indikationsstellung, da aufgrund der vorliegenden Ergebnisse dieser Studie eine arthroskopische Resektion der Deformität bei starker Ausprägung der Arthrose nicht empfohlen werden kann.

Die ersten zwei Erklärungsmodelle zielen auf die bereits degenerative Gelenksituation ab, die dann im weiteren klinischen Verlauf des Beschwerdebildes der Patienten einen erneuten operativen Eingriff erforderlich machte. In der vorliegenden Arbeit wurde, wie bereits in den Ergebnissen dargestellt, am häufigsten im Rahmen der durchgeführten Reoperationen die Implantation eines künstlichen Hüftgelenks vorgenommen. Bei 83 Patienten erfolgte eine Reoperation, dabei wurde bei 63 Personen ein künstliches Hüftgelenk eingebaut. Dieses Ergebnis unterstreicht die Plausibilität der beschriebenen Erklärungsmodelle.

Ein weiterer Erklärungsversuch für die wesentliche Einflussgröße der hohen alpha-Winkel wäre, dass bei hohen alpha-Winkel mehr reseziert werden muss, um eine physiologische Taillierung des Oberschenkelkopfes zu dem Oberschenkelhals zu erreichen. Allerdings steigt bei größeren Resektionen auch die Gefahr einer Überkorrektur. Überkorrekturen gehen unter anderem mit einem erhöhten Risiko eines iatrogen herbeigeführten Oberschenkelhalsbruchs einher [131]. Bei hohen präoperativen alpha-Winkeln wird, im Vergleich zu moderat ausgeprägten Cam-Deformitäten und damit einhergehenden kleineren alpha-Winkeln, mehr reseziert, um eine Normalisierung des alpha-Winkels zu erreichen. Mit dem Bewusstsein für das Risiko einer Überkorrektur könnte angenommen werden, dass die Operateure der vorliegenden Arbeit eher dem Grundsatz „so wenig wie möglich“ als „so viel wie nötig“ gefolgt sind. Die Angst vor den Risiken einer Überresektion könnte ein Grund dafür sein, dass bei großen Cam-Deformitäten oftmals ein residuelles Cam-Impingement bestehen bleibt.

Das führt dazu, dass Patienten, bei denen sich keine hinreichenden Symptomverbesserungen eingestellt haben, sich erneut in der Klinik vorstellen. Bei der Ursachenforschung wird dann möglicherweise im weiteren Verlauf auf Röntgenbildern eine ungenügende Resektion festgestellt und eine Revision empfohlen. Die beschriebene Annahme deckt sich mit den Ergebnissen von Ross et al. [178] und Haefeli et al. [84]. Beide kamen zu dem Ergebnis, dass eine erneute Arthroskopie bei einem FAI am häufigsten aufgrund von einer unzureichenden ersten Resektion durchgeführt werden muss. Haefeli et al. berichten von einer Revisionsrate von 17 %.

Mansor et al. [131] und Ferguson et al. [63] zeigten, dass es im Rahmen von Überkorrekturen neben dem erhöhten Frakturrisiko auch möglicherweise zu degenerativen Schäden innerhalb des Gelenkes kommen kann.

Wie die Untersuchung von Mansor et al. [131] aus dem Jahr 2018 zeigte, sind die Folgen einer Überkorrektur wesentlich gravierender als die einer ungenügenden Resektion. Die Autoren unterteilten das Patientenkollektiv in drei Gruppen, eine Gruppe mit Überkorrekturen, eine neutrale Gruppe und eine Gruppe mit residuellen FAI. Sie wiesen nach, dass Patienten, bei denen zu viel reseziert wurde, ein schlechteres postoperatives klinisches Ergebnis erzielt wurde und öfter ein künstliches Hüftgelenk eingesetzt werden musste als bei denjenigen, bei denen ein residuelles FAI vorhanden war. Nach Mansor et al. [131] könnte dafür ein wesentlicher Grund sein, dass durch eine Überresektion einer Cam-Deformität eine Unterbrechung der gegebenen Abdichtungsfunktion des Labrum acetabulare verursacht wird. Das Labrum schützt zum einen den freien Knorpelrand und schafft zum anderen eine Art Vakuum zwischen der Hüftgelenkspfanne und dem Oberschenkelkopf, indem es eine Art Dichtungsring darstellt. Durch Überresektion könnte diese Funktion beeinträchtigt werden. Ferguson et al. [63] fanden heraus, dass das Labrum der Verdrängung der Synovia im Gelenkspalt entgegenwirkt und so eine reibungsarme Bewegung innerhalb des Gelenkes ermöglicht. Aus diesen Erkenntnissen wurde geschlussfolgert, dass sich bei einem Fehlen der Abdichtungsfunktion des Labrums negative Auswirkungen auf die Biomechanik des Gelenkes zeigen könnten. Aufgrund der möglicherweise größeren Druckbelastungen und Scherkräfte innerhalb des Gelenkes und des freien Knorpelrandes könnte es im weiteren Verlauf zu einer Knorpelschädigung kommen, die dann zu einer Coxarthrose führen könnte. In der Untersuchung von Mansor et al. [131] wurde ein Resektionsausmaß, das 5 % des Durchmessers des Femurkopfes in einer Dunn-Rippstein-Aufnahme überschritt, als

Überkorrektur gewertet. Nach den Empfehlungen der Studie von Mardones sollte nicht mehr als 20 % des Oberschenkelhalsdurchmessers reseziert werden, um das Risiko eine Oberschenkelhalsfraktur zu senken [132].

Eine weitere Erklärung für die häufige Revision großer präoperativer alpha-Winkel könnte darin liegen, dass der alpha-Winkel nicht in der Lage ist, die Ausdehnung des Bumps und den Durchmesser des Oberschenkelhalses zu erfassen. So kann es sein, dass der alpha-Winkel zwar postoperativ im Normalbereich liegt, die Beschwerden dennoch weiter bestehen, weil die Resektion bspw. nicht weit genug - der längeren Ausdehnung entsprechend - durchgeführt wurde [22].

In Zusammenschau der Literatur und der vorliegenden Daten sollte bei hohen präoperativen alpha-Winkeln eine besonders sorgfältige radiologische Diagnostik im Hinblick auf bereits vorliegende Gelenkdegenerationen durchgeführt werden. Außerdem ist auf und die genaue Ausdehnung und Lokalisation der Deformität zu achten.

Die Ergebnisse der postoperativen alpha-Winkel zeigten im Gegensatz zu den präoperativen Winkeln keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis bzw. auf das Ereignis „erneute Operation“. Auch Brunner et al. [22] zeigten in ihrer Arbeit, dass es keinen feststellbaren Unterschied in den klinischen Ergebnissen zwischen Patienten mit ausreichender Resektion im Vergleich zu denjenigen mit ungenügender Resektion gab. Die Größe des postoperativen alpha-Winkels hatte keinen Einfluss auf das Ausmaß des Bewegungsumfanges, die Schmerzen oder die Funktion der Hüfte. Auch die Autoren der Studie von Briggs et al. [20], die 2019 publiziert wurde, ziehen ähnliche Schlussfolgerungen.

Nach den Empfehlungen von Stähelin et al. [190] gilt die Operation als gelungen, wenn der alpha-Winkel nach der Resektion kleiner als 50° ist oder eine Reduktion von mehr als 20° erreicht werden konnte. Allerdings konnten auch in ihrer Studie nur in 47 % der Fälle diese Empfehlungen erfüllt werden. Des Weiteren konnten sie keine Unterschiede in den klinischen Ergebnissen bei den Patienten mit vollständiger und unvollständiger Korrektur finden. In der vorliegenden Arbeit hatten die unterschiedlichen Gruppierungen des postoperativen alpha-Winkels auch keinen Einfluss auf das Resultat „erneute Operation“.

Die Analyse der Veränderung des alpha-Winkels von prä- zu postoperativ, zeigte in den a.p. Aufnahmen besonders deutlich, dass die hohen präoperativen alpha-Winkel ($>90^\circ$)

die auf $<60^\circ$ und $\geq 60^\circ$ korrigiert wurden und in diesem Fall die großen Veränderungen mit einer höheren Reoperationsrate assoziiert waren. Auch die Veränderungen der präoperativen alpha-Winkel Gruppe ($60-90^\circ$) zu den postoperativen Winkeln von $<60^\circ$ und $\geq 60^\circ$ stellten sich als statistisch signifikante Einflussgrößen dar. Zum einen zeigt sich hier wieder, dass die Ausgangswinkel entscheidend sind. Zum anderen, dass hohe Resektionsausmaße auch mit dem Risiko einer erneuten Operation assoziiert sind. Auch hier ist der eingangs beschriebene mögliche Zusammenhang zwischen bereits vorliegenden arthrotischen Gelenkveränderungen und hohen alpha-Winkeln aufgrund der vorliegenden Daten nicht von der Hand zu weisen.

Bei den axialen Aufnahmen stellten sich nur die Winkelveränderung in der Gruppe $60-90^\circ$ zu kleiner als 60° als statistisch signifikante Einflussgröße dar.

Weiterhin wurde das Alter der Patienten bei der univariaten Analyse als Einflussgröße auf das Resultat „erneute Operation“ gefunden. Es konnte festgestellt werden, dass ältere Studienteilnehmer sich häufiger als jüngere einem erneuten chirurgischen Eingriff unterziehen mussten. Der häufigste Grund für eine erneute Operation bei dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Patientenkollektiv war der Einbau eines künstlichen Hüftgelenks. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass einer der wichtigsten Risikofaktoren der Entwicklung einer Arthrose das Alter ist [35]. Werden nun ältere Personen arthroskopisch behandelt, ist die Wahrscheinlichkeit höher in dieser Gruppe von Patienten Zeichen einer Arthrose zu finden als bei einem jüngeren Patientenkollektiv. Wie bereits oben beschrieben, sind bei bestehender Arthrose die Erfolgsaussichten auf eine Verbesserung durch den arthroskopischen Eingriff als geringer einzuschätzen. Die Notwendigkeit letztendlich doch eine Hüftendoprothese einsetzen zu müssen, erhöht sich dementsprechend.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Fiorentino et al. [64]. Die Studie von Fiorentino et al. [64] untersuchte zwei Patientenkohorten, bei denen eine Hüftarthroskopie aufgrund eines Cam-Impingements durchgeführt wurde. Die eine Patientenkohorte war mit dem Eingriff zufrieden und die andere Kohorte war mit dem Ergebnis unzufrieden. Dabei stellten sie bei der unzufriedenen Kohorte ein höheres Alter, einen größeren alpha-Winkel und einen höheren BMI fest [64]. Diese Ergebnisse decken sich bis auf den Einfluss des BMI mit denen aus der vorliegenden Arbeit. Es gibt verschiedene Ansichten dazu, ob der BMI tatsächlich einen Einfluss auf das arthroskopische Ergebnis hat oder nicht. In dieser Untersuchung stellte der BMI keine potenzielle Einflussgröße dar. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der vorliegende BMI (mit $26,9 \text{ kg/m}^2$), der nur knapp über dem

Normbereich liegt und keine Auswirkungen auf das Gelenk hatte. Es kamen auch andere Studien zu dem Ergebnis, dass der BMI nicht als Einflussgröße gesehen werden sollte [164], [160].

Philippon et al. [164] untersuchten wie die Faktoren BMI und Alter der Patienten das Ergebnis des arthroskopischen Eingriffs beeinflussten. Ihre Resultate decken sich mit den der hier vorliegenden. Der BMI stellte keinen Prädiktor für eine erneute Operation dar. Ein höheres Alter wirkte sich negativ auf den Erfolg der Arthroskopie aus.

Dem entgegen steht die Studie von Olach et al. [160], die mit einem Follow-up von 11,2 Jahren weder einen signifikanten Unterschied in der Revisionsrate und den unterschiedlichen Altersgruppen finden konnten noch in den unterschiedlichen Gruppen des BMI. Weiterhin identifizierten sie höhere Arthrosestadien, besonders Arthrosegrad 3 und 4 nach der Klassifikation von Kellgren und Lawrence, als signifikante Einflussgrößen sich einer erneuten Operation unterziehen zu müssen.

Daraus könnte geschlussfolgert werden, dass man nicht generell älteren Patienten von einer arthroskopischen Behandlung abraten sollte. Doch es sollte gerade bei älteren Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation keinen Arthrosebefund vorweisen, sorgfältig eruiert werden, ob andere Risikofaktoren, die eine Arthrose begünstigen könnten, vorhanden sind.

Ferner ergaben die Regressionsanalysen, dass die Studienteilnehmer, die einen höheren Punktwert in den unterschiedlichen präoperativen Scores (HHS, WOMAC, SF 36) erlangt hatten, ein niedriges Risiko hatten sich erneut operieren zu lassen. Aus dieser Tatsache heraus lässt sich schlussfolgern, dass Personen, die nicht allzu große Funktionseinbußen aufgrund ihres FAI haben, durchschnittlich auch ein zufriedenstellendes postoperatives Ergebnis erzielen werden und letztendlich keine weitere Operation benötigen. Auch die erst kürzlich publizierte Studie von Pierannunzii et al. [169] kam zu dem Ergebnis, dass hohe präoperative Scores, wie die des modifizierten HHS, unabhängige prädiktive Faktoren sind, die mit guten postoperativen klinischen Ergebnissen und einer hohen Patientenzufriedenheit einhergehen.

Im Gegensatz dazu stehen hohe präoperative Punktwerte (bedeuten starke Schmerzen) auf der VAS für Schmerzen. Patienten, die also schon vor dem arthroskopischen Eingriff unter starken Schmerzen litten, haben eher das Risiko sich einem weiteren chirurgischen Eingriff unterziehen zu müssen. Daraus könnte abgeleitet werden, dass Patienten, die schon sehr lange unter starken Schmerzen leiden und massiv in der Ausübung der

Aktivitäten ihres alltäglichen Lebens eingeschränkt sind, möglicherweise auch schon tiefgreifende Läsionen an dem Gelenk aufweisen. Die alleinige arthroskopische Behandlung der Deformität ist dann vermutlich nicht in der Lage die Beschwerden zu beheben.

Der Ausgang „erneute Operation“ wird auch durch das Vorliegen der Diagnose einer Hüftdysplasie beeinflusst. Patienten, die unter einer solchen Hüftfehlbildung leiden, haben ein erhöhtes Risiko sich einer weiteren Operation zu unterziehen. Das Vorliegen einer Hüftdysplasie ist mit der frühzeitigeren Entwicklung einer Coxarthrose vergesellschaftet [144], [141].

Wird eine Therapie des Labrums in Form von einer Labrumglättung durchgeführt, ist diese mit einer geringeren Revisionsrate assoziiert. In mehreren Studien wurde gezeigt, dass eine Refixierung des Labrums Einfluss auf die Revisionsrate hat [112], [59], [180]. Des Weiteren wurde festgestellt, dass eine Refixierung oder eine Rekonstruktion von zerrissenen Anteilen des Labrums zu einer signifikanten Reduktion der Schmerzen führt [65], [16], [62]. Diese Feststellungen stehen im Gegensatz zu der Erhebung von Haefeli et al. [84]. Diese kamen zu dem Ergebnis, dass weder die Exzision noch die Refixierung des Labrums einen Einfluss auf die Revisionsrate haben.

Patienten, bei denen intraoperativ freie Gelenkkörper diagnostiziert wurden, hatten ein größeres Risiko auf eine erneute Operation. Die freien Gelenkkörper sind häufig ein Indiz für begleitende Knorpelläsionen oder eine bereits vorliegende Arthrose [140]. Wie bereits oben erläutert, haben Patienten, bei denen Knorpelschädigungen festgestellt wurden, ein höheres Risiko sich erneut einem chirurgischen Eingriff zu unterziehen. Das Ergebnis „erneute Operation“ wurde auch durch die Therapie der freien Gelenkkörper beeinflusst. Allerdings ist die Therapie der Gelenkkörper nicht mit einer Risikosenkung der Revisionsrate verbunden. Zu vermuten ist, dass die Therapie der freien Gelenkkörper zwar kurzfristig das Beschwerdebild bessert und eine Verschlechterung möglicherweise verlangsamt oder sogar verhindert, aber nicht die bereits vorhandenen Knorpelläsionen beeinflusst. Der Arthrosegrad und die Coxarthrose sind wie bereits oben beschrieben mit dem erhöhten Risiko auf eine erneute Operation behaftet. Deshalb ist, trotz der Therapie der freien Gelenkkörper, das Risiko eines erneuten Eingriffs erhöht.

4.2.2 Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“

In der univariaten Analyse zeigte sich, dass das Alter bei der Operation eine statistisch signifikante Einflussgröße auf den Ausgang des „postoperativen WOMAC Scores“ darstellte. Ein höheres Alter stellt demzufolge einen Prädiktor für ein schlechteres postoperatives Ergebnis in dem WOMAC Score dar. Diese Feststellung ist plausibel, da das Alter einen besonders bedeutenden Risikofaktor für das Entwickeln einer Arthrose darstellt (s. a. 3.2.1 Ergebnis „erneute Operation“) [35].

In diesem Zusammenhang stellte sich auch die Hüftdysplasie als Prädiktor für einen schlechteren postoperativen WOMAC Score dar. Auch hier könnte der Zusammenhang mit der Assoziation zur Arthrose ausschlaggebend für das Ergebnis gewesen sein.

Ein statistisch nicht signifikanter Trend konnte bei der Diagnose „freier Gelenkkörper“ und der Therapie der freien Gelenkkörper beobachtet werden. Diese Feststellungen lassen sich auch der Ursache einer Arthrose zuordnen (s. 4.2.1 Ergebnis „erneute Operation“).

Die Tatsache, dass die Arthrosegrade und die Diagnose „primäre Coxarthrose“ keinen Einfluss auf das Ergebnis des „postoperativen WOMAC Scores“ haben, könnte daran liegen, dass die anhand von Röntgenbildern erhobenen Arthrosegrade oftmals nicht mit dem Beschwerdebild des Patienten korrelieren [101].

Die präoperativen Scores des WOMAC, des HHS und die beiden zusammengefassten Kategorien des SF 36 stellten sich als statistisch hochsignifikante Einflussgrößen auf das Ergebnis postoperativer WOMAC Score dar. Erzielten die Patienten in den präoperativen Scores höhere Punktwerte, so fiel auch das postoperative Ergebnis des WOMAC Scores besser aus. Dementsprechend zeigten Patienten, die unter starken Schmerzen litten auch postoperativ schlechtere WOMAC Score Ergebnisse.

Lansdown und seine Kollegen [110] untersuchten 2018, ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit, durch eine univariate Analyse die Einflussfaktoren auf verschiedene Ausgänge. Im Unterschied zu dieser Arbeit stellten sie dabei fest, dass alle Ergebnisse der unterschiedlich durchgeführten Scores signifikant mit den prä- und teilweise auch mit einzelnen postoperativen alpha-Winkeln korrelierten. Zu diesen Scores zählten im Einzelnen der HOS, der modifizierte HHS, die VAS für Schmerzen und die VAS für Zufriedenheit. In der multivariaten Analyse konnten sie mehrere signifikante, unabhängige Prädiktoren für die postoperativen Ergebnisse der unterschiedlichen Scores identifizieren. Dabei waren als unabhängige Prädiktoren für die postoperativen

Scoreergebnisse immer die präoperativen und teilweise auch die postoperativen alpha-Winkel vertreten. Durch diese Analyse kamen sie zu dem Ergebnis, dass steigende präoperative alpha-Winkel mit einem schlechteren klinischen Ergebnis in den unterschiedlichen Scores korrespondieren [110]. In der vorliegenden Arbeit konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den klinischen Scores und den präoperativen alpha-Winkel gefunden werden.

Eine Erklärung, weshalb bei der Analyse die prä- und postoperativen Winkel keinen Einfluss auf das Ergebnis des „postoperativen WOMAC Scores“ hatten, könnte in dem alpha-Winkel selbst begründet liegen (s. 4.4 Begrenzungen der Arbeit).

4.3 Vergleich der multivariaten Regressionsanalyse mit Publikationsdaten

4.3.1 Ergebnis „erneute Operation“

Bezogen auf die kontinuierlichen alpha-Winkel zeigte sich in der multivariaten Analyse insbesondere die mit einer Arthrose assoziierten Einflussgrößen (Diagnose „primäre Coxarthrose“, Diagnose „Hüftdysplasie“, Diagnose „freie Gelenkkörper“, Therapie „Labrumglättung“) auf das Ergebnis „erneute Operation“ als statistisch signifikant. Des Weiteren zeigte in diesem Zusammenhang die Therapie von Knorpelbeschädigungen durch eine Mikrofrakturierung einen positiven Einfluss auf die Revisionsrate. Ein Voranschreiten der Arthrose kann möglicherweise durch diese Behandlungsmethode verhindert werden und vermindert so das Risiko einer erneuten Operation.

Die statistisch signifikanten Variablen auf das Ergebnis „erneute Operation“ bezogen auf die kategoriellen alpha-Winkel waren den kontinuierlichen alpha-Winkeln sehr ähnlich. Es wurden unter anderem wieder Faktoren, die mit dem Vorliegen von Arthrose assoziiert waren, signifikant. In dieses Bild passt auch der statistisch nicht signifikante Trend der Einflussgröße des Arthrosetgrades.

Als konstante Prädiktoren, die sich sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse als signifikant erwiesen, sind demzufolge die Faktoren, die mit einem Vorliegen von Arthrose assoziiert sind (Diagnose „freie Gelenkkörper“, Diagnose „Hüftdysplasie“, Diagnose „primäre Coxarthrose“ und Therapie „Labrumglättung“). Weiterhin sind als konstante Prädiktoren Scores wie der HHS und der SF 36 (physikale Teil) anzuführen.

4.3.2 Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“

In der schrittweisen Regression nach dem p-Wert stellt die Diagnose „freie Gelenkkörper“ eine Einflussgröße dar. Es erscheint durchaus plausibel, dass der postoperative WOMAC Score durch die freien Gelenkkörper wesentlich beeinflusst wird. Möglicherweise handelt es sich hierbei um einen Surrogatparameter für die symptomatische Arthrose.

Ein möglicher Grund, weshalb das Alter in der multivariaten Regression keine statistisch signifikante Einflussgröße mehr darstellte, könnte unter anderem sein, dass ältere Leute nicht zwangsläufig einen schlechteren Arthrosebefund aufweisen und dadurch auch nicht stärker in ihrer Hüftfunktionsfähigkeit eingeschränkt sind.

Eine konstante Einflussgröße, die sowohl in der univariaten und multivariaten Untersuchung signifikant Einfluss auf das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ genommen hat, war der präoperative WOMAC Score.

4.3.3 Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“

Genau wie zuvor bei dem Einfluss des präoperativen WOMAC Scores auf das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ festgestellt wurde, macht die multivariate Analyse auch hier deutlich, dass die Ausgangslage der Patienten entscheidend für die postoperative Schmerzentwicklung ist (Einflussgrößen: WOMAC Score, VAS zur Schmerzerfassung (s.a. 3.3.1.3 Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“)).

Zudem zeigte sich auch der ungünstige Einfluss des Parameters „freie Gelenkkörper“ und der Diagnose „Hüftdysplasie“ auf die postoperativen Schmerzen. Sowohl das Vorliegen freier Gelenkkörper als auch die Diagnose „Hüftdysplasie“ stellen möglicherweise Surrogatparameter für eine Arthrose dar. Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass durch die arthroskopische Behandlung die Kausalität weder im Fall der Hüftdysplasie noch der freien Gelenkkörper behoben wird. Dies könnte die Ursache dafür sein, dass das Ergebnis einer arthroskopischen Behandlung des FAI bei Patienten ohne die oben genannten Begleiterkrankungen erfolgreicher ist.

Patienten, die einen ausgeprägteren Arthrosegrad vorweisen, haben postoperativ weniger Schmerzen (s. Daten im Kapitel 3.3.1.3; Analyse der postoperativen VAS für Schmerzen unter Einbeziehung des kontinuierlichen alpha-Winkels: Einflussgröße Arthrosegrad, β [95%-KI]: -0,345 [-0.665,-0.026], p-Wert 0,2: 0,034). Auf den ersten Blick scheint dieser

Zusammenhang paradox, aber Patienten mit chronisch konstant hohen Schmerzen sind Schmerzen gewohnt und geben oftmals ein geringeres Schmerzlevel an als Patienten, die erst seit kurzer Zeit an neu aufgetretenen Schmerzen leiden. Zum anderen könnte hier auch wieder die Tatsache, dass der erhobene Arthrosebefund oftmals nicht mit dem empfundenen Beschwerdeausmaß korreliert, das Ergebnis verfälschen [101].

4.4 Subgruppenanalyse

Der Zweck der Anfertigung einer zusätzlichen Subgruppenanalyse bestand in der möglichst präzisen Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellung der vorliegenden Arbeit.

Trotz der zusätzlich auferlegten Einschlusskriterien für das neue Studienkollektiv der Subgruppenanalyse konnte ein Kollektiv mit sehr ähnlichen Eckdaten (vgl. durchschnittliches Alter, durchschnittlicher prä- und postoperativer alpha-Winkel) zu dem Gesamtkollektiv generiert werden. Dieser Umstand erleichtert die Vergleichbarkeit beider Kollektive. Außerdem konnten im Wesentlichen die Annahmen der Gesamtanalyse bestätigt werden.

Identisch zu den Ergebnissen der Gesamtanalyse zeigten sich in der Subgruppenanalyse postoperativ in allen Scores statistisch signifikante Verbesserungen. Bei der Subgruppenanalyse fiel darüber hinaus auf, dass sich der WOMAC Score bei Studienteilnehmern mit einem alpha-Winkel über 90° – auch im Vergleich zum Kollektiv der Gesamtanalyse – am deutlichsten verbesserte. Gleiches zeigte sich bei der Auswertung und dem Vergleich mit der Gesamtanalyse bei dem HHS. Diese Ergebnisse scheinen vor dem Hintergrund plausibel, dass die Gelenksituation durch die starke knöcherne Überwucherung im Bereich des Schenkelhals-Kopf-Übergangs mechanisch besonders eingeschränkt ist und durch Behebung dieses mechanischen Konflikts deutlich gelindert wird. Zudem handelt es sich bei dieser Betrachtung um ein Kollektiv mit Vorliegen einer allenfalls geringfügigen Coxarthrose, sodass nach Resektion eine uneingeschränkte Gelenkfunktion gegeben sein sollte. Bei der Erfassung der Schmerzen in den unterschiedlichen alpha-Winkel Gruppierungen auf der VAS zeigte sich eine punktemäßig ähnliche Schmerzsenkung auch im Vergleich mit der Schmerzsenkung der Gesamtanalyse.

Die generierten Daten der Subgruppenanalyse bestätigten weder bei dem Patientenkollektiv mit allenfalls geringfügigen Arthrosezeichen, noch bei dem Patientenkollektiv ohne Coxarthrosezeichen, einen signifikanten Einfluss der Vollständigkeit einer Cam-Resektion auf das Outcome der Scores. Allerdings zeichnete sich in der Analyse des Patientenkollektivs ohne Coxarthrose ein statistischer Trend ab, dass eine vollständige Resektion das Outcome (WOMAC Score, VAS für Schmerzen) positiv beeinflussen kann. Blickt man auf die Studienlage, so ist festzustellen, dass bei Patienten mit verbleibender Impingement-Symptomatik nach erfolgter FAI Therapie unvollständige Resektionen als häufigster Grund für Revisionen angegeben werden [178], [84]. Ross et al. [178] stellten bei 90% der Patienten mit Residualsymptomen fest, dass sich radiologische Hinweise auf eine unvollständige Korrektur der Deformität finden lassen. Möglicherweise deutet der hier vorliegende statistische Trend auf diese Feststellung hin. Allerdings muss auch in dieser Analyse die mögliche Verzerrung der Ergebnisse durch die Messmethode des alpha-Winkels berücksichtigt werden. Aufgrund seiner Unfähigkeit, die dreidimensionale Struktur der Cam-Deformität konsequent vollständig zu erfassen, kann es zu einer hohen Streuung der Messergebnisse kommen [22]. Die Qualität der Daten im Hinblick auf die Messgenauigkeit des alpha-Winkels ist in der Subgruppenanalyse durch den Ausschluss von Patienten mit höhergradiger Arthrose als besser zu bewerten, da dadurch das Vorkommen von alpha-Winkelerhöhungen aufgrund von arthrotischen Veränderungen (z.B. durch Osteophyten) minimiert wird. Die geschilderte Problematik (s.a. Kapitel 4.1.2) lässt sich allerdings gänzlich auch in dieser Untersuchung nicht beheben.

In der derzeitige Studienlage wird weiter kontrovers über einen Schwellenwert eines pathologischen alpha-Winkels diskutiert. Die empfohlenen Referenzwerte unterscheiden sich stark [155], [109], [157], [204], [183]. Es lässt sich nicht ausschließen, dass dieser Umstand möglicherweise auch ein Hinweis darauf sein könnte, dass ein Schwellenwert für den alpha-Winkel zur Beurteilung des Erfolgs einer Cam-Resektion ungeeignet ist. So stellten Briggs et al. [20] fest, dass der postoperative alpha-Winkel nicht mit den klinischen Ergebnissen korrelierte. Sie teilten dazu das Patientenkollektiv in zwei Gruppen, und zwar Patienten mit einer vollständigen Cam-Resektion (alpha-Winkel $< 55^\circ$) und solchen mit einer unvollständigen Cam-Resektion (alpha-Winkel $> 55^\circ$). Hierbei konnten zwischen den Vergleichsgruppen keine Unterschiede in den klinischen Ergebnissen festgestellt werden. Anders als Stahelin et al. [200], die in ihrer Untersuchung zu ähnlichen Ergebnissen kamen, betrug die Nachbeobachtungszeit bei

Briggs et al. [20] fünf Jahre. Die Autoren plädieren aufgrund ihrer Daten, den Fokus auf eine intraoperative dynamische Untersuchung zu legen – und damit den Erfolg der FAI-Behandlung nicht anhand des Messwertes des postoperativen alpha-Winkels zu bemessen – um eine vollständige Resektion zu erzielen. Auch im Rahmen der Gesamtanalyse dieser Arbeit lässt sich bei den postoperativen alpha-Winkeln kein Einfluss auf das Ergebnis ‚erneute Operation‘ feststellen, und zwar unabhängig davon, ob sie in die Norm korrigiert wurden oder nicht.

4.5 Begrenzungen der Arbeit

Diese Studie weist mehrere Schwächen auf. Zum einen sind die Messungen des alpha-Winkels anzuführen. Dieser wurde standardmäßig anhand der a.p.- und axialen Aufnahmen bestimmt. Nur in Ausnahmefällen wurden CT- oder MRT Bilder verwendet. Einige Studien weisen auf das Problem hin, dass bei der Bestimmung des alpha-Winkels anhand von a.p. Röntgenbildern häufig die alpha-Winkelwerte der Cam-Deformitäten zu niedrig eingeschätzt werden [75], [55] und empfehlen standardmäßig zur Diagnosestellung MRT- oder CT Bilder zu verwenden [55] (s. detaillierte Ausführung dazu in Kapitel 4.1.2 Analyse der Winkel). In der vorliegenden Arbeit liegen die alpha-Winkel der a.p. Aufnahmen nur knapp in dem pathologischen Bereich (Median 51,8°). Zudem wird ein Unterschied der Winkelwerte zwischen den Messungen auf den a.p. - und den axialen Aufnahmen (51,8°/54,7°) deutlich. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei Ermittlung der Messungen ausschließlich anhand von MRT Aufnahmen oder CT Bildern sich höhere alpha-Winkel ergeben hätten. Dennoch befürwortet unter anderem die Studie von Barton et al. [9] den standardmäßigen Einsatz von axialen Aufnahmen für die Diagnose eines Cam-Impingements. Sie stellten fest, dass die Messungen des alpha-Winkels auf Dunn-Projektionen vergleichbar präzise Winkelwerte lieferten wie die Messungen der MRT Aufnahmen (s. 4.1.2 Analyse der Winkel).

Als eine weitere Limitation ist das Studiendesign dieser Arbeit anzuführen. Ziel dieser Arbeit war eine umfassende Erhebung der am Universitätsklinikum Marburg durchgeführten Hüftarthroskopien. Aus diesem Grund wurden Patienten, die sich aufgrund eines FAI einer Hüftarthroskopie unterzogen hatten, auch retrospektiv erfasst. Mit Studienbeginn fand dann eine prospektive Erhebung statt. Diese teils retrospektive und teils prospektive Datenerhebung führt allerdings zu einer Inhomogenität der Daten.

Die unterschiedliche Form der Datenerhebung hat stark variierende Nachbeobachtungszeiträume zur Folge. Diese belaufen sich bei den prospektiv erfassten Daten auf mindestens ein Jahr. Die retrospektiv erfassten Daten weisen allerdings ein erheblich längeres Follow-up auf. Dieser Umstand wirkt sich auf verschiedene erhobene Parameter aus. Insbesondere sind hiervon die erfassten Komplikationen und die von den Patienten ausgefüllten Fragebögen betroffen. Durch die hohe Anzahl an eingeschlossenen Patienten können die oben beschriebenen Datenverzerrungen teilweise ausgeglichen werden.

Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass die klinischen Ergebnisse größtenteils anhand von Fragebögen erhoben wurden. Diese Erhebungsart könnte möglicherweise bei sprachunkundigen Patienten oder Patienten mit niedrigerem Bildungsniveau zu Verständnisproblemen und damit zu einer fehlerhaften Beantwortung der Fragen geführt haben. Durch das große Patientenkollektiv ist die möglicherweise entstandene Verzerrung der Ergebnisse von untergeordneter Bedeutung.

4.6 Schlussfolgerungen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es zum einen den Einfluss des alpha-Winkels und zum anderen den Einfluss der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome nach Hüftarthroskopie zu untersuchen.

Dies gelang unter anderem mit Hilfe einer uni- und multivariaten Analyse der erhobenen Daten auf verschiedene Einflussgrößen hin sowie einer Subgruppenanalyse. Im Rahmen dieser Datenanalysen konnten mehrere statistisch signifikante Einflussgrößen auf die beiden festgelegten Ergebnisse „erneute Operation“ und „postoperativer WOMAC Score“ identifiziert werden. In der multivariaten Analyse wurde zusätzlich das Ergebnis „postoperative VAS für Schmerzen“ untersucht. Für den erst genannten Ausgang „erneute Operation“ konnten in der univariaten Analyse unter anderem verschiedene Variablen, die mit Arthrose assoziiert waren, hohe präoperative alpha-Winkel und präoperative Scores gefunden werden. Das Ergebnis „postoperativer WOMAC Score“ wurde ebenfalls durch Variablen beeinflusst, die in Zusammenhang mit Arthrosebefunden stehen, und ebenso durch die präoperativen Scores. Die multivariate Analyse ergab, dass die postoperative VAS für Schmerzen gleichermaßen durch einen hohen präoperativen Score positiv beeinflusst wird. Höhere präoperative Schmerzen und auch vorliegende Befunde, die mit Arthrose assoziiert sind, zeigen postoperativ stärkere Schmerzen.

Insgesamt zeigte sich bei der multivariaten Analyse der Daten, dass die mit Arthrose assoziierten Variablen und die präoperativ erhobenen Scores einen starken Einfluss auf eine erneute Operation, den postoperativen WOMAC Score und die postoperative Schmerz-Skala haben.

Die Analyse des Einflusses des alpha-Winkels auf eine erneute Operation ergab, dass lediglich die hohen präoperativen alpha-Winkel einen Einfluss auf das Ergebnis nehmen. Bei den postoperativen alpha-Winkeln konnte man keinen Einfluss auf das Outcome feststellen. Dies ist unabhängig von der Tatsache, ob eine vollständige Normalisierung der alpha-Winkel erreicht wurde oder nicht. Ähnliches zeigte sich in den generierten Daten der Subgruppenanalyse. Weder bei dem Patientenkollektiv mit allenfalls geringfügigen Arthrosezeichen, noch bei dem Patientenkollektiv ohne Coxarthrosezeichen, konnte ein signifikanter Einfluss der Vollständigkeit einer Cam-Resektion auf das Outcome der Scores verzeichnet werden. Bei der Untersuchung der Veränderung des prä- zu postoperativen alpha-Winkels und des Resektionsausmaßes

konnte festgestellt werden, dass besonders große Resektionsausmaße (Differenz von über 30°) oder auch kleinere Veränderungen, immer ausgehend von einem hohen präoperativen alpha-Winkel, mit einem erhöhten Risiko auf eine Reoperation einhergingen. Dementsprechend konnte festgestellt werden, dass kleinere Resektionsausmaße bei nur leicht pathologischen alpha-Winkeln (<60°) keinen Einfluss auf das Outcome nahmen.

Eine Normalisierung des alpha-Winkels konnte mit einem Medianwert von 46,5° bei den postoperativen alpha-Winkeln der a.p. Aufnahmen und 47,1° der axialen Aufnahmen erreicht werden. Postoperative klinische Verbesserungen konnten in allen durchgeführten Scores erlangt werden und auch die Studienteilnehmer beurteilten ihre Zufriedenheit mit der arthroskopischen Maßnahme mit durchschnittlich 8 von 10 möglichen Punkten. Besonders bei präoperativ hohen alpha-Winkeln, ohne bereits vorliegenden arthrotischen Veränderungen, ist eine vollständige Korrektur anzustreben, wobei das Risiko einer Überkorrektur beachtet werden muss. Eine vollständige Korrektur ist insbesondere aufgrund der Gefahr des Bestehenbleibens eines residuellen Cam-Impingements und dem damit einhergehenden möglicherweise negativen Einfluss auf den Gelenkstatus von Bedeutung.

Die Daten der vorliegenden Arbeit machen somit den hohen Stellenwert des alpha-Winkels als diagnostisches Tool zur prädiktiven Analyse der präoperativen Situation grundsätzlich deutlich. Die Daten der postoperativen alpha-Winkel könnten hingegen darauf hindeuten, dass zur Erfassung der postoperativen klinischen Situation die Festlegung eines Schwellenwertes für den alpha-Winkel ungeeignet ist.

Außerdem sollten die Einschränkungen bei der Erfassung des dreidimensionalen Cam-Impingement berücksichtigt werden. Daher könnte es sinnvoll sein, die Anwendung einer zusätzlichen dreidimensionalen Erfassungsmethode, wie sie in der vorliegenden Arbeit durch eine dynamische intraoperative Untersuchung stattgefunden hat, stärker in den Fokus zu rücken.

Basierend auf diesen Annahmen und den statistischen Erhebungen lassen sich verschiedene prädiktive Kriterien für eine adäquate Patientenselektion formulieren. Diese Kriterien sollen dazu beitragen, bestmögliche klinische Ergebnisse zu gewährleisten. Folgende Aspekte sollten neben den Standardvorgehensweisen bei der arthroskopischen Resektion eines Cam-Impingements geprüft werden: das Alter, das Vorliegen von Arthrosezeichen, das Vorliegen von Begleiterkrankungen, die mit einer Arthrose

assoziiert sind, die Ergebnisse der präoperativen klinischen Scores und die präoperativen alpha-Winkel. Nach den evaluierten Daten profitieren Cam-Impingement Patienten besonders, wenn sie noch jünger sind, keine allzu starken Schmerzen haben, ihre Hüftfunktionsfähigkeit gut erhalten ist, keine Knorpelschädigungen vorliegen und nur moderat erhöhte präoperative alpha-Winkel vorweisen. Bei Patienten, die sehr hohe präoperative alpha-Winkel aufweisen, sollten die oben genannten Kriterien genau geprüft werden. Insbesondere sollte untersucht werden, ob bereits Knorpelläsionen, die möglicherweise durch die hohen alpha-Winkel provoziert wurden, vorliegen. Die Indikation zur Operation sollte in einer umfassenden Gesamtschau der klinischen und radiologischen Befunde erfolgen.

5 Zusammenfassung

Der Einfluss des alpha-Winkels und der Vollständigkeit der Cam-Resektion auf das Outcome nach einer Hüftarthroskopie

Die Behandlung des Femoroazetabulären Impingement (FAI) mittels einer Hüftarthroskopie hat in den letzten Jahren stetig an Popularität gewonnen. Durch ein anatomisches Missverhältnis im Bereich des Oberschenkelkopf-Hals-Überganges und der Hüftpfanne kann es zur Entstehung eines solchen FAI kommen. In der vorliegenden Arbeit wird anhand von klinischen und radiologischen Parametern untersucht, welches Ausmaß an Cam-Resektion notwendig ist, um ein bestmögliches klinisches Ergebnis bei den Patienten zu erzielen. Dabei wurde vor allem die Veränderung des alpha-Winkels beurteilt. In die Studie aufgenommen wurden Patienten, bei denen im Zeitraum zwischen 2006 und 2014 ein FAI diagnostiziert und operativ mittels Hüftarthroskopie behandelt wurde. Von 529 Patienten wiesen 234 Patienten ein isoliertes Cam-Impingement auf und bei 190 Patienten konnte eine sogenannte Mischform identifiziert werden. Bei einer Mischform handelt es sich um eine Deformität der femoralen- und azetabulären Komponente des Gelenkes. Die klinischen und radiologischen Ergebnisse wurden anhand eines Fragebogenkatalogs und der Evaluation der angefertigten Röntgenbilder erhoben. In diesem Fragebogenkatalog waren der WOMAC Score, die VAS für Schmerzen, der SF-36 questionnaire, der HHS sowie der HOS enthalten. Zusätzlich wurden intra- und postoperative Komplikationen und die Zufriedenheit der Patienten festgehalten. Komplette Datensätze konnten von 484 Patienten (91,4 %) erhoben werden. Das durchschnittliche Follow-up betrug 42,5 Monate und die Patienten waren im Schnitt 47,8 Jahre alt. Bei 83 Studienteilnehmern (17,7 %) folgte eine erneute Operation. In allen erhobenen Scores konnten statistisch signifikante postoperative klinische Verbesserungen erzielt werden. Der Median des postoperativen alpha-Winkels lag bei 46,8°. Die Regressionsanalysen demonstrierten, dass besonders hohe präoperative alpha-Winkel mit einer erneuten Operation assoziiert sind. Im Gegensatz dazu hatten die postoperativen alpha-Winkel keinen Einfluss auf das Ergebnis „erneute Operation“. Auch in den Daten der Subgruppenanalyse, die lediglich Patienten mit reiner Cam-Deformitäten umfasste, konnte kein signifikanter Einfluss hinsichtlich der Vollständigkeit einer Cam-Resektion auf das Outcome der Scores verzeichnet werden.

Die Untersuchung der Veränderungen der prä- zu den postoperativen alpha-Winkeln zeigte, dass die großen Resektionsausmaße (über 30°) oder kleine Veränderungen, die allerdings von hohen präoperativen alpha-Winkeln ausgehen, mit einem erhöhten Risiko einer erneuten Operation verbunden sind. Auf der einen Seite machen die Daten der vorliegenden Arbeit den hohen Stellenwert des alpha-Winkels als diagnostisches Tool zur prädiktiven Analyse der präoperativen Situation deutlich. Auf der anderen Seite könnten sie möglicherweise darauf hinweisen, dass zur Erfassung der postoperativen klinischen Situation die Festlegung eines Schwellenwertes für den alpha-Winkel ungeeignet ist. Anhand dieser Ergebnisse wird die Bedeutung einer adäquaten Patientenselektion besonders deutlich. Insbesondere bei Patienten, bei denen Veränderungen des Hüftgelenks vorliegen, die mit einer Arthrose assoziiert sind, beim Auftreten niedriger präoperativer klinischer Scores und hoher präoperativer alpha-Winkel sollte eine besonders sorgfältige Operationsindikation gestellt werden.

The influence of alpha angle and completeness of cam resection on outcome after hip arthroscopy

The treatment of femoroacetabular impingement (FAI) with hip arthroscopy has steadily gained popularity in recent years. An anatomical imbalance in the area of the femoral head-neck transition and the acetabulum can lead to the development of such an FAI. In the present study, clinical and radiological parameters are used to determine the extent of cam resection necessary to achieve the best possible clinical outcome for patients. In particular, the change in the alpha angle was assessed. The study included patients who were diagnosed with FAI between 2006 and 2014 and treated surgically with hip arthroscopy. Out of 529 patients, 234 showed an isolated cam impingement and 190 patients showed a so-called mixed form. A mixed form is a deformity of the femoral and acetabular components of the joint. The clinical and radiological results were collected by means of a questionnaire catalogue and the evaluation of the radiographs taken. The questionnaire included the WOMAC score, the VAS for pain, the SF 36 questionnaire, the Harris hip score and the hip outcome score. In addition, intra- and postoperative complications and patient satisfaction were recorded. Complete data sets were collected from 484 patients (91.4 %). The average follow-up was 42.5 months and the patients were 47.8 years old on average. 83 study participants (17.7 %) underwent surgery again. Statistically significant postoperative clinical improvements were achieved in all scores.

The median postoperative alpha angle was 46.8° . Regression analysis demonstrated that particularly high preoperative alpha angles were associated with a new operation. In contrast, the postoperative alpha angles had no influence on the outcome "reoperation". Also in the data of the subgroup analysis, which included only patients with pure cam deformities, no significant influence regarding the completeness of a cam resection on the outcome of the scores could be recorded. The investigation of the changes of the preoperative to the postoperative alpha angles showed that the large resection dimensions (over 30°) as well as small changes, which however assume high preoperative alpha angles, are associated with an increased risk of a renewed operation. On the one hand, the data of the present work highlight the high value of the alpha angle as a diagnostic tool for predictive analysis of the preoperative situation. On the other hand, they could possibly indicate that the definition of a threshold value for the alpha angle is inappropriate for the assessment of the postoperative clinical situation. These results show the importance of adequate patient selection. Especially in patients with changes of the hip joint that are associated with arthrosis, low preoperative clinical scores and high preoperative alpha angles, a particularly careful indication for surgery should be provided.

Literaturverzeichnis

1. Agricola, R., et al., *Cam impingement causes osteoarthritis of the hip: a nationwide prospective cohort study (CHECK)*. *Ann Rheum Dis*, 2013. 72(6): p. 918-23.
2. Agricola, R., et al., *A cam deformity is gradually acquired during skeletal maturation in adolescent and young male soccer players: a prospective study with minimum 2-year follow-up*. *Am J Sports Med*, 2014. 42(4): p. 798-806.
3. Agricola, R., et al., *Cam impingement: defining the presence of a cam deformity by the alpha angle: data from the CHECK cohort and Chingford cohort*. *Osteoarthritis Cartilage*, 2014. 22(2): p. 218-25.
4. Allen, D., et al., *Prevalence of associated deformities and hip pain in patients with cam-type femoroacetabular impingement*. *J Bone Joint Surg Br*, 2009. 91(5): p. 589-94.
5. Angst, F., et al., *The factor subdimensions of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) help to specify hip and knee osteoarthritis. a prospective evaluation and validation study*. *J Rheumatol*, 2005. 32(7): p. 1324-30.
6. Aumüller, G. and e. al., *Anatomie*. 2017, Stuttgart: Thieme
7. Bardakos, N.V., J.C. Vasconcelos, and R.N. Villar, *Early outcome of hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: the role of femoral osteoplasty in symptomatic improvement*. *J Bone Joint Surg Br*, 2008. 90(12): p. 1570-5.
8. Barros, H.J., et al., *Femoral head-neck junction deformity is related to osteoarthritis of the hip*. *Clin Orthop Relat Res*, 2010. 468(7): p. 1920-5.
9. Barton, C., et al., *Validity of the alpha angle measurement on plain radiographs in the evaluation of cam-type femoroacetabular impingement*. *Clin Orthop Relat Res*, 2011. 469(2): p. 464-9.
10. Beaulé, P.E., M.J. Le Duff, and E. Zaragoza, *Quality of life following femoral head-neck osteochondroplasty for femoroacetabular impingement*. *J Bone Joint Surg Am*, 2007. 89(4): p. 773-9.
11. Beaulé, P.E., et al., *Three-dimensional computed tomography of the hip in the assessment of femoroacetabular impingement*. *J Orthop Res*, 2005. 23(6): p. 1286-92.
12. Beck, M., et al., *Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip*. *J Bone Joint Surg Br*, 2005. 87(7): p. 1012-8.
13. Beck, M., et al., *Anterior femoroacetabular impingement: part II. Midterm results of surgical treatment*. *Clin Orthop Relat Res*, 2004(418): p. 67-73.
14. Bedi, A., et al., *Radiographic comparison of surgical hip dislocation and hip arthroscopy for treatment of cam deformity in femoroacetabular impingement*. *Am J Sports Med*, 2011. 39 Suppl: p. 20S-8S.
15. Bellucci, G. and B.B. Seedhom, *Mechanical behaviour of articular cartilage under tensile cyclic load*. *Rheumatology (Oxford)*, 2001. 40(12): p. 1337-45.
16. Bizzini, M., H.P. Notzli, and N.A. Maffiuletti, *Femoroacetabular impingement in professional ice hockey players: a case series of 5 athletes after open surgical decompression of the hip*. *Am J Sports Med*, 2007. 35(11): p. 1955-9.
17. Bogunovic, L., et al., *Why do hip arthroscopy procedures fail?* *Clin Orthop Relat Res*, 2013. 471(8): p. 2523-9.

18. Botser, I.B., et al., *Open surgical dislocation versus arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2014. 43(5): p. 209-14.
19. Bozic, K.J., et al., *Trends in hip arthroscopy utilization in the United States*. J Arthroplasty, 2013. 28(8 Suppl): p. 140-3.
20. Briggs, K.K., et al., *Postoperative alpha angle not associated with patient-centered midterm outcomes following hip arthroscopy for FAI*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019. 27(10): p. 3105-3109.
21. Brooker, A.F., et al., *Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification*. J Bone Joint Surg Am, 1973. 55(8): p. 1629-32.
22. Brunner, A., M. Horisberger, and R.F. Herzog, *Evaluation of a computed tomography-based navigation system prototype for hip arthroscopy in the treatment of femoroacetabular cam impingement*. Arthroscopy, 2009. 25(4): p. 382-91.
23. Brunner, A., M. Horisberger, and R.F. Herzog, *Sports and recreation activity of patients with femoroacetabular impingement before and after arthroscopic osteoplasty*. Am J Sports Med, 2009. 37(5): p. 917-22.
24. Buchler, L., et al., *Arthroscopic versus open cam resection in the treatment of femoroacetabular impingement*. Arthroscopy, 2013. 29(4): p. 653-60.
25. Bullinger, M. and I. Kirchberger, *SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand*. Z Klin Psychologie Psychotherapie, 1998. 28: p. 143-145.
26. Byrd, J.W., *Evaluation of the hip: history and physical examination*. N Am J Sports Phys Ther, 2007. 2(4): p. 231-40.
27. Byrd, J.W., *Hip arthroscopy utilizing the supine position*. Arthroscopy, 1994. 10(3): p. 275-80.
28. Byrd, J.W., *Hip arthroscopy: surgical indications*. Arthroscopy, 2006. 22(12): p. 1260-2.
29. Byrd, J.W., *The role of hip arthroscopy in the athletic hip*. Clin Sports Med, 2006. 25(2): p. 255-78, viii.
30. Byrd, J.W. and K.S. Jones, *Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: minimum 2-year follow-up*. Arthroscopy, 2011. 27(10): p. 1379-88.
31. Byrd, J.W., J.N. Pappas, and M.J. Pedley, *Hip arthroscopy: an anatomic study of portal placement and relationship to the extra-articular structures*. Arthroscopy, 1995. 11(4): p. 418-23.
32. Cerezal, L., et al., *Anatomy, biomechanics, imaging, and management of ligamentum teres injuries*. Radiographics, 2010. 30(6): p. 1637-51.
33. Chahal, J., et al., *The Patient Acceptable Symptomatic State for the Modified Harris Hip Score and Hip Outcome Score Among Patients Undergoing Surgical Treatment for Femoroacetabular Impingement*. Am J Sports Med, 2015. 43(8): p. 1844-9.
34. Chiron, P., et al., *Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up*. Orthop Traumatol Surg Res, 2012. 98(1): p. 30-8.
35. Cho, H.J., et al., *Prevalence and Risk Factors of Spine, Shoulder, Hand, Hip, and Knee Osteoarthritis in Community-dwelling Koreans Older Than Age 65 Years*. Clin Orthop Relat Res, 2015. 473(10): p. 3307-14.
36. Clohisey, J.C., et al., *AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment*. J Bone Joint Surg Am, 2008. 90(10): p. 2267-81.

37. Clohisy, J.C., et al., *Clinical presentation of patients with symptomatic anterior hip impingement*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(3): p. 638-44.
38. Clohisy, J.C., L.C. St John, and A.L. Schutz, *Surgical treatment of femoroacetabular impingement: a systematic review of the literature*. Clin Orthop Relat Res, 2010. 468(2): p. 555-64.
39. Clohisy, J.C., et al., *Combined hip arthroscopy and limited open osteochondroplasty for anterior femoroacetabular impingement*. J Bone Joint Surg Am, 2010. 92(8): p. 1697-706.
40. Colvin, A.C., J. Harrast, and C. Harner, *Trends in hip arthroscopy*. J Bone Joint Surg Am, 2012. 94(4): p. e23.
41. Corporation, T.R. *36-Item Short Form Survey (SF-36) Scoring Instructions*. [cited 2020 1.Nov.]; Available from: https://www.rand.org/health-care/surveys_tools/mos/36-item-short-form/scoring.html.
42. Corten, K., et al., *Bone apposition of the acetabular rim in deep hips: a distinct finding of global pincer impingement*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93 Suppl 2: p. 10-6.
43. Crawford, J.R. and R.N. Villar, *Current concepts in the management of femoroacetabular impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2005. 87(11): p. 1459-62.
44. Crawford, M.J., et al., *The 2007 Frank Stinchfield Award. The biomechanics of the hip labrum and the stability of the hip*. Clin Orthop Relat Res, 2007. 465: p. 16-22.
45. Cvetanovich, G.L., et al., *Hip Arthroscopy Surgical Volume Trends and 30-Day Postoperative Complications*. Arthroscopy, 2016. 32(7): p. 1286-92.
46. Daniel, M., A. Iglic, and V. Kralj-Iglic, *The shape of acetabular cartilage optimizes hip contact stress distribution*. J Anat, 2005. 207(1): p. 85-91.
47. de Sa, D., et al., *Alpha angle correction in femoroacetabular impingement*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014. 22(4): p. 812-21.
48. Dienst, M., *Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie*. 2009, München: Urban & Fischer / Elsevier.
49. Dienst, M. and U. Grun, *[Complications of hip arthroscopies]*. Orthopade, 2008. 37(11): p. 1108-9, 1111-5.
50. Dienst, M. and D. Kohn, *[Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement. Technique and results]*. Orthopade, 2009. 38(5): p. 429-43.
51. Dienst, M., et al., *[Arthroscopic resection of the cam deformity of femoroacetabular impingement]*. Oper Orthop Traumatol, 2010. 22(1): p. 29-43.
52. Diesel, C.V., et al., *The prevalence of femoroacetabular impingement in radiographs of asymptomatic subjects: a cross-sectional study*. Hip Int, 2015. 25(3): p. 258-63.
53. Domb, B.G., et al., *Surgical dislocation of the hip versus arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement: a prospective matched-pair study with average 2-year follow-up*. Arthroscopy, 2013. 29(9): p. 1506-13.
54. Dora, C., et al., *Retroversion of the acetabular dome after Salter and triple pelvic osteotomy for congenital dislocation of the hip*. J Pediatr Orthop B, 2002. 11(1): p. 34-40.
55. Dudda, M., et al., *Do normal radiographs exclude asphericity of the femoral head-neck junction?* Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(3): p. 651-9.
56. Eijer, H., et al., *Evaluation and treatment of young adults with femoroacetabular impingement secondary to Perthes' disease*. Hip Int, 2006. 16(4): p. 273-80.

57. Eijer, H.L., M.; Mahomed, M. N.; Ganz, R., *Cross-Table Lateral Radiographs for Screening of Anterior Femoral Head-Neck Offset in Patients with Femoro-Acetabular Impingement*. Hip Int, 2001. 11(1): p. 37-41.
58. Emara, K., et al., *Conservative treatment for mild femoroacetabular impingement*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2011. 19(1): p. 41-5.
59. Espinosa, N., et al., *Treatment of femoro-acetabular impingement: preliminary results of labral refixation*. J Bone Joint Surg Am, 2006. 88(5): p. 925-35.
60. Ezechieli, M. and H. Windhagen, *[Femoroacetabular impingement in athletes: pathology, diagnostics and operative therapy options]*. Chirurg, 2014. 85(10): p. 872-8.
61. Falotico, G.G., et al., *Professional soccer is associated with radiographic cam and pincer hip morphology*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019. 27(10): p. 3142-3148.
62. Farjo, L.A., J.M. Glick, and T.G. Sampson, *Hip arthroscopy for acetabular labral tears*. Arthroscopy, 1999. 15(2): p. 132-7.
63. Ferguson, S.J., et al., *An in vitro investigation of the acetabular labral seal in hip joint mechanics*. J Biomech, 2003. 36(2): p. 171-8.
64. Fiorentino, G., et al., *Treatment of cam-type femoroacetabular impingement*. Joints, 2015. 3(2): p. 67-71.
65. Fitzgerald, R.H., Jr., *Acetabular labrum tears. Diagnosis and treatment*. Clin Orthop Relat Res, 1995(311): p. 60-8.
66. Fraitzl, C.H., F. Kappe, and H. Reichel, *Das femoroacetabuläre Impingement - eine häufige Ursache des Leistenschmerzes beim Sportler*. Dtsch Z Sportmed, 2010. 61(12): p. 292-298.
67. Ganz, R., et al., *[Cervico-acetabular impingement after femoral neck fracture]*. Unfallchirurg, 1991. 94(4): p. 172-5.
68. Ganz, R., et al., *Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis*. J Bone Joint Surg Br, 2001. 83(8): p. 1119-24.
69. Ganz, R., T.W. Huff, and M. Leunig, *Extended retinacular soft-tissue flap for intra-articular hip surgery: surgical technique, indications, and results of application*. Instr Course Lect, 2009. 58: p. 241-55.
70. Ganz, R., et al., *The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept*. Clin Orthop Relat Res, 2008. 466(2): p. 264-72.
71. Ganz, R., et al., *Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip*. Clin Orthop Relat Res, 2003(417): p. 112-20.
72. Glick, J.M., et al., *Hip arthroscopy by the lateral approach*. Arthroscopy, 1987. 3(1): p. 4-12.
73. Gollwitzer, H., I.J. Banke, and J. Schauwecker, *[Hip arthroscopy]*. Orthopade, 2016. 45(2): p. 183-93; quiz 194-5.
74. Goodman, D.A., et al., *Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 1997. 79(10): p. 1489-97.
75. Gosvig, K.K., et al., *A new radiological index for assessing asphericity of the femoral head in cam impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2007. 89(10): p. 1309-16.
76. Gosvig, K.K., et al., *The prevalence of cam-type deformity of the hip joint: a survey of 4151 subjects of the Copenhagen Osteoarthritis Study*. Acta Radiol, 2008. 49(4): p. 436-41.

77. Griffin, D., et al., *UK FASHIoN: feasibility study of a randomised controlled trial of arthroscopic surgery for hip impingement compared with best conservative care*. Health Technol Assess, 2016. 20(32): p. 1-172.
78. Griffin, D.R., et al., *Hip arthroscopy versus best conservative care for the treatment of femoroacetabular impingement syndrome (UK FASHIoN): a multicentre randomised controlled trial*. Lancet, 2018. 391(10136): p. 2225-2235.
79. Griffin, D.R. and R.N. Villar, *Complications of arthroscopy of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 1999. 81(4): p. 604-6.
80. Griffin, J.W., et al., *Imaging in Hip Arthroscopy for Femoroacetabular Impingement: A Comprehensive Approach*. Clin Sports Med, 2016. 35(3): p. 331-344.
81. Guanche, A.C., et al., *Paper 4: Arthroscopic Treatment Cam-Type Hip Impingement Lesions with 32.8-Month Mean Follow-Up*. Arthroscopy, 2012. 28(6): p. e45.
82. Gupta, A., et al., *Safety measures in hip arthroscopy and their efficacy in minimizing complications: a systematic review of the evidence*. Arthroscopy, 2014. 30(10): p. 1342-8.
83. Hack, K., et al., *Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers*. J Bone Joint Surg Am, 2010. 92(14): p. 2436-44.
84. Haefeli, P.C., et al., *What Are the Risk Factors for Revision Surgery After Hip Arthroscopy for Femoroacetabular Impingement at 7-year Followup?* Clin Orthop Relat Res, 2017. 475(4): p. 1169-1177.
85. Hagglund, G., et al., *Bilaterality in slipped upper femoral epiphysis*. J Bone Joint Surg Br, 1988. 70(2): p. 179-81.
86. Harris, J.D., et al., *Complications and reoperations during and after hip arthroscopy: a systematic review of 92 studies and more than 6,000 patients*. Arthroscopy, 2013. 29(3): p. 589-95.
87. Harris, W.H., *Etiology of osteoarthritis of the hip*. Clin Orthop Relat Res, 1986(213): p. 20-33.
88. Harris, W.H., *Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation*. J Bone Joint Surg Am, 1969. 51(4): p. 737-55.
89. Hartmann, A. and K.P. Gunther, *Arthroscopically assisted anterior decompression for femoroacetabular impingement: technique and early clinical results*. Arch Orthop Trauma Surg, 2009. 129(8): p. 1001-9.
90. Henle, P., M. Tannast, and K.A. Siebenrock, *[Imaging in developmental dysplasia of the hip]*. Orthopade, 2008. 37(6): p. 525-31.
91. Horisberger, M., A. Brunner, and R.F. Herzog, *Arthroscopic treatment of femoral acetabular impingement in patients with preoperative generalized degenerative changes*. Arthroscopy, 2010. 26(5): p. 623-9.
92. Hufeland, M., et al., *Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement shows persistent clinical improvement in the mid-term*. Arch Orthop Trauma Surg, 2016. 136(5): p. 687-91.
93. Ipach, I., et al., *Indications for total hip arthroplasty in young adults - idiopathic osteoarthritis seems to be overestimated*. Rofo, 2012. 184(3): p. 239-47.
94. Ito, K., et al., *Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset*. J Bone Joint Surg Br, 2001. 83(2): p. 171-6.

95. Jamali, A.A., et al., *Anteroposterior pelvic radiographs to assess acetabular retroversion: high validity of the "cross-over-sign"*. J Orthop Res, 2007. 25(6): p. 758-65.
96. Johnston, T.L., et al., *Relationship between offset angle alpha and hip chondral injury in femoroacetabular impingement*. Arthroscopy, 2008. 24(6): p. 669-75.
97. Jung, K.A., et al., *The prevalence of cam-type femoroacetabular deformity in asymptomatic adults*. J Bone Joint Surg Br, 2011. 93(10): p. 1303-7.
98. Kalberer, F., et al., *Ischial spine projection into the pelvis : a new sign for acetabular retroversion*. Clin Orthop Relat Res, 2008. 466(3): p. 677-83.
99. Kellgren, J.H. and J.S. Lawrence, *Radiological assessment of osteo-arthrosis*. Ann Rheum Dis, 1957. 16(4): p. 494-502.
100. Keogh, M.J. and M.E. Batt, *A review of femoroacetabular impingement in athletes*. Sports Med, 2008. 38(10): p. 863-78.
101. Kim, C., et al., *Association of hip pain with radiographic evidence of hip osteoarthritis: diagnostic test study*. BMJ, 2015. 351: p. h5983.
102. Klassbo, M., E. Larsson, and E. Mannevik, *Hip disability and osteoarthritis outcome score. An extension of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*. Scand J Rheumatol, 2003. 32(1): p. 46-51.
103. Kloen, P., M. Leunig, and R. Ganz, *Early lesions of the labrum and acetabular cartilage in osteonecrosis of the femoral head*. J Bone Joint Surg Br, 2002. 84(1): p. 66-9.
104. Konan, S., S.J. Rhee, and F.S. Haddad, *Hip arthroscopy: analysis of a single surgeon's learning experience*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93 Suppl 2: p. 52-6.
105. Kowalczyk, M., et al., *Complications following hip arthroscopy: a systematic review and meta-analysis*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013. 21(7): p. 1669-75.
106. Kowalczyk, M., et al., *Does Femoroacetabular Impingement Contribute to the Development of Hip Osteoarthritis? A Systematic Review*. Sports Med Arthrosc Rev, 2015. 23(4): p. 174-9.
107. Kuhns, B.D., R.M. Frank, and L. Pulido, *Open and Arthroscopic Surgical Treatment of Femoroacetabular Impingement*. Front Surg, 2015. 2: p. 63.
108. Kusma, M., et al., *[Femoroacetabular impingement. Clinical and radiological diagnostics]*. Orthopade, 2009. 38(5): p. 402-11.
109. Laborie LB., et al., *The alpha angle in cam-type femoroacetabular impingement: new reference intervals based on 2038 healthy young adults*. Bone Joint J., 2014. 96-B(4): p. 449-54.
110. Lansdown, D.A., et al., *The Importance of Comprehensive Cam Correction: Radiographic Parameters Are Predictive of Patient-Reported Outcome Measures at 2 Years After Hip Arthroscopy*. Am J Sports Med, 2018. 46(9): p. 2072-2078.
111. Larson, C.M. and M.R. Giveans, *Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: early outcomes measures*. Arthroscopy, 2008. 24(5): p. 540-6.
112. Larson, C.M., M.R. Giveans, and R.M. Stone, *Arthroscopic debridement versus refixation of the acetabular labrum associated with femoroacetabular impingement: mean 3.5-year follow-up*. Am J Sports Med, 2012. 40(5): p. 1015-21.
113. Larson, C.M., B.R. Pierce, and M.R. Giveans, *Treatment of athletes with symptomatic intra-articular hip pathology and athletic pubalgia/sports hernia: a case series*. Arthroscopy, 2011. 27(6): p. 768-75.

114. Larson, C.M., et al., *Radiographic Hip Anatomy Correlates With Range of Motion and Symptoms in National Hockey League Players*. Am J Sports Med, 2017. 45(7): p. 1633-1639.
115. Lavigne, M., et al., *Anterior femoroacetabular impingement: part I. Techniques of joint preserving surgery*. Clin Orthop Relat Res, 2004(418): p. 61-6.
116. Lequesne, M. and G. Morvan, *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*. Joint Bone Spine, 2002. 69(3): p. 282-92.
117. Leunig, M., P.E. Beaulé, and R. Ganz, *The concept of femoroacetabular impingement: current status and future perspectives*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(3): p. 616-22.
118. Leunig, M., et al., *[Femoroacetabular impingement: trigger for the development of coxarthrosis]*. Orthopade, 2006. 35(1): p. 77-84.
119. Leunig, M., et al., *Fibrocystic changes at anterosuperior femoral neck: prevalence in hips with femoroacetabular impingement*. Radiology, 2005. 236(1): p. 237-46.
120. Leunig, M., et al., *Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis*. Acta Orthop Scand, 2000. 71(4): p. 370-5.
121. Leunig, M. and R. Ganz, *[Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis]*. Unfallchirurg, 2005. 108(1): p. 9-10, 12-7.
122. Leunig, M. and R. Ganz, *Femoroacetabuläres Impingement: Ein neues Konzept der Coxarthroseentstehung*. The Medical Journal TMJ - Rosenfluh Publikationen AG, 2009. 3: p. 11-15.
123. Leunig, M. and R. Ganz, *Pathophysiologie und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten des femoroacetabulären Impingements (FAI)*. manuelletherapie, 2012. 16(03): p. 111-118.
124. Leunig, M., et al., *Prevalence of cam and pincer-type deformities on hip MRI in an asymptomatic young Swiss female population: a cross-sectional study*. Osteoarthritis Cartilage, 2013. 21(4): p. 544-50.
125. Leunig, M., et al., *Protrusio acetabuli: new insights and experience with joint preservation*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(9): p. 2241-50.
126. Lincoln, M., et al., *Combined arthroscopic and modified open approach for cam femoroacetabular impingement: a preliminary experience*. Arthroscopy, 2009. 25(4): p. 392-9.
127. Lingard, E.A., et al., *Predicting the outcome of total knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2004. 86(10): p. 2179-86.
128. Locher, S.W., S.; Leunig, M.; Ganz, R., *Mangelhafte Erfassbarkeit von Frühstadien der Coxarthrose mit konventionellen Röntgenbildern*. Z Für Orthop 2001. 139(01): p. 70-74.
129. Lund, B., et al., *Danish Hip Arthroscopy Registry (DHAR): the outcome of patients with femoroacetabular impingement (FAI)*. J Hip Preserv Surg, 2017. 4(2): p. 170-177.
130. Lung, R., et al., *The prevalence of radiographic femoroacetabular impingement in younger individuals undergoing total hip replacement for osteoarthritis*. Clin Rheumatol, 2012. 31(8): p. 1239-42.
131. Mansor, Y., et al., *In Search of the Spherical Femoroplasty: Cam Overresection Leads to Inferior Functional Scores Before and After Revision Hip Arthroscopic Surgery*. Am J Sports Med, 2018. 46(9): p. 2061-2071.

132. Mardones, R.M., et al., *Surgical treatment of femoroacetabular impingement: evaluation of the effect of the size of the resection*. J Bone Joint Surg Am, 2005. 87(2): p. 273-9.
133. Martin, R.L., *Hip Arthroscopy and Outcome Assessment*. Oper Tech Orthop, 2005. 15(3): p. 290-296.
134. Martin, R.L., B.T. Kelly, and M.J. Philippon, *Evidence of validity for the hip outcome score*. Arthroscopy, 2006. 22(12): p. 1304-11.
135. Martin, R.L. and M.J. Philippon, *Evidence of reliability and responsiveness for the hip outcome score*. Arthroscopy, 2008. 24(6): p. 676-82.
136. Martin, R.L. and M.J. Philippon, *Evidence of validity for the hip outcome score in hip arthroscopy*. Arthroscopy, 2007. 23(8): p. 822-6.
137. Mascarenhas VV., et al., *The Lisbon Agreement on Femoroacetabular Impingement Imaging-part 1: overview*. Eur Radiol. 2020. 30(10): p. 5281-5297.
138. Matsuda, D.K., et al., *Comparative systematic review of the open dislocation, mini-open, and arthroscopic surgeries for femoroacetabular impingement*. Arthroscopy, 2011. 27(2): p. 252-69.
139. Matsuda, D.K., N. Gupta, and D. Hanami, *Hip arthroscopy for challenging deformities: global pincer femoroacetabular impingement*. Arthrosc Tech, 2014. 3(2): p. e197-204.
140. McCarthy, J., et al., *Anatomy, pathologic features, and treatment of acetabular labral tears*. Clin Orthop Relat Res, 2003(406): p. 38-47.
141. Mechlenburg, I., et al., *[Hip dysplasia]*. Ugeskr Laeger, 2014. 176(30): p. 1382-6.
142. Merz, M.K., J.J. Christoforetti, and B.G. Domb, *Femoral Neck Fracture After Arthroscopic Femoroplasty of the Hip*. Orthopedics, 2015. 38(8): p. e696-700.
143. Meyer, D.C., et al., *Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity*. Clin Orthop Relat Res, 2006. 445: p. 181-5.
144. Morvan, J., et al., *Relationship between hip dysplasia, pain, and osteoarthritis in a cohort of patients with hip symptoms*. J Rheumatol, 2013. 40(9): p. 1583-9.
145. Mosler, A.B., et al., *Ethnic Differences in Bony Hip Morphology in a Cohort of 445 Professional Male Soccer Players*. Am J Sports Med, 2016. 44(11): p. 2967-2974.
146. Murphy, S., et al., *Debridement of the adult hip for femoroacetabular impingement: indications and preliminary clinical results*. Clin Orthop Relat Res, 2004(429): p. 178-81.
147. Murray, R.O., *The aetiology of primary osteoarthritis of the hip*. Br J Radiol, 1965. 38(455): p. 810-24.
148. Myers, S.R., H. Eijer, and R. Ganz, *Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy*. Clin Orthop Relat Res, 1999(363): p. 93-9.
149. Naal, F.D., et al., *The German Hip Outcome Score: validation in patients undergoing surgical treatment for femoroacetabular impingement*. Arthroscopy, 2011. 27(3): p. 339-45.
150. Naal, F.D., et al., *Midterm results of surgical hip dislocation for the treatment of femoroacetabular impingement*. Am J Sports Med, 2012. 40(7): p. 1501-10.
151. Naal, F.D., et al., *Surgical hip dislocation for the treatment of femoroacetabular impingement in high-level athletes*. Am J Sports Med, 2011. 39(3): p. 544-50.
152. Naal, F.D., et al., *Sports and Activity Levels After Open Surgical Treatment of Femoroacetabular Impingement*. Am J Sports Med, 2014. 42(7): p. 1690-5.
153. Nakano, N., et al., *Complications following arthroscopic surgery of the hip: a systematic review of 36 761 cases*. Bone Joint J, 2017. 99-B(12): p. 1577-1583.

154. Nepple, J.J., J.C. Clohisy, and A.S.G. Members, *Evolution of Femoroacetabular Impingement Treatment: The ANCHOR Experience*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2017. 46(1): p. 28-34.
155. Neumann, M., et al., *Impingement-free hip motion: the 'normal' angle alpha after osteochondroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(3): p. 699-703.
156. Nho, S.J., et al., *Outcomes after the arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement in a mixed group of high-level athletes*. Am J Sports Med, 2011. 39 Suppl: p. 14S-9S.
157. Notzli, H.P., et al., *The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2002. 84(4): p. 556-60.
158. Nwachukwu, B.U., et al., *Arthroscopic Versus Open Treatment of Femoroacetabular Impingement: A Systematic Review of Medium- to Long-Term Outcomes*. Am J Sports Med, 2016. 44(4): p. 1062-8.
159. Ochoa, L.M., et al., *Radiographic prevalence of femoroacetabular impingement in a young population with hip complaints is high*. Clin Orthop Relat Res, 2010. 468(10): p. 2710-4.
160. Olach, M., et al., *Clinical and radiological outcome at mean follow-up of 11 years after hip arthroscopy*. Arch Orthop Trauma Surg, 2019. 139(1): p. 1-6.
161. Pacheco-Carrillo, A. and I. Medina-Porqueres, *Physical examination tests for the diagnosis of femoroacetabular impingement. A systematic review*. Phys Ther Sport, 2016. 21: p. 87-93.
162. Packer, J.D. and M.R. Safran, *The etiology of primary femoroacetabular impingement: genetics or acquired deformity?* J Hip Preserv Surg, 2015. 2(3): p. 249-57.
163. Peters, C.L. and J.A. Erickson, *Treatment of femoro-acetabular impingement with surgical dislocation and debridement in young adults*. J Bone Joint Surg Am, 2006. 88(8): p. 1735-41.
164. Philippon, M.J., et al., *Outcomes following hip arthroscopy for femoroacetabular impingement with associated chondrolabral dysfunction: minimum two-year follow-up*. J Bone Joint Surg Br, 2009. 91(1): p. 16-23.
165. Philippon, M.J., et al., *Clinical presentation of femoroacetabular impingement*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2007. 15(8): p. 1041-7.
166. Philippon, M.J. and M.L. Schenker, *Arthroscopy for the treatment of femoroacetabular impingement in the athlete*. Clin Sports Med, 2006. 25(2): p. 299-308, ix.
167. Philippon, M.J. and M.L. Schenker, *A new method for acetabular rim trimming and labral repair*. Clin Sports Med, 2006. 25(2): p. 293-7, ix.
168. Philippon, M.J., et al., *Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: osteoplasty technique and literature review*. Am J Sports Med, 2007. 35(9): p. 1571-80.
169. Pierannunzii, L., et al., *Mid-term outcome after arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement: development of a predictive score*. Hip Int, 2019. 29(3): p. 303-309.
170. Pitt, M.J., et al., *Herniation pit of the femoral neck*. AJR Am J Roentgenol, 1982. 138(6): p. 1115-21.
171. Poh, S.Y., R. Hube, and M. Dienst, *Arthroscopic treatment of femoroacetabular pincer impingement*. Oper Orthop Traumatol, 2015. 27(6): p. 536-52.
172. Pun, S., D. Kumar, and N.E. Lane, *Femoroacetabular impingement*. Arthritis Rheumatol, 2015. 67(1): p. 17-27.

173. Redmond, J.M., et al., *Arthroscopic acetabuloplasty and labral refixation without labral detachment*. Am J Sports Med, 2015. 43(1): p. 105-12.
174. Reichenbach, S., et al., *Prevalence of cam-type deformity on hip magnetic resonance imaging in young males: a cross-sectional study*. Arthritis Care Res (Hoboken), 2010. 62(9): p. 1319-27.
175. Reynolds, D., J. Lucas, and K. Klaue, *Retroversion of the acetabulum. A cause of hip pain*. J Bone Joint Surg Br, 1999. 81(2): p. 281-8.
176. Rhyu, K.H., et al., *Age and sex-related distribution of alpha angles and the prevalence of the cam morphology of the hip in Asians do not differ from those of other ethnicities*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019. 27(10): p. 3125-3132.
177. Roos, B.D., et al., *Open versus arthroscopic approach in the treatment of femoroacetabular impingement: a case-control study with two-years follow up*. Rev Bras Ortop, 2017. 52(Suppl 1): p. 21-28.
178. Ross, J.R., et al., *Residual deformity is the most common reason for revision hip arthroscopy: a three-dimensional CT study*. Clin Orthop Relat Res, 2015. 473(4): p. 1388-95.
179. Sampson, T.G., *Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2008. 37(12): p. 608-12.
180. Schilders, E., et al., *Arthroscopic treatment of labral tears in femoroacetabular impingement: a comparative study of refixation and resection with a minimum two-year follow-up*. J Bone Joint Surg Br, 2011. 93(8): p. 1027-32.
181. Schünke, M., E. Schulte, and U. Schuhmacher, *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Prometheus. 2007, Stuttgart u.a.: Georg Thieme.
182. Schuttler, K.F., et al., *The effect of surgeon's learning curve: complications and outcome after hip arthroscopy*. Arch Orthop Trauma Surg, 2018. 138(10): p. 1415-1421.
183. Siebenrock, K.A., et al., *The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity*. Clin Orthop Relat Res, 2011. 469(11): p. 3229-40.
184. Siebenrock, K.A., D.F. Kalbermatten, and R. Ganz, *Effect of pelvic tilt on acetabular retroversion: a study of pelvis from cadavers*. Clin Orthop Relat Res, 2003(407): p. 241-8.
185. Siebenrock, K.A., R. Schoeniger, and R. Ganz, *Anterior femoro-acetabular impingement due to acetabular retroversion. Treatment with periacetabular osteotomy*. J Bone Joint Surg Am, 2003. 85(2): p. 278-86.
186. Siebenrock, K.A., et al., *Abnormal extension of the femoral head epiphysis as a cause of cam impingement*. Clin Orthop Relat Res, 2004(418): p. 54-60.
187. Sink, E.L., et al., *Multicenter study of complications following surgical dislocation of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93(12): p. 1132-6.
188. Sink, E.L., et al., *Clinical presentation of femoroacetabular impingement in adolescents*. J Pediatr Orthop, 2008. 28(8): p. 806-11.
189. Solomon, L., *Patterns of osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 1976. 58(2): p. 176-83.
190. Stahelin, L., et al., *Arthroscopic offset restoration in femoroacetabular cam impingement: accuracy and early clinical outcome*. Arthroscopy, 2008. 24(1): p. 51-57 e1.
191. Steppacher, S.D., et al., *Surgical hip dislocation for treatment of femoroacetabular impingement: factors predicting 5-year survivorship*. Clin Orthop Relat Res, 2014. 472(1): p. 337-48.

192. Steppacher, S.D., et al., *Size and shape of the lunate surface in different types of pincer impingement: theoretical implications for surgical therapy*. Osteoarthritis Cartilage, 2014. 22(7): p. 951-8.
193. Stucki, G., et al., [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]. Z Rheumatol, 1996. 55(1): p. 40-9.
194. Stucki, G., et al., *Comparison of the WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) osteoarthritis index and a self-report format of the self-administered Lequesne-Algofunctional index in patients with knee and hip osteoarthritis*. Osteoarthritis Cartilage, 1998. 6(2): p. 79-86.
195. Stulberg, S., et al., *Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip*, in *The Hip Proceedings of the Third Open Scientific Meeting of The Hip Society*, H.C. Amstutz, Editor. 1975, C.V. Mosby: St Louis. p. 212-228.
196. Sutter, R., et al., *How useful is the alpha angle for discriminating between symptomatic patients with cam-type femoroacetabular impingement and asymptomatic volunteers?* Radiology, 2012. 264(2): p. 514-21.
197. Tannast, M., et al., *Estimation of pelvic tilt on anteroposterior X-rays--a comparison of six parameters*. Skeletal Radiol, 2006. 35(3): p. 149-55.
198. Tannast, M., K.A. Siebenrock, and S.E. Anderson, *Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis--what the radiologist should know*. AJR Am J Roentgenol, 2007. 188(6): p. 1540-52.
199. Tanzer, M. and N. Noiseux, *Osseous abnormalities and early osteoarthritis: the role of hip impingement*. Clin Orthop Relat Res, 2004(429): p. 170-7.
200. Tonnis, D., *Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults*. Clin Orthop Relat Res, 1976(119): p. 39-47.
201. Tonnis, D. and A. Heinecke, *Acetabular and femoral anteversion: relationship with osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 1999. 81(12): p. 1747-70.
202. Trindade, C.A.C., et al., *Positive FABER distance test is associated with higher alpha angle in symptomatic patients*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019. 27(10): p. 3158-3161.
203. van Klij, P., et al., *The Prevalence of Cam and Pincer Morphology and Its Association With Development of Hip Osteoarthritis*. J Orthop Sports Phys Ther, 2018. 48(4): p. 230-238.
204. van Klij P., et al., *Classifying Cam Morphology by the Alpha Angle: A Systematic Review on Threshold Values*. Orthop J Sports Med. 2020. 10;8(8).
205. Wagner, S., et al., *Early osteoarthritic changes of human femoral head cartilage subsequent to femoro-acetabular impingement*. Osteoarthritis Cartilage, 2003. 11(7): p. 508-18.
206. Wamper, K.E., et al., *The Harris hip score: Do ceiling effects limit its usefulness in orthopedics?* Acta Orthop, 2010. 81(6): p. 703-7.
207. Ware, J.E., Jr. and C.D. Sherbourne, *The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection*. Med Care, 1992. 30(6): p. 473-83.
208. Weber, A.E., J.D. Harris, and S.J. Nho, *Complications in Hip Arthroscopy: A Systematic Review and Strategies for Prevention*. Sports Med Arthrosc Rev, 2015. 23(4): p. 187-93.
209. Wenger, D.R., S. Kishan, and M.E. Pring, *Impingement and childhood hip disease*. J Pediatr Orthop B, 2006. 15(4): p. 233-43.

210. Wiberg, G., *Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint: With special reference to the complication of osteoarthritis*. 1939, Stockholm: Norstedt.
211. WOMAC, *Health Status Measurement Systems for Osteoarthritis*. [cited 2020 10. Nov.]; Available from: <http://www.womac.com/womac/index.htm>.
212. Wyss, T.F., et al., *Correlation between internal rotation and bony anatomy in the hip*. Clin Orthop Relat Res, 2007. 460: p. 152-8.

Anhang

- a. Komplikations- und Zufriedenheitserfassung

Komplikationserfassung

1. Kam es bei Ihnen nach der Operation zur Bildung einer Thrombose (Blutgerinnsel in den Venen des Beines)?

Ja

Nein

1.1 Wenn ja; wann? _____

1.2 Wenn ja; war die Bildung dieses Gerinnsels mit einer Lungenembolie verbunden (Ablösung und Wanderung des Blutgerinnsels aus den Gefäßen des Beines in die Lunge)?

Ja

Nein

2. Kam es bei Ihnen nach der Operation zu einer behandlungsbedürftigen Nachblutungen aus den Operationsschnitten, die einen erneuten Eingriff notwendig machte?

Ja

Nein

3. Kam es zu einer verlängerten Wundsekretion?

Ja

Nein

4. Kam es bei Ihnen zu Wundheilungsstörungen (z.B. Aufplatzen der Wunde nach Entfernung der Fäden)?

Ja

Nein

5. Traten bei Ihnen nach der Operation Blutergüsse auf?Ja Nein **5.1 Wenn ja; wo?** _____
(z.B. Oberschenkelaußenseite, Becken, ...)**6. Traten nach der Operation Taubheitsgefühle im Bereich des operierten Beines neu auf?**Ja Nein **6.1 Wenn ja, wo?** _____
(z.B. Oberschenkelaußenseite, Becken, Genitalbereich,....)**7. Traten nach der Operation Lähmungserscheinungen im operierten Bein auf?**Ja Nein **7.1 Wenn ja; wo?** _____
(z.B. Streckung des Knie, Streckung der Hüfte, ...)**8. Haben Sie nach der Operation Hautverletzungen unabhängig von den Operationsschnitten festgestellt (Druckstellen oder Blasenbildung am Fuß oder im Genitalbereich)?**Ja Nein **8.1 Wenn ja; wo?** _____**9. Traten bei Ihnen im Zusammenhang mit der Operation Erektionsstörungen oder Schmerzen beim Geschlechtsverkehr auf?**Ja Nein

10. Kam es bei Ihnen nach der Operation zu Knochenbrüchen des operierten Beines?

Ja

Nein

10.1 Wenn ja; wo genau? _____
(Oberschenkelhals, Oberschenkelschaft, ...)

11. Musste ihr Hüfte seit der Arthroskopie noch einmal operiert werden?

Ja

Nein

11.1 Wenn ja; wie lange nach der Arthroskopie? _____

11.2 Wenn ja; was wurde gemacht und aus welchen Gründen?

(z.B. Einsetzen eines künstlichen Hüftgelenkes, erneute Gelenkspiegelung,...)

Zufriedenheit

1. Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der Operation auf einer Skala von 0 – 10

(10 = sehr zufrieden; 0 = überhaupt nicht zufrieden)?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Insgesamt betrachtet würden Sie sich diesem Eingriff erneut unterziehen?

Ja

Nein

3. Würden Sie einem engen Freund oder Verwandtem denselben Eingriff empfehlen?

Ja

Nein

4. Nehmen Sie aktuell wegen Beschwerden der operierten Hüfte Schmerzmedikamente ein?

Ja

Nein

Wenn, ja welche: _____ und wie oft (bitte ankreuzen):

Täglich 3-4 pro Woche 1 pro Woche 1 pro Monat noch seltener

5. Wie beurteilen Sie aktuell die Funktion Ihrer Hüfte im Vergleich zum Zustand vor der Operation?

besser

gleich

schlimmer

Falls Sie gleich oder schlimmer angekreuzt habe:

2.1 Bitte geben Sie möglichst genau den Zeitpunkt an, ab dem dieses der Fall war.

_____ Monaten nach OP

c. Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen/Herren:

In Mainz:

Ackermann, Becker, Behl, Clement, Fischbeck, Hardt, Jakob, Kilb, Kirischuk, Luhmann, Müller-Klieser, Pietrzik, Walenta, Wiens, Wolloscheck, Sebestény, Spessert, Schulte.

In Marburg:

Ahrens, Baum, Barth, Bartsch, A. Becker, K. Becker, S. Becker, Bender, Bien, Bösner, Bücking, Czubayko, Dinges, Duda, Dodel, Donner-Banzhoff, Eggert, Eming, Engenhardt-Cabillic, Eubel, Figiel, Geks, Grimm, Gress, Görg, Haas, Hertl, Hofmann, Hegele, Irsusi, Jerrentrup, Kalder, Kann, Kanngießler, Kerwart, Kircher, Kirschbaum, Klemmer, Kluge, Koczulla, Kolb-Niemann, Kruse, König, Köhler, Kühnert, Lohoff Lüsebrink, Mahnken, Menzler, Metzelder, Meyer, Mittag, Moll Moosdorf, Mutters, Mühlenbein, Neff, Neubauer, Nikolaizik, Nimsky, Opitz, Pagenstecher, Pfützner, Plant, Renz, Richter, Riera Knorrenschild, Riße, Ruchholtz, Roeßler, Schieffer, Schulze, Seifart, Sekundo, Sevinc, Schierl, Schu, Schneider, Schüttler, Schütt, Sommer, Teymoortash, Timmesfeld, Vannucchi Vogelmeier, Vogt, Vorwerk, Wagner, Werner, Wißniowski, Wolf, Worzfeld, Wulf, Zavorotnyy, Ziring, Zwiorek.

d. Danksagung

Größter Dank gebührt meinem Doktorvater, Herrn PD Dr. Karl-Friedrich Schüttler zum einen für die Überlassung des interessanten Themas der vorliegenden Arbeit und zum anderen für seine fundierte fachliche Unterstützung und seine überaus engagierte Betreuung. Bei jeglichen Problemen stand er mir mit seinem wertvollen Rat und seinen konstruktiven Ideen zur Seite. Zudem danke ich ihm sehr für seine ausdauernden Hilfen bei Problemlösungen aller Art. Ohne diese wäre die Ausarbeitung und Fertigstellung dieser Arbeit nicht realisierbar gewesen.

Besonders danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. Thomas Heyse für seine überaus kompetente Mithilfe. Seine sachdienlichen Anregungen und hilfreichen Vorschläge waren eine wesentliche Basis für meine Arbeit und haben diese maßgeblich vorangetrieben.

Bei Frau Prof. Dr. Nina Timmesfeld und Patrick Bossert möchte ich mich außerordentlich für die professionelle Hilfe bei der statistischen Auswertung und für die unkomplizierte und schnelle Datenauswertung bedanken.

Mein herzlicher Dank richtet sich ausdrücklich an Rose Schramm und Martin Paul für die sehr gute Zusammenarbeit, für die Unterstützung bei der Auswertung der Röntgenbilder, für die Einarbeitung in die Studie sowie für das hilfreiche Austauschen und Besprechen von Ergebnissen.

Mein besonderer Dank gilt schließlich meiner Familie und meinen Freunden. Ich danke Ihnen für die stetige und verständnisvolle Unterstützung.

Inbesondere möchte ich mich bei meiner Mutter und Großmutter bedanken, die mich nicht nur während der Anfertigung dieser Arbeit fortwährend und über die Maßen unterstützten, sondern mir meinen bisherigen Lebensweg in dieser Weise überhaupt ermöglicht haben.

Ebenso danke ich besonders meinem Mann, dass er mich in allen Belangen bedingungslos unterstützt, motiviert und immer für mich da ist. Außerdem danke ich ihm für sein unermüdliches Verständnis und die vielfältigen Ratschläge. Meinem Sohn Henri und meiner Tochter Carla danke ich für ihre Geduld, wenn es doch mal wieder ein bisschen länger dauerte.