

Aus der Orthopädischen Klinik

Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/ Saar

Direktor: Professor Dr. med. D. Kohn

Doppelinzisionstechnik bei Periazetabulärer Osteotomie:

Nachuntersuchung nach 1 bis 3 Jahren

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2018

Vorgelegt von: Susanne Birk, geb. Holkenbrink

geb. am: 19.06.1989 in Merzig

Inhalt

1. Zusammenfassung und Abstract.....	4
2. Einleitung.....	10
 2.1 Grundlagen.....	10
2.1.1 Embryologie und frühe Entwicklung des Hüftgelenks	10
2.1.1.1 Embryonale Phase	10
2.1.1.2 Fetalperiode	12
2.1.1.3 Frühe postnatale Entwicklung.....	14
2.1.2 Anatomie des Hüftgelenks.....	14
2.1.2.1 Hüftpfanne	14
2.1.2.2 Hüftkopf	15
2.1.2.3 Ausrichtung des Gelenks	15
2.1.2.4 Gelenkkapsel	16
2.1.2.5 Gefäßversorgung.....	17
2.1.2.6 Innervation	17
2.1.3 Biomechanik des Hüftgelenks.....	18
2.1.4 Residuelle Hüftdysplasie im Erwachsenenalter.....	19
 2.2 Operative Behandlung der Hüftdysplasie	21
2.2.1 Augmentationstechniken.....	21
2.2.2 Reorientierungstechniken.....	22
2.2.2.1 Einfachosteotomien	22
2.2.2.2 Zweifachosteotomien.....	22
2.2.2.3 Dreifachosteotomien	23
 2.3 Fragestellung	26
3. Material und Methode	28
 3.1. Patienten.....	28

3.2. Datenerhebung.....	28
3.2.1. Arztbriefe der Orthopädischen Chirurgie München.....	28
3.2.2 Patientenakten des stationären Aufenthaltes.....	30
3.2.3 Röntgenuntersuchung	31
3.2.3.1 Beckenübersichtsaufnahme.....	32
3.2.3.2 Faux-Profil-Aufnahme	34
3.2.4 Patientenfragebogen und klinische Ergebnis-Scores	35
3.2.4.1 Fragebogen.....	35
3.2.4.2 Score nach Merle d'Aubigné und Postel (1954).....	36
3.2.4.3 Modifizierter Harris Hip Score (mHHS)	38
3.2.4.4 International Hip Outcome Tool - 12 (iHOT-12).....	41
3.2.4.5 Short Form 36 (SF – 36).....	43
3.3 Operationstechnik der PAO mit Doppelinzision	52
3.4 Postoperative Rehabilitation.....	63
4. Ergebnisse.....	65
4.1 Auswertung allgemein	65
4.2 Arztbriefe der Orthopädischen Chirurgie München	65
4.2.1 Bewegungsumfang.....	65
4.2.2 Impingementtest.....	67
4.2.3 Apprehensionstest.....	68
4.2.3 Schnitt-Naht-Zeit.....	68
4.2.4 Blutwerte	69
4.2.5 Transfusionen.....	70
4.2.6 Dauer des stationären Aufenthaltes.....	70
4.2.7 Komplikationen	70

4.3 Analyse der Röntgenbilder	72
4.3.1 Arthrosegrad nach Tönnis (Tönnis 1984).....	72
4.3.2 Cross-over Sign (COS).....	72
4.3.3 Winkel	72
4.3.3.1 LCE – Winkel	72
4.3.3.2 TF – Winkel	74
4.3.3.3 VCA – Winkel	76
4.4 Patientenfragebogen und klinische Ergebnis-Scores	76
4.4.1 Fragebogen	76
4.4.2 Score nach Merle d'Aubigné und Postel.....	77
4.4.3. Modifizierter Harris Hip Score	78
4.4.4 International Hip Outcome Tool – 12	79
4.4.5 Short – Form 36.....	80
5. Diskussion.....	82
6. Anhang	105
6. 1 Tabellenverzeichnis.....	105
6. 2 Abbildungsverzeichnis.....	106
6.3 Patientenfragebogen	108
7. Literaturverzeichnis.....	116
8. Publikation	122
9. Danksagung	123

1. Zusammenfassung und Abstract

Die residuelle Hüftdysplasie ist eine der häufigsten Ursachen für die Entwicklung einer Coxarthrose im jungen Erwachsenenalter. Zur Reorientierung der dysplastischen Hüftgelenkspfanne, Normalisierung der pathologischen Kraftübertragung zwischen Hüftkopf und Pfanne und Vermeidung der sekundären Arthrose haben sich international zwei Operationsverfahren durchgesetzt: die Dreifachosteotomie nach Tönnis und die Berner periazetabuläre Osteotomie nach Ganz. Beiden Operationsverfahren werden Vor- und Nachteile zugeschrieben, wie eine bessere Übersicht über die Osteotomie des Os ischium bei der Dreifachosteotomie und eine höhere Primärstabilität, größere Osteotomiefläche und schnellere knöcherne Konsolidierung durch den Erhalt des hinteren Pfeilers bei der periazetabulären Osteotomie. Mit dem Ziel, die Vorteile beider Operationstechniken zu kombinieren, hat die Arbeitsgruppe um Dienst und Kohn eine periazetabuläre Osteotomie über einen dorsalen und ventralen Zugang vorgeschlagen. In dieser Doppelinzisionstechnik erfolgen die inkomplette Ischiumosteotomie und der kaudale Anteil der retroazetabulären Osteotomie unter Sicht und Hakenschutz von dorsal, während die Osteotomien von Pubis und Ilium, die Reorientierung und die Osteosynthese über den ventralen Zugang durchgeführt werden. Ziel der vorliegenden Studie war die Erstbeschreibung der Doppelinzisions-PAO (DI-PAO) nach Dienst und Kohn, die Untersuchung der frühen klinischen und radiologischen Ergebnisse nach 1-3 Jahren und ein Literaturvergleich.

Eingeschlossen wurden die Patienten, die im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2012 in der „Orthopädischen Chirurgie München“ mit einer DI-PAO versorgt wurden. Es erfolgte eine retrospektive Erfassung von prä- und perioperativen Daten einschließlich Haupt- und Nebendiagnosen, Bewegungsumfängen der betroffenen Hüftgelenke, Ergebnissen von Impingement- und Apprehensionstest, Schnitt-Naht-Zeit der Operation, von perioperativen Blutwerten, Anzahl und Volumen von Transfusionen, Dauer des stationären Aufenthaltes und möglicherweise aufgetretenen Komplikationen. Die prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen (Beckenübersicht a.p.) wurden zur Bestimmung der LCE- und TF-Winkel vermessen und auf Zeichen der knöchernen Konsolidierung analysiert. Alle Patienten wurden kontaktiert und gebeten einen Patientenfragebogen zu beantworten und zurückzusenden.

Mit Hilfe des Fragebogens und der letzten klinischen Untersuchung der Patienten wurden die klinischen Ergebnisse nach dem Score von Merle d'Aubigné, dem modifizierten Harris Hip Score, dem international Hip Outcome Tool – 12 sowie dem Gesundheitsfragebogen SF-36 ermittelt. Hieraus ließen sich sowohl subjektive als auch objektive Aussagen über den gesundheitlichen Zustand und die Funktionalität der operierten Hüftgelenke treffen.

Im Zeitraum von 2010 bis 2012 wurden 34 Patienten mit einer DI-PAO operativ versorgt. Bei insgesamt 3 Patienten erfolgte ein doppelseitiger Eingriff, sodass insgesamt 37 durchgeführte DI-PAO in die vorliegende Studie mit eingingen. In allen Fällen war die indikationsstellende Diagnose eine residuelle Hüftdysplasie. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 29 Jahre.

Die Ergebnisse zeigten eine mittlere Operationszeit für die DI-PAO von 212,7 Minuten, welche mit den Zeiten der periazetabulären Osteotomie nach Ganz vergleichbar ist. Das Umlagern und die Technik über zwei verschiedene Zugänge verlängerte nicht die Operationszeit. Bei 8 Patienten erfolgte postoperativ die Rückgabe von Eigenblutkonzentraten, bei 2 Patienten die Transfusion von Fremdblutprodukten. Der Blutverlust durch DI-PAO wurde durch Hämoglobin- und Hämatokrit-Verlaufswerte abgeschätzt. Von einem präoperativen Mittelwert von 13,7 g/dl Hämoglobin (Hb) und 41% Hämatokrit (Hkt) ausgehend, lagen die niedrigsten Werte am ersten postoperativen Tag bei durchschnittlich 10,1 g/dl (Hb) und 30,1% (Hkt). Zum Zeitpunkt der Entlassung fanden sich bei einem durchschnittlichen Hämoglobin von 10,9 g/dl und Hämatokrit von 33,5 % Hkt wieder ansteigende Parameter.

Die vorliegende Untersuchung zeigte eine geringe Komplikationsrate. Zum Auftreten von Wundinfektionen oder thromboembolischen Ereignissen kam es nicht. Drei Patienten beschrieben temporäre, zwei Patienten persistierende Hypästhesien im Distributionsbereich des Nervus cutaneus femoralis lateralis. In zwei Fällen kam es zu transienten Ausfallerscheinungen des peronealen Anteils des N. ischiadicus, die innerhalb von zwei Wochen, bzw. einem Jahr vollständig rückläufig waren. Intraartikuläre Frakturen, Frakturen des hinteren Beckenpfeilers, Osteonekrosen, Fixationsverluste oder Pseudarthrosen wurden nicht beobachtet.

Der Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbilder zeigte eine signifikante Steigerung der LCE-Werte und eine Verkleinerung der TF-Winkel auf physiologische Maße. Der LCE-Winkel wurde von präoperativ durchschnittlich 12,5° auf 26,9° postoperativ erhöht, während der TF-Winkel von präoperativ 13,8° auf postoperativ durchschnittlich 3,5° reduziert wurde. Ein sekundärer Korrekturverlust wurde in wiederholten radiologischen Kontrollen im Nachuntersuchungszeitraum von 1 bis 3 Jahren nicht beobachtet.

Der Vergleich zwischen prä- und postoperativer Hüftgelenksbeweglichkeit ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied. Das Ausmaß der Schmerzprovokation im Apprehension- und Impingementtest wurde durch die DI-PAO signifikant reduziert.

Die Patientenfragebögen wurden mit einer Rücklaufquote von 86,5% beantwortet. Die hieraus ermittelten Ergebnis-Scores ergaben sowohl subjektiv als auch objektiv gute bis sehr gute Ergebnisse. Die subjektive und objektive Beurteilung von Schmerz, Gang und Bewegungsausmaß im Score nach Merle d'Aubigné zeigte eine signifikante Steigerung von durchschnittlich 16,5 auf 18 Punkte (Maximalwert: 18 Punkte). Die subjektive Beurteilung von Schmerzen und Funktion im modified Harris Hip Score ergab postoperativ 87,6 von 100 Punkten. Gemäß des iHOT-12 lag die Lebensqualität nach der DI-PAO mit 78,1% im oberen Drittel. Im SF-36 fanden sich fast identische Werte zur deutschen Normpopulation mit einer körperlichen Summenskala von 48,7 (Summenskala der deutschen Normpopulation: 50) und einer psychischen Summenskala von 49,3 Punkten (Summenskala der deutschen Normpopulation: 50). Eine körperliche oder psychische Einschränkung durch die DI-PAO konnte daher ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die hier erstmals vorgestellte Operationstechnik der periazetabulären Osteotomie in Doppelinzisionstechnik ein zuverlässiges und komplikationsarmes Operationsverfahren zur Behandlung der azetabulären Restdysplasie darstellt. Die radiologischen Ergebnisse entsprechen denen der etablierten Operationsverfahren. Die frühen klinischen Ergebnisse sind sehr gut. Weitere Studien mit einem größeren Patientenkollektiv und einem längeren Nachuntersuchungszeitraum sollten folgen.

Double-incision technique in periacetabular osteotomy:

Follow-up examination after 1 to 3 years

Residual hip dysplasia is one of the most common causes for the development of coxarthrosis in young adults. There are two well-established surgical techniques to reorientate the dysplastic acetabulum, normalize the pathological transmission of power between the femoral head and the acetabulum and to prevent secondary arthrosis: the Triple osteotomy by Tönnis and the Bernese periacetabular osteotomy by Ganz. Both techniques come with advantages and disadvantages. The triple osteotomy by Tönnis provides a better overview of the ischial osteotomy, whereas the periacetabular osteotomy by Ganz serves with a higher primary stability, bigger osteotomy surfaces and faster consolidation of the bone structures due to the remaining posterior hip column. Dienst and Kohn proposed a periacetabular osteotomy through a dorsal and ventral approach. The aim was to combine the advantages of Tönnis' triple osteotomy and Ganz' periacetabular osteotomy. In this double incision technique the incomplete ischial osteotomy, as well as the caudal part of the retroacetabular osteotomy are being performed under direct vision and under protection of the soft tissue by retractors. The osteotomy of pubis and ileum, reorientation of the acetabulum and osteosynthesis remain being performed through the ventral approach. Therefore, the aim of this study was the primary description of the double incision periacetabular osteotomy (PAO) by Dienst and Kohn, evaluation of the early clinical and radiological results after one to three years, as well as a comparison to established literature.

Those patients who have been treated with a double incision PAO in the clinic of 'Orthopädische Chirurgie München' from January 2010 up to December 2012 have been included into this study. We evaluated retrospectively pre- and perioperative data, including the main and secondary diagnosis, range of movement of the hip joint, results of impingement and apprehension test, incision-suture time, perioperative blood results, number and volume of transfusions, duration of the inpatient-stay and occurred complications. Pre- and postoperative x-ray controls (pelvic a.p. view) have been used to determine the LCE- and TF-angle and have been analyzed for signs of bony consolidation.

All patients have been contacted and asked to answer a patient questionnaire and to return it for evaluation.

We evaluated the clinical results of the score of Merle d'Aubigné, modified Harris Hip Score, international Hip Outcome Tool 12 and the health questionnaire Short Form-36 with the results of the patient questionnaire and the last clinical examination. Taking these various results in account, subjective as well as objective statements about the patient's health condition and the functionality of the operated hip joints could be made.

From 2010 to 2012, 34 patients have been operated with the double incision technique. In three patients, the procedure had been performed on both hip joints, which sums up to a total of 37 operated hip joints that have been included into this study. In all cases, the indicating diagnosis to perform a double incision PAO was residual hip dysplasia. The average patient age was 29 years.

The results showed a medium operation time of 212,7 minutes, which is comparable to the achieved incision-suture time of the Bernese periacetabular osteotomy. The necessity of transferring the patient from side to back and the technique of operating through two different surgical approaches did not prolong the operation time.

Postoperative eight patients received autologous, two patients allogeneic transfusions. The blood loss caused by the double incision PAO was estimated by the change of hemoglobin and hematocrit. Starting from a preoperative average of 13,7g/dl of hemoglobin and 41% of hematocrit, the lowest blood results with an average hemoglobin of 10,1 g/dl and an average hematocrit of 30,1% were detected on the first day after surgery. By the end of the hospital stay the average hemoglobin of 10,9 g/dl and average hematocrit of 33,5% already showed rising parameters.

The present examination showed a low rate of complications. There have been no wound infections or thromboembolic incidents. Three patients described a temporary, two patients a persisting hypesthesia in the distribution zone of the lateral femoral cutaneous nerve. In two cases, there have been transient failure symptoms of the peroneal part of the sciatic nerve. In both cases, the failure symptoms have been recurrent within two weeks, respectively in one year. Intraarticular fractures, fractures of the posterior hip column, osteonecrosis, loss of fixation or pseudarthrosis did not occur.

The comparison of pre- and postoperative x-ray controls showed a significant increase in the LCE angles and significant decrease in the TF angles into physiological dimensions. The average LCE angle had been increased from perioperative 12,5° to postoperative 26,9°. At the same time the TF angle had been decreased from preoperative 13,8° to postoperative 3,5°. A secondary loss of the achieved correction did not occur within the follow-up period of one to three years.

The comparison between the pre- and postoperative range of movement of the hip joint did not show a significant difference. The occurrence of pain caused by the performance of the apprehension and impingement test had been significantly reduced.

86,5% of the patient questionnaires had been returned. The scores evaluated from the questionnaire showed subjective and objective good to very good results. The subjective and objective assessment of pain, gait and range of motion according to the score of Merle d'Aubigné showed a significant increase from 16,5 to 18 points (maximum: 18 points). Using the modified Harris Hip Score to evaluate subjective pain and function showed postoperative results of 87,6 out of 100 points. According to the results of the international Hip Outcome Tool-12 the quality of life after double incision PAO, measuring 78,1%, is located in the upper third. In the health questionnaire SF-36 almost identical results to the German standard population could be proven. The summary measures of physical health add up to 48,7, the summary measures of mental health add up to 49,3 (German standard population summary measures in mental and physical health: 50). Physical or mental impairment caused by the double incision PAO could therefore be excluded.

The results of the present study show that the double incision PAO as a treatment of residual hip dysplasia is a reliable surgical technique with few complications. The radiological results meet the expectations of already established surgical techniques. The early clinical results are very good. Further studies with a bigger patient group and longer follow-up period should follow.

2. Einleitung

Eine der häufigsten Ursachen für die Entwicklung einer Coxarthrose im jungen Erwachsenenalter ist das Krankheitsbild der Hüftdysplasie (Büchler et al 2012). Wird diese nach Schluss der Wachstumsfugen erstmalig im Erwachsenenalter erkannt, oder ist sie trotz Vorbehandlung nicht ausgereift, spricht man hierbei von einem Residuum (Tschauner, Hofmann 2004).

2.1 Grundlagen

2.1.1 Embryologie und frühe Entwicklung des Hüftgelenks

Die Entwicklung von Gelenken erfolgt über zwei verschiedene Mechanismen: Durch Anlagerung wachsen zwei ursprünglich getrennte Skelettelemente aufeinander zu, durch Abgliederung kommt es zu einer Spaltbildung einer vorher einheitlichen Skelettanlage. Das Hüftgelenk und das Femur bilden sich durch eine Abgliederung aus einer vorher gemeinsamen Anlage (Uhthoff 1990 zitiert nach Schünke et al 2007).

2.1.1.1 Embryonale Phase

In der embryonalen Phase, also innerhalb der ersten beiden Gestationsmonate, erfolgt die Gewebsdifferenzierung der knöchernen Anteile sowie der Weichteile des Hüftgelenks aus einem einzigen Mesoderm (Delaere, Dhem 1999). Die morphologische Entwicklung des Hüftgelenks beginnt mit der vierten Schwangerschaftswoche (SSW). Es kommt zur Ausbildung einer knospenförmigen Extremitätenanlage, die sich am Ende der vierten SSW zu einer Beinknospe ausstülppt. Im proximalen Knospenabschnitt verdichtet sich das Mesenchym zu einem Vorknorpelblastem. In diesem differenzieren sich Mesenchymzellen zu Chondroblasten und beginnen mit der Bildung von hyalinem Knorpel (Anderhuber 2004). Hierbei entsteht eine Gelenkzwischenzone, die aus drei Schichten besteht: zwei chondrogene Schichten (Azetabulum und knorpelige Femuranlage) liegen den Skelettanlagen auf, dazwischen findet sich eine zellarme Intermediärschicht (Uhthoff 1990 zitiert nach Schünke et al 2007, s. Abb. 1), auch als interzonales Bindegewebe bezeichnet (Anderhuber 2004).

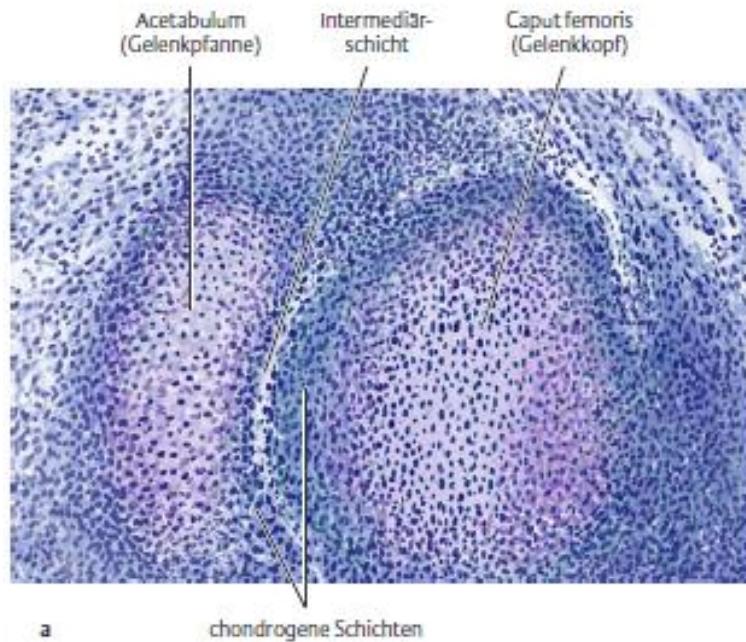


Abbildung 1: Hüftgelenksentwicklung – frühe embryonale Phase (Schünke et al 2007)

Zwischen der sechsten und siebten SSW sind bereits erste hyaline Knorpelanlagen nachweisbar. Das Azetabulum entsteht durch die Fusion der iliakalen, ischialen und pubikalen Knorpelanlagen (Delaere, Dhem 1999). Diese verschmelzen und bilden ein flaches Azetabulum. Einen Gelenkspalt gibt es noch nicht. Zu erkennen ist jedoch bereits das Labrum acetabulare (Anderhuber 2004).

In der siebten SSW kommt es im interzonalen Bindegewebe zu einer Verdichtung, die zur Bildung des Lig. capititis femoris, dem bindegewebigen Inhalt der Fossa acetabuli und der Gelenkkapsel führt (Anderhuber 2004). Durch apoptotische Zelluntergänge bilden sich ein Gelenkspalt und eine Gelenkhöhle (Uhthoff 1990 zitiert nach Schünke et al 2007). Mit Abschluss der achten SSW liegt eine voll entwickelte Hüfte vor (Delaere, Dhem 1999, s. Abb. 2).

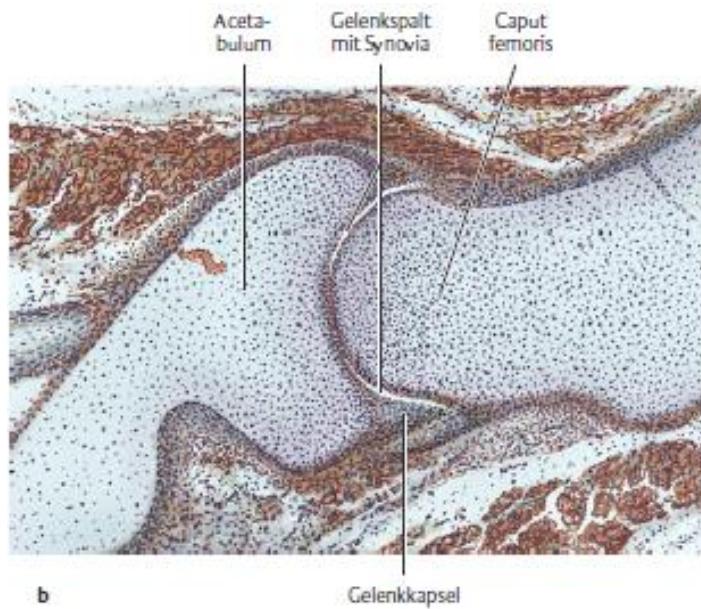


Abbildung 2: Hüftgelenksentwicklung - späte embryonale Phase (Schünke et al 2007)

2.1.1.2 Fetalperiode

Die sich anschließende Fetalperiode wird durch Wachstum definiert. Die Verknöcherung des Azetabulums beginnt bereits zwischen dem dritten und sechsten Fetalmonat, zieht sich aber bis über die Geburt hinaus (Anderhuber 2004, Schünke et al 2007). Der Knochenkern im Os ilium bildet sich in der zehnten SSW, der des Os ischii in der sechzehnten SSW. Der Knochenkern des Os pubis wird als letztes in der zwanzigsten SSW gebildet. Die drei knöchernen Anteile treffen im Azetabulum zusammen und werden über die knorpelige Y-Fuge miteinander verbunden. Die Hütpfanne besteht somit aus einer knöchernen Grundlage und einem knorpeligen Anteil, der in breiter Verbindung mit der Y-Fuge steht. Der azetabuläre Knorpel lagert der knöchernen Pfanne auf und ist somit auch an dem Aufbau des Pfannendachs beteiligt. Hier befindet sich auch die Facies lunata als eigentliche Gelenkfläche, die peripher durch das faserknorpelige Labrum acetabulare und das Lig. transversum acetabuli verstärkt wird (Anderhuber 2004).

Das Os ilium bildet im Azetabulum das Pfannendach. Das Os ischii formt den hinteren Pfannenanteil und die Fossa acetabuli. Das Os pubis stellt den vorderen Pfannenanteil dar. Der Abschluss des Pfannenwachstums erfolgt mit der Synostosierung der Y-Fuge im 14. bis 16. Lebensjahr (Anderhuber 2004).

Gegenüber dem Azetabulum liegt die Ossifikation des Femurs, die bereits in der siebten SSW perichondral beginnt. Die Schaftverknöcherung ist zum Ende der zwölften SSW bereits abgeschlossen. Nun liegen dem verknöcherten Femurschaft die Epiphysenfuge und der Gelenkknorpel auf (s. Abb. 3). Der Femurkopf verknöchert erst nach der Geburt, ein Knochenkern tritt hier erst in der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres auf. In der zehnten SSW kommt es zum Eindringen von Gefäßen über das Lig. capitis femoris in den Femurkopf. Nach der Geburt kommt es hierüber zur Destruktion des Knorpels und zum Aufbau des Knochenkerns. Die Wachstumsfuge am Femur schließt sich zwischen dem sechzehnten und zwanzigsten Lebensjahr (Anderhuber 2004, Schünke et al 2007). Zwar ist die Gelenkform des Hüftgelenks genetisch determiniert, die endgültige Gestalt des Gelenks bildet sich jedoch erst durch funktionelle Beanspruchung (Uhthoff 1990 zitiert nach Schünke et al 2007).

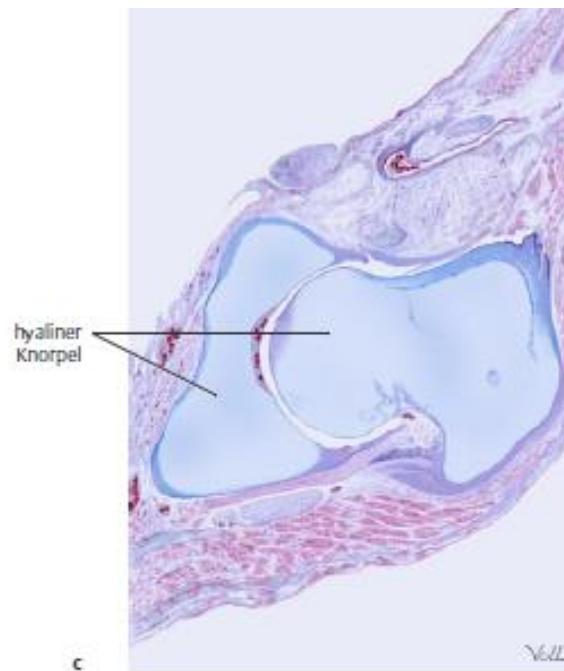


Abbildung 3: Hüftgelenksentwicklung - Fetalperiode (Schünke et al 2007)

2.1.1.3 Frühe postnatale Entwicklung

Bis zum Ende des dritten Lebensmonats differenziert sich die Form des Azetabulums, nach dem dritten Lebensmonat erfährt das Hüftgelenk ein Größenwachstum. Die Formdifferenzierung ist ein endogen gesteuerter Prozess, der, ausgehend von den vorliegenden Knochenkernen, zur weiteren Ossifikation der Pfanne führt. Diese Phase reagiert sehr sensibel auf entwicklungshemmende biomechanische Kräfte. Allein die Verminderung der physiologischen Beugehaltung im Hüftgelenk kann hier zu einer Wachstumsretardierung führen (Matthiessen 2004).

Zu einer proportionalen Größenzunahme von Hüftkopf und Hüftpfanne kommt es in der Reifungsphase nach dem dritten Lebensmonat. Femurkopf und Azetabulum beeinflussen sich hierbei gegenseitig (Matthiessen 2004). Die Reifung und Differenzierung des Hüftgelenks ist ein sensibler Prozess, der, wenn er durch endogene Faktoren oder exogene Fehlbelastungen gestört wird, nur durch biomechanische Wachstumslenkung korrigiert werden kann (Tschauner, Hofmann 1997).

2.1.2 Anatomie des Hüftgelenks

Die Articulatio coxae als Verbindung zwischen Femurkopf und Azetabulum stellt eine Sonderform des Kugelgelenks dar. Die Hüftpfanne schließt mehr als die Hälfte des Hüftkopfes ein und bietet große Kontaktflächen zwischen den beteiligten Elementen. In diesem Fall spricht man von einem Nussgelenk, oder Enarthrosis (Anderhuber 2004; Schünke et al 2007).

2.1.2.1 Hüftpfanne

Das Azetabulum setzt sich aus den drei Anteilen der das Becken bildenden Knochen Os ilium, Os pubis, Os ischii zusammen (Schünke et al 2007). Die überknorpelte Gelenkfläche, Facies lunata, ist im Bereich des Pfannendaches am dicksten. Sie bildet eine mondsichel förmige Begrenzung um die Fossa acetabuli herum. Die Fossa acetabuli ist um drei bis fünf Millimeter gegenüber der Mondsichelfläche vertieft und nicht verknorpelt. Die Auskleidung besteht hier aus dünnem Periost und einem lockeren Fettgewebskörper.

Zwischen dem Ligamentum transversum acetabuli und der Incisura acetabuli öffnet sich die Fossa nach unten (Anderhuber 2004; Schünke et al 2007).

Die Incisura acetabuli liegt an der unteren Vorderseite des Azetabulums und wird dadurch gebildet, dass die Enden der Mondsichelfläche sich nicht berühren, sondern in einem vorderen schmalen, spitzen Schambeinhorn und einem hinteren breiten, abgerundeten Sitzbeinhorn enden. Die dadurch entstehende Einkerbung wird von einem Pfannenquerband, dem Ligamentum transversum acetabuli überdacht. Die inneren Fasern dieses Bandes verbinden die beiden Enden der Facies lunata (Anderhuber 2004).

Am knöchernen Rand des Azetabulums, dem Limbus acetabuli, entspringt das faserknorpelige Labrum acetabulare zur Vergrößerung der überknorpelten Gelenkfläche. Außerhalb des Labrums setzt mit knöchernem Ansatz die Gelenkkapsel an (Anderhuber 2004). Zwischen Gelenkkapsel und Labrum entsteht dadurch ein Spaltraum, der als Recessus supraarticularis und perilimbicus bezeichnet wird (Anderhuber 2004).

2.1.2.2 Hüftkopf

Da die Kontaktflächen zwischen Femurkopf und Azetabulum sehr groß sind (14 bis 16cm²), ist auch der Hüftkopf mit einem großen Knorpelanteil überzogen. Dieser ist zentral am dicksten, dünt sich zum Rand hin aus und ist gegen den Femurhals unregelmäßig begrenzt. Im dorsalen medialen Quadranten findet sich die Fovea capitis femoris. Diese Grube ist knorpelfrei. Hier inseriert das etwas 3,5cm lange Ligamentum capitis femoris, das von der Fossa acetabuli zum Hüftkopf zieht (Anderhuber 2004).

2.1.2.3 Ausrichtung des Gelenks

Die Hüftgelenkpfanne zeigt nach lateral, ventral und kaudal. Die Pfanneneingangsebene gemessen mit der Horizontalebene nach Ullmann und Sharp beträgt beim Erwachsenen circa 40° (Schünke et al 2007). Dieses Winkelmaß gibt eine gute Überdachung des Femurkopfes an. Der Oberrand des Azetabulums überragt den Femurkopf deutlich.

Der sagittale Öffnungswinkel nach Chassard und Lapine gibt die Neigung des Azetabulums nach ventral-kaudal an. Bei Erwachsenen liegt dieser Winkelwert bei circa 17° (Schünke et al 2007).

Der Kopf des Femurs ist aus der Schaftsachse nach medial und ventral verlagert (Anderhuber 2004). Die mediale Verlagerung ist bedingt durch einen Kollodiaphysenwinkel von circa 126°, der sich als Winkel zwischen der Längsachse des Femurs und der Femurhalsachse vermessen lässt (Schünke et al 2007). Durch die Antetorsion des Caput femoris gegenüber dem Femurschaft um ca. 12° wird dieser nach ventral verlagert (Anderhuber 2004).

2.1.2.4 Gelenkkapsel

Membrana fibrosa. Die sehr kräftige Kapsel des Hüftgelenks entspringt am knöchernen Rand des Azetabulums und am Außenrand des Lig. transversum acetabuli. Die Insertionsstelle am Oberschenkelknochen ist ventral die Linea intertrochanterica, dorsal liegt sie proximal der Linea intertrochanterica (Anderhuber 2004).

Drei Bänder verstärken die Gelenkkapsel: Das Lig. iliofemorale Bertini, Lig. pubofemorale sowie das Lig. ischiofemorale. Zirkuläre Fasern aller drei Bänder umschrauben den Femurhals als Zona orbicularis. Das stärkste Band ist das Lig. iliofemorale, das von der Spina iliaca anterior inferior mit einer Pars transversa zum proximalen Ende der Linea intertrochanterica und mit einer Pars descendens zum distalen Ende der Linea intertrochanterica zieht. Das Lig. pubofemorale zieht vom oberen Schambeinast, der Crista und der Membrana obturatoria mit dem Längszug des Lig. iliofemorale zur Linea intertrochanterica. Es ist das schwächste der drei Bänder. Das dorsal liegende Lig. ischiofemorale entspringt vom Hinterrand des Azetabulums, zieht um den Femurhals auf die Vorderseite und setzt gemeinsam mit der Pars transversa des Lig. iliofemorale an der Linea intertrochanterica an (Anderhuber 2004).

In Flexionsstellung des Hüftgelenks sind diese Bänder entspannt und ermöglichen einen großen Bewegungsumfang. In Streckstellung verschrauben sie sich gegeneinander, sodass sie eine Hemmfunktion ausüben (Schünke et al 2007): Die Überstreckung des Gelenks wird von allen drei Bändern gehemmt. Das Lig. iliofemorale hemmt zudem zu große Abduktion, Adduktion sowie Innenrotation und Außenrotation. Das Lig. pubofemorale hemmt Abduktion und Außenrotation, das Lig. ischiofemorale die Innenrotation und anteilig auch die Abduktion (Anderhuber 2004).

Membrana synovialis. Die Membrana synovialis besteht aus zwei voneinander getrennten Kapselschläuchen. Ein innerer Trichter enthält das Lig. capitis femoris und schließt die Gelenkhöhle gegen die Fossa und Incisura acetabuli ab (Anderhuber 2004). Eine äußere Membran begrenzt das Gelenk nach außen. Sie setzt jeweils an der Basis des Labrum acetabulare und am Außenrand des Pfannenquerbandes an. Die äußere Synovialmembran liegt der Membrana fibrosa von innen an und zieht mit ihr bis zum Ansatz am Femurhals, wo sie umschlägt und bis zur Knorpelknochengrenze des Femurkopfes zieht (Anderhuber 2004; Schünke et al 2007).

2.1.2.5 Gefäßversorgung

Insgesamt stellt die Gefäßversorgung des Hüftgelenks eine Verbindung zwischen der A. femoralis und der A. iliaca interna dar (Anderhuber 2004). Der Femurkopf wird von aufsteigenden Ästen der Aa. circumflexae lateralis et medialis versorgt. Subsynovial steigen sie am Femurhals auf und dringen an der Knorpelknochengrenze in den Knochen ein (Anderhuber 2004; Schünke et al 2007).

Die Hüftpfanne erhält ihre Blutversorgung aus der A. obturatoria, Aa. gluteae superior et inferior und der A. pudenda interna. Alle vier Arterien entspringen der A. iliaca interna. Über Kapseläste anastomosieren die den Femurkopf und das Azetabulum versorgenden Äste. Die A. obturatoria gibt außerdem Rr. acetabulares ab in die Fossa acetabuli, zur Versorgung des knöchernen Pfannenrandes sowie zum Lig. capitis femoris. Der vordere Teil des Azetabulums und die Fossa acetabuli werden damit von der A. obturatoria, das Pfannendach von der A. glutea superior und der dorsale Teil des Azetabulums von der A. glutea inferior sowie der A. pudenda interna versorgt (Katthagen et al 1995, Anderhuber 2004).

2.1.2.6 Innervation

Die Hüftgelenkskapsel wird von denjenigen Nerven sensibel innerviert, die auch die zu dem Gelenk gehörigen Muskeln innervieren: N. femoralis, N. obturatorius, N. ischiadicus, N. gluteus superior (Anderhuber 2004). Jeweils in Zweiergruppen teilen sich die beteiligten Nerven die Innervation der ventralen und dorsalen Hüftgelenkskapsel. Der ventrale Bereich erhält tiefe Fasern aus dem N. femoralis und dem N. obturatorius.

Hierbei innerviert der N. obturatorius anteromedial, der N. femoralis anterolateral die Kapsel des Hüftgelenks. Im dorsalen Bereich teilen sich der N. gluteus superior und der N. ischiadicus die Innervation: der N. gluteus superior versorgt den posterolateralen, der N. ischiadicus den posteromedialen Bezirk (Birnbaum et al 1997, Anderhuber 2004).

2.1.3 Biomechanik des Hüftgelenks

Pauwels stellte bereits 1973 ein Rechenmodell auf, indem er die Belastung des Hüftgelenks im einbeinigen Stand in der Frontalebene berechnete (s. Abb. 4). Im Einbeinstand wirkt etwas außerhalb der Körpermitte das Gewicht G von Oberkörper und Spielbein, etwa 5/6 des gesamten Körpergewichts. Im Gegensatz dazu steht die Kraft A, die durch die Abduktoren aufgebracht wird, die das Hüftgelenk überspannen, und schräg einwirkt. Sie wirkt zwischen dem Ansatzpunkt der Abduktoren am Trochanter major und dem Mittelpunkt U ihrer Ursprungsfläche am Becken. Der zu Kraft A gehörige Hebelarm la steht dabei senkrecht auf A. Die Kraft A berechnet sich aus dem Verhältnis der Hebelarme von Kraft G und Kraft A zueinander multipliziert mit der Kraft G. Das Verhältnis der Hebelarme Ig:la beträgt schätzungsweise 2,5:1, sodass sich für Kraft A = 2,5 x G ergibt. Oder, da Kraft G circa 5/6 des gesamten Körpergewichts beträgt A = 2,1 x Körpergewicht (Bergmann 2004).

Die Muskelkraft der Abduktoren im Einbeinstand mit Drehlager im Hüftgelenk beträgt also das Zweifache des Körpergewichts. Dies begründet sich daraus, dass Kraft A den kürzeren Hebelarm hat. Sie muss also größer sein als Kraft G, um, verglichen mit einer Waage und dem Hüftgelenk als deren Drehlager, die Waage im Gleichgewicht zu halten. Beide Kräfte zusammen werden im Hüftgelenk durch die Kontaktkraft F abgestützt, die zwischen Pfanne und Femurkopf wirkt. Diese beträgt im Einbeinstand das Dreifache des Körpergewichts.

Die Größe der Kontaktkraft F sowie die Richtung, in die sie wirkt, beeinflussen die mechanische Beanspruchung des Hüftgelenks. Auf den Gelenkknorpel, den Hüftkopf, den Schenkelhals sowie die direkte Umgebung des Azetabulums ist F der alleinige biomechanische Einfluss. Der im Hüftgelenk entstehende Druck ist ausschließlich von der Kontaktkraft abhängig (Bergmann 2004).

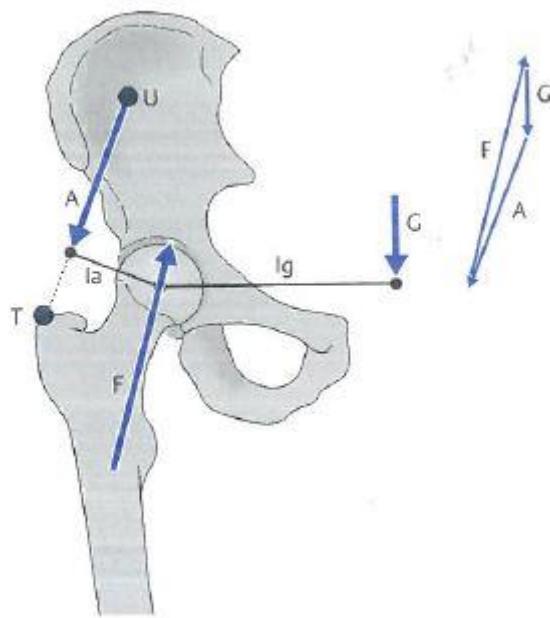


Abbildung 4: Biomechanik der Hüfte im Einbeinstand (Bergmann 2004)

Die biomechanische Wirkungsweise der Kraft F ist abhängig von der Ausrichtung der Tragfläche im Azetabulum. Bei einer horizontal symmetrischen Ausrichtung der Tragfläche wirkt eine orthograde Druckkraft auf das Azetabulum (Tschauner, Hofmann 2004). Die Facies lunata ermöglicht eine gleichmäßige Kraftverteilung innerhalb der Tragfläche (Maquet 1999; Tschauner, Hofmann 2004).

2.1.4 Residuelle Hüftdysplasie im Erwachsenenalter

Die residuelle Hüftdysplasie beruht auf einer Reifungsstörung des Hüftgelenks, die trotz adäquater Behandlung nicht ausgeheilt ist, oder erst im Erwachsenenalter erkannt wurde. Das Resultat ist ein biomechanischer Fehlbau im Gelenk mit einer räumlich fehlorientierten, den Hüftkopf unvollständig überdachenden Pfanne (Tschauner, Hofmann 2004). Diese fehlerhafte Entwicklung wird als präarthrotische Deformität gewertet und ist eine der häufigsten Ursachen der sekundären Koxarthrose bei jungen, insbesondere weiblichen Erwachsenen (Matthiessen 2004; Tschauner, Hofmann 2004; Büchler et al 2012).

Die dysplastische Hüftpfanne beruht auf einer Verknöcherungsstörung im Erkerbereich. Die Tragfläche und somit auch die Facies lunata sind hierbei nicht mehr symmetrisch horizontal über dem Hüftkopf, sondern häufiger nach ventrokranial lateral, seltener auch nach dorsokranial lateral ausgerichtet.

Die gleichmäßige Kraftübertragung über die Facies lunata ist nun gestört. Der latent instabile Hüftkopf wird entlang der geneigten Tragfläche zum Erkerbereich gedrängt. Hier kommt es zu einer Stresskonzentration im Erker und am Ursprung des Labrum acetabulare. Der Kapsel-Labrum-Komplex dient hierbei sozusagen als ‚Leitplanke‘ für den Hüftkopf, die diesen in der Pfanne hält (Tschauner et al 1997; Tschauner, Hofmann 2004). Zur Verbesserung der Gelenkstabilität reagiert das Labrum acetabulare zunächst mit einer Hypertrophie. Auf Grund der chronischen Überbelastung kommt es zu einer zunehmenden Degeneration, Formverlust und schließlich zur Ruptur (Leunig et al 2004; Büchler et al 2012).

Biomechanik im dysplastischen Hüftgelenk. Bei einer nach kranialateral gerichteten Tragfläche trifft die Vertikalkomponente P (Kontaktkraft F) exzentrisch auf die Tragfläche auf. Hierbei wird die ehemals reine Druckkomponente in eine orthograd wirkende Normalkomponente (Druck) und eine parallel wirkende Tangentialkomponente (Scherung) zerlegt. Die Scherkraft trachtet den Kopf entlang der fehlorientierten Tragfläche zu verschieben. Je steiler die Tragfläche hierbei ist, desto größer ist die Tangentialkomponente (Tschauner et al 1997; Tschauner, Hofmann 2004).

Auch bei einem makromorphologisch noch unauffälligen Hüftgelenk tritt bei jedem Schritt durch elastische Federung der Gelenkkapsel eine scherende Mikrobewegung des Hüftkopfes auf. Hierbei kommt es zu Stresszunahme am Pfannenerker, da das Labrum acetabulare zunehmend auf Zug und Scherung beansprucht wird (Tschauner et al 1997). Kann der Kapsel-Labrum-Komplex dieser Stressbeanspruchung irgendwann nicht mehr standhalten, ist die Tangentialkomponente die Kraft, die zur Subluxation des Hüftkopfes führt. Nach Versagen der Weichteilkompensation sind chondrolabrale Rissbildungen des Labrum acetabulare bis hin zu Korbhenkelrupturen möglich (Büchler et al 2012).

Klinik. Die residuelle Hüftdysplasie verläuft oft lange Zeit stumm und macht sich anfänglich nur mit geringen Beschwerden bemerkbar. Dies sind meist belastungsabhängige Leistungsschmerzen, oder Schmerzen am Trochanter major, an welchem der Muskelkraft-Hebelarm ansetzt. Bei Dekompensation des Labrum acetabulare treten stechende Leistungsschmerzen und plötzliche Gelenkblockaden auf.

Auch das ‚Giving way‘, ein unerwartetes Einknicken im Hüftgelenk, ist ein Zeichen einer Labrumläsion, die mit Instabilität im Hüftgelenk einhergeht (Tschauner, Hofmann 2004).

Diagnostik. Zur Diagnostik einer Hüftdysplasie dienen Labrumprovokationstests (Impingementtest, Apprehensionstest), die zwar sehr sensibel, aber wenig spezifisch sind (Leunig et al 2004; Tschauner, Hofmann 2004). Zur biomechanischen Gesamtbeurteilung dient eine Röntgendiagnostik mit einer a.-p. Beckenübersichtsaufnahme und Projektion der Hüfte im Faux-Profil, um die Überdachung des Hüftkopfes und Neigung der Tragfläche beurteilen zu können (Büchler et al 2012). Die intraartikulären Folgeschäden einschließlich Größe, Form, degenerative Veränderungen und Rissbildungen des Labrums, perilabrale Zysten und azetabuläre Knorpelschäden werden mittels Kernspintomographie dargestellt.

2.2 Operative Behandlung der Hüftdysplasie

Zur Therapie der residuellen Hüftdysplasie wurde eine Vielfalt an Techniken entwickelt, die an der eigentlichen Problematik dieser Erkrankung, der Ausrichtung des dysplastischen Azetabulums, angreifen.

2.2.1 Augmentationstechniken

Augmentationstechniken, die die Hauptbelastungszone des Hüftgelenks vergrößern, wurden entwickelt, um die auf ein dysplastisches Hüftgelenk wirkenden Druck- und Scherkräfte zu reduzieren. Blavier und Blavier entwickelten 1962 die Idee der sphärischen Pfannenummeißelung, welche später durch Wagner 1973 aufgegriffen und modifiziert wurde. Bei der ‚sphärischen Pfannenosteotomie‘ wird die Hüftgelenkspfanne kugelförmig mit einem Löffelmeißel ausgeschnitten und anschließend über den Hüftkopf geschwenkt (Wagner 1973; Tönnis 1984).

Die 1955 erstmalig beschriebene Chiari-Osteotomie ist eine Technik, bei der nicht knorpelig bedeckte Beckenanteile über den Hüftkopf mobilisiert werden. Das Os ilium wird am Kapselrand durchtrennt und die distal der Osteotomie liegende Beckenhälfte nach medial-kranial gedrückt. Das kranial der Osteotomie liegende Os ilium wird nach lateral-kaudal über den Hüftkopf gezogen (Tönnis 1984; Gangloff, Onimus 1994).

Während die auf das Hüftgelenk einwirkenden Kräfte durch die Augmentation zwar besser verteilt und dadurch reduziert werden, verbleibt das chronisch überbeanspruchte Labrum acetabulare weiterhin in der Hauptbelastungszone des Gelenks (Leunig et al 2004).

2.2.2 Reorientierungstechniken

Das Auftreten arthrotischer Vorstufen und die damit letztlich verbundene Ausbildung einer Sekundärarthrose auf Grund einer residuellen Hüftdysplasie könnte letztlich nur durch eine exakte anatomische Wiederherstellung des Hüftgelenks verhindert werden. Eine nahezu anatomische Rekonstruktion ist durch die Wiederherstellung einer physiologischen Überdachung des Hüftkopfes durch eine Reorientierung der dysplastischen Hüftgelenkpfanne möglich. Die verschiedenen Techniken zur Reorientierung des Azetabulums werden anhand der Anzahl und dem Ort der durchgeführten Osteotomien voneinander unterschieden:

2.2.2.1 Einfachosteotomien

Zur Durchführung einer Einfachosteotomie wird nur das Os ilium durchtrennt. Salter führte 1961 die nach ihm benannte Einfachosteotomie des Beckens ein. Die Durchtrennung des Darmbeins erfolgt bei dieser Technik von ventral etwas oberhalb der Spina iliaca anterior inferior und zieht sich durch bis zum Foramen ischiadicum. Der von dem Osteotomiespalt distal liegende Beckenanteil (Os pubis, Os Ischium, Hüftgelenk) wird dann nach ventrolateral gezogen. Der Drehpunkt dieser Mobilisation ist dabei die Symphyse. Durch Einfügen eines Knochenkeils in den Osteotomiespalt wird die Position der reorientierten Beckenhälften gewährleistet (Salter 1961; Tönnis 1984).

2.2.2.2 Zweifachosteotomien

Hopf beschrieb 1966 eine Zweifachosteotomie, bei der Os pubis und Os ischium gemeinsam medial der Pfanne osteotomiert werden. Die Osteotomie des Os ilium wird, wie von Salter beschrieben, durchgeführt.

Die Zweifachosteotomie nach Hopf kann in eine Dreifachosteotomie erweitert werden, indem Os pubis und Os ischium kurz vor ihrer symphysennahen Vereinigung durchtrennt werden (Hopf 1966; Tönnis 1984).

Die 1975 von Eppright eingeführte ‚Dial osteotomy‘ ähnelt im Wesentlichen der von Hopf. Eppright wollte durch sehr nahe am Azetabulum liegende Osteotomien (1cm Abstand zur Gelenkfläche) einen möglichst großen Mobilitätsumfang des Pfannenfragments gewährleisten (Eppright 1975; Tönnis 1984).

1977 veröffentlichten Sutherland und Greenfield ihre Zweifach-Osteotomietechnik. Sie ähnelt stark der Technik von Le Coeur, jedoch werden Os pubis und Os ischium nach ihrer Vereinigung symphysennah durch eine einzige Osteotomie durchtrennt (Sutherland, Greenfield 1977; Tönnis 1984).

2.2.2.3 Dreifachosteotomien

Von den wesentlich mehr Korrekturpotential bietenden Dreifachosteotomien beschrieb Le Coeur 1965 die erste Technik. Er osteotomierte das Os pubis und Os ischium dicht vor ihrer Vereinigung an der Symphyse. Über eine quere Beckenosteotomie oberhalb des Pfannendachs durchtrennte er das Os ilium, sodass das Pfannenfragment mobilisiert und in gewünschter Orientierung positioniert werden konnte (Le Coeur 1965; Tönnis 1984).

Steel führte 1973 eine abgewandelte Technik der Dreifachosteotomie nach Hopf ein. Während die Osteotomien von Os pubis und Os ilium dem Eingriff von Hopf identisch waren, nutzte Steel zur Ischium-Osteotomie einen vereinfachten Zugang. Bei Lagerung des Patienten in Rückenlage mit 90° Beugung im betroffenen Hüftgelenk arbeitete Steel sich von kaudal an das Os ischium heran (Steel 1973; Tönnis 1984).

Tönnis et al beschrieben erstmalig 1976 ihre Form der Dreifachosteotomie, die seither modifiziert und verbessert wurde. In Seitenlage wird zunächst die Durchtrennung des Sitzbeins durchgeführt. Die Osteotomielinie verläuft vom Foramen ischiadicum zum Foramen obturatum. In Rückenlage wird anschließend das Os pubis gelenknah bis in das Foramen obturatum durchtrennt. Die mindestens 3cm vom Pfannendach entfernte Darmbeinosteotomie beginnt oberhalb der Mitte der Incisura ischiadica in Richtung eines Punktes der Crista iliaca, der 5cm dorsal der Spina iliaca anterior superior liegt.

3-4cm bevor die Osteotomie diesen Punkt erreicht, wird sie um 90° nach ventral geschwenkt und endet oberhalb der Spina iliaca anterior inferior (Tönnis et al 1981; Tönnis 1984; Kalchschmidt, Tönnis 2004).

2.2.3.4 Periazetabuläre Osteotomie nach Ganz

Die oben beschriebenen Methoden zur Behandlung der Hüftdysplasie weisen technische Einschränkungen auf. Die Augmentationstechniken von Wagner und Epprights ‚Dial osteotomy‘ können eine gute laterale und ventrale Überdachung wiederherstellen, ermöglichen aber keine ausreichende Korrektur der Version des Azetabulums (Ganz et al 1988). Trotz der Osteotomien bleibt die Tränenfigur in ihrer ursprünglichen Position. Dies liegt daran, dass der Abstand zur Gelenkfläche nur sehr gering ist. Ganz et al bewerten dies als Gefahr dafür, dass das azetabuläre Fragment von seiner Durchblutung abgeschnitten wird. Die Blutversorgung wäre dann nur noch über die Gelenkkapsel sichergestellt.

Die Indikation für eine ‚Innominate Osteotomy‘ nach Salter wird vor allem im jungen Kindesalter gestellt, wenn die Symphyse noch flexibel genug ist um als Drehmoment zu fungieren. Bei älteren Kindern und Erwachsenen wurden durch die Salter Osteotomie häufig keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt, sodass in diesen Fällen alternative Techniken empfohlen werden (Ganz et al 1988).

Die Dreifachosteotomien in der Technik nach LeCoeur und Sutherland und Greenfield führen zu einem großen azetabulären Fragment. Insbesondere durch die ausgedehnten muskulären und straffen ligamentären Verbindungen des Knochenstücks sind die Korrekturmöglichkeiten limitiert (Ganz et al 1988).

Die Dreifachosteotomie nach Tönnis und Kalchschmid (Tönnis 1981 et al, Ganz et al 1988) ermöglicht ausgedehnte Korrekturen auch bei hochgradigen Deformitäten. Nachteilig sind die vollständige Durchtrennung des vorderen und hinteren Pfeiles und damit die vollständige Dissoziation des medialen Pubis, Symphyse und Os ischium vom kranialen Becken. Es resultiert die Notwendigkeit einer stabilen Osteosynthese, um das größere Risiko einer Pseudarthrose zu reduzieren. Nachteilig ist die Empfehlung, für die ersten 6 Wochen postoperativ Druck auf den Sitzbeinhöcker beim Sitzen zu vermeiden (Tönnis et al 1981). Anlass für eine Suche nach einer alternativen Osteotomie war zudem die Verwendung von drei Operationszugängen und erforderlichen Umlagerung von der Seit- in die Rückenlage.

Ganz und Mitarbeiter stellten im Jahr 1984 ihre Osteotomie erstmals vor. Die in Bern entwickelte, auch als Periazetabuläre Osteotomie (PAO) oder Berner Osteotomie bezeichnete Osteotomie sollte über einen einzigen Operationszugang ein großes Korrekturpotential in alle Richtungen bieten und dabei dennoch die Blutversorgung des Azetabulums erhalten.

Durch Erhalt des hinteren Beckenpfeilers sollten zudem die sofortige Sitzposition und eine schnelle postoperative Mobilität an Krücken bei nur geringer interner Fixation notwendig sein (Ganz et al 1988).

Die PAO nach Ganz wird durch einen modifizierten Smith-Petersen Zugang in Rückenlage durchgeführt. Dieser zieht auf dem Beckenkamm bis zur Spina iliaca anterior superior und schwingt unterhalb dieser in einem Bogen lateral auf den proximalen Oberschenkel (Weber, Ganz 2002a, 2002b). Nach Osteotomie der Spina iliaca anterior superior und Ablösung der Rektussehne wird die laterale, ischiale Begrenzung des Foramen obturatum über einen Weichteltunnel ventromedial der Hüftgelenkgelenkkapsel palpiert und stumpf aufgeweitet. Die Hüfte wird dazu und für alle weiteren Schritte etwa 45° gebeugt, um die ventrale Muskulatur zu entspannen und den N. femoralis vor übermäßigem Hakendruck zu schützen. Das Sitzbein wird azetabulumnah mit einem abgewinkelten Meißel blind oder unter fluoroskopischer Kontrolle eingeschlagen. Der Meißel wird in Richtung Spina ischiadica vorgetrieben, die Osteotomie endet im Abstand von ca. 3-4 cm lateral der Spina zum Erhalt des hinteren Pfeilers und Schutz des N. ischiadus (Weber, Ganz 2002a).

In einem zweiten Schritt erfolgt die Durchtrennung des Os pubis. Das Pubis wird dazu subperiostal von der Tabula interna her exponiert und mit 2 Chiari-Hebeln umfahren. Die Osteotomielinie verläuft ca. 3-4 cm medial der Eminentia iliopubica und wird quer zur Längsachse des Os pubis ausgerichtet (Weber, Ganz 2002a).

Als letztes folgt die supra- und retroazetabulär liegende Osteotomie. Der supraazetabuläre Schnitt erfolgt mit einer oszillierenden Säge, vom Unterrand der vorher abgetrennten Spina iliaca anterior superior senkrecht nach dorsal bis 1,5cm an die Linea terminalis heran. In einem Winkel von 110° - 120° wird der abgewinkelte Meißel vom oberen Scheitelpunkt nach distal in Richtung kaudaler Scheitelpunkt (Endpunkt der Ischiumostetomie) ca. 2-3 cm lateral der Spina ischiadica mittig zwischen Foramen ischiadicum majus und Fossa acetabuli vorgetrieben. Auch dieser Schritt sollte fluoroskopisch kontrolliert werden. Zum Foramen ischiadicum majus wird eine Knochenbrücke von mindestens 1 cm stehen gelassen. Mit dem abgewinkelten Meißel wird die restliche Distanz bis zum kaudalen Scheitelpunkt durch Hebelung kontrolliert frakturiert und somit die Osteotomie komplettiert (Weber, Ganz 2002a).

Nach Mobilisation des Fragments wird das azetabuläre Fragment über ein bis zwei Schanzschrauben, die über die Spina iliaca anterior superior/ inferior bzw. die Tabula interna in das azetabuläre Fragment eingebracht werden, entsprechend der dysplastischen Fehlstellung des Azetabulums reorientiert. Die röntgenologische Korrektur erfolgt fluoroskopisch oder über Röntgenaufnahmen. Zur Fixierung werden vom Beckenkamm aus zwei Kortikalisschrauben in das Pfannenfragment eingebracht. Eine weitere Kortikalisschraube wird über die Spina iliaca anterior inferior in Richtung Iliosakralgelenk in das Os ilium gelegt. Überstehende Knochenteile des reorientierten Azetabulums werden in die Osteotomielücke eingebracht (Weber, Ganz 2002).

2.3 Fragestellung

Die periazetabuläre Osteotomie nach Ganz (PAO) ist eine international etablierte Methode zur Wiederherstellung verbesserter anatomischer Verhältnisse und physiologischer Biomechanik im dysplastischen Hüftgelenk (Pogliacomi et al 2005; Steppacher et al 2008; Troelsen et al 2009). Die langfristigen Ergebnisse des Operationsverfahrens sind gut, so zeigte Siebenrock (Siebenrock et al 1999) Überlebensraten von 73 % durchschnittlich 10 Jahre postoperativ und Steppacher (Steppacher et al 2008) von 60 % nach durchschnittlich 20 Jahren postoperativ.

Vorteile der PAO über eine einzige Inzision sind die stabile Rückenlage ohne Notwendigkeit, den Patienten umzulagern, der Erhalt des hinteren Pfeilers mit der Möglichkeit, direkt nach der Operation zu sitzen, und die große Kontaktfläche zwischen dem azetabulären Fragment und der Osteotomiefläche von Ilium und Ischium mit einer schnellen knöchernen Konsolidierung (Weber, Ganz 2002a). Die PAO ist aber ein technisch anspruchsvolles Operationsverfahren. Die Osteotomiefläche des Os ischii ist nicht einsehbar. Die Osteotomie wird von Ganz blind, von anderen Operateuren alleine unter fluoroskopischer Kontrolle durchgeführt.

Die retroazetabuläre Osteotomie zur Verbindung der Osteotomie des Os ilii und Os ischii birgt das Risiko einer inkompletten Durchtrennung kaudal an der Verbindung zum Endpunkt der partiellen Osteotomie des Os ischii, was die Fragmentmobilisierung und anschließende Reorientierung erheblich erschweren kann.

Die Literaturanalyse zeigt als mögliche Komplikationen aufgrund der eingeschränkten Sicht auf die Ischiumosteotomie Verletzungen des N. ischiadicus, die Gefahr eines Einbruchs der Osteotomie ins Hüftgelenk sowie die vollständige Durchtrennung des hinteren Azetabulumpfeilers (Weber, Ganz 2012a; Zaltz et al 2014). Als Folge einer unvollständigen Osteotomie am Übergang zwischen der vertikalen retroazetabulären Osteotomie und der inkompletten Ischiumosteotomie kann eine voreilige Mobilisierung des azetabulären Fragments zu einer Frakturierung ins Hüftgelenk oder vollständigem Bruch des hinteren Pfeilers führen (Renner et al 2014).

Mit dem Ziel, die Sicht auf die Osteotomie des Os ischii zu verbessern und den kaudalen Anteil der retroazetabulären Osteotomie ebenfalls unter Sicht von dorsal durchzuführen, wurde in der Universitätsklinik für Orthopädie in Homburg/Saar mit der Erfahrung aus der Dreifachosteotomie nach Tönnis die periazetabuläre Osteotomie nach Ganz modifiziert. Die partielle Osteotomie des Os ischii und der kaudale Anteil der retroazetabulären Osteotomie erfolgen in überdrehter Seitenlage unter Sicht. Os pubis, Os ilium und der kraniale Anteil der retroazetabulären Osteotomie werden in Rückenlage über einen ilioinguinalen Hautschnitt in der Originaltechnik nach Osteotomie der Spina iliaca anterior superior ausgeführt, jedoch ohne Exposition der Spina iliaca anterior inferior und ohne Tenotomie der Rektussehne.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erstbeschreibung der modifizierten Doppelinzisionstechnik der periazetabulären Osteotomie sowie die Nachuntersuchung der so operierten Patienten. Das Operationsverfahren wird dazu im Detail beschrieben und Unterschiede zur klassischen PAO herausgearbeitet. Die ersten 37 der in dieser Technik durchgeführten Operationen wurden mit einem Zeitraum von mindestens einem Jahr nach der Operation untersucht.

3. Material und Methode

3.1. Patienten

In die Studie zur Nachuntersuchung der Periazetabulären Osteotomie (PAO) mittels Doppelinzisionstechnik wurden alle Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2012 von der Orthopädischen Chirurgie München (OCM) in der Sana Klinik Sendling (SKS) mit einer PAO versorgt wurden. Aus den Klinikunterlagen ergab sich hieraus ein Kollektiv von 33 Patienten. Der Anteil der weiblichen Patienten lag mit einer Anzahl von 30 bei 90,9%. 4 Patientinnen erhielten eine beidseitige Operation, sodass insgesamt 37 Hüften in die Studie eingeschlossen wurden (19 links, 18 rechts). Die Patientinnen, die eine beidseitige Operation erhielten, werden daher jeweils zweimal aufgeführt.

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation lag bei 29,2 Jahren mit einem Minimum von 16 Jahren und einem Maximum von 45 Jahren.

3.2. Datenerhebung

Die Erhebung der einzelnen Patientendaten erfolgte aus verschiedenen Quellen. Die für die Studie notwendigen Daten lieferten die Arztbriefe der Orthopädischen Chirurgie München, die Operationsberichte der PAOs, die für den Patienten angelegten Akten zum stationären Aufenthalt, Röntgenbilder der Hüftgelenke sowie ein für die Studie erstellter Patientenfragebogen.

3.2.1. Arztbriefe der Orthopädischen Chirurgie München

Alle Patienten, welche in der SKS eine PAO erhielten, wurden prä- und postoperativ ambulant in der OCM betreut. Zu jeder Vorstellung erfolgte eine detaillierte Dokumentation der Patientenanamnese, Befragung des Beschwerdebildes und klinische und radiologische Untersuchung. Alle Unterlagen lagen digital vor.

Bei der Analyse der Arztbriefe wurden folgende Punkte im Rahmen der Datenerhebung besonders berücksichtigt: Hauptdiagnose (Azetabuläre Restdysplasie) und Nebendiagnosen der Hüftpathologien, bereits vor der PAO durchgeführte operative Hüfteingriffe und die körperliche Untersuchung.

Hauptdiagnose und Nebendiagnosen. Hauptdiagnosen und Nebendiagnosen wurden aufgeführt. Eine wichtige Nebendiagnose war hierbei das Femoroazetabuläre Impingement. Das Femoroazetabuläre Impingement (FAI) lässt sich in zwei Subtypen und die Kombination der beiden Subtypen unterteilen (Ganz et al 2003). Beim Pincer-FAI liegt die Ursache des mechanischen Konflikts auf der azetabulären Seite, was bei Vorliegen einer klinisch relevanten azetabulären Dysplasie nur im Sinne einer azetabulären Retroversion Bedeutung haben kann (Dienst 2014).

Bedeutsam ist das Vorliegen eines gleichzeitigen Cam-FAI. Das Cam-FAI wird auch als Nockenwellen-Impingement bezeichnet und umfasst unterschiedliche Formstörungen und Fehlstellungen des Hüftkopf-Schenkelhals-Übergangs, die insbesondere bei tiefen Beuge- und Einwärtsdrehbewegungen zu einer Schädigung des vorderen-seitlichen Pfannenrandknorpels führen können (Ganz et al 2003; Fraitzl et al 2010; Larson et al 2005). Während der mechanische Konflikt bei gleichzeitigem Vorliegen einer azetabulären Restdysplasie in leichteren Formen des Cam-FAI möglicherweise nicht eintritt, führt die Normalisierung der Pfannenposition zu einer früheren Belastung des Pfannenrandknorpels durch den femoralen Kopf-Hals-Übergang.

Ambulanzbriefe und Röntgenbilder (s.u.) wurden auf das gleichzeitige Vorliegen eines Cam-FAI durchgesehen. Besonderes Augenmerk lag dabei auf Hinweisen, ob und wann das Cam-FAI vor, während oder nach der PAO operativ behandelt wurde.

Vorherige operative Hüfteingriffe. Alle vor Durchführung der PAO am Hüftgelenk durchgeführten operativen Eingriffe wurden dokumentiert.

Körperliche Untersuchung. Bei jeder Patientenvorstellung erfolgte eine standardisierte körperliche Untersuchung der Patienten. Dokumentiert wurde das Gangbild, ein neurologischer Status der unteren Extremität, Wund- und Weichteilverhältnisse, Bewegungsumfang und der Apprehension- und Impingement-Test.

Der Bewegungsumfang wurde zu den Zeitpunkten präoperativ, zum Zeitpunkt der Entlassung, sechs Wochen postoperativ, drei Monate postoperativ, und bei der letzten körperlichen Untersuchung festgestellt. Um eine Aussage treffen zu können, ob die Mittelwerte der Bewegungsgrade sich zwischen den einzelnen Messzeitpunkten statistisch signifikant unterscheiden, wurde eine „Varianzanalyse für mehrere Messungen“ vorgenommen. Um Messungen verschiedener Zeitpunkte in einer Varianzanalyse untereinander vergleichen zu können, ist erforderlich, dass für jeden Zeitpunkt ein Messwert vorliegt. Messungen, bei denen ein Zeitpunkt nicht erhoben wurde, werden nicht in die Analyse mit einbezogen (Bender et al 2007). Die Varianzanalysen dieser Studie beziehen sich daher auf die Datensätze der Patienten, die vollständig vorliegen. In den Ergebnissen wird hierfür die Anzahl (n) explizit angegeben. Zusätzlich dazu finden sich jeweils deskriptive Statistiken, die auch die Daten der Patienten enthalten, die auf Grund einzelner fehlender Daten nicht in die Varianzanalyse mit einbezogen wurden.

Die Prüfung des Impingement- und Apprehensionstest erfolgte aufgrund ihrer hohen Sensitivität für eine Hüfterkrankung und Beurteilung einer noch bestehenden Gelenkschmerhaftigkeit (Klaue et al 1991; Tschauner, Hofmann 2004; Fraitzel et al 2010). Zur Durchführung des Impingement-Tests wurde die Hüfte passiv flektiert, adduziert und innenrotiert, beim Apprehensionstest passiv hyperextendiert, abduziert und außenrotiert. Bei einem positiven Testergebnis berichtete der Patient meist über Schmerzen in der Leiste (Leunig et al 2004). Als Ergebnis der beiden Tests wurden die Schweregrade „negativ“, „diskret positiv“, „positiv“ und „deutlich positiv“ unterschieden.

3.2.2 Patientenakten des stationären Aufenthaltes

Die Akten über Operation und stationären Aufenthalt der in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden einzeln durchgearbeitet und auf Schnitt-Naht-Zeit, Blutwerte, Bluttransfusionen und Dauer des stationären Aufenthalts hin analysiert:

Schnitt-Naht-Zeit. Zur Berechnung der Dauer der jeweiligen Schnitt-Naht- und Umlagerungszeiten zwischen beiden Teileingriffen wurde das Anästhesieprotokoll durchgesehen. Hier wurden Zeitpunkte für Lagerungsbeginn, Hautschnitt und Hautnaht für beide Teileingriffe zuverlässig dokumentiert.

Blutwerte. Die Werte für Hämoglobin (g/dl) und Hämatokrit (%) wurden für jeden Patienten am Tag vor der Operation und postoperativ zu unterschiedlichen Zeitpunkten kontrolliert. Von den postoperativen Werten wurden die Werte für den ersten postoperativen Tag und der letzte Wert vor Entlassung für die weitere Analyse erhoben.

Bluttransfusionen. Die postoperativen stationären Unterlagen wurden auf die Transfusion von Eigenblut, Erythrozytenkonzentraten oder Fresh Frozen Plasma – Konzentraten hin analysiert.

Dauer des stationären Aufenthaltes. Zur Berechnung der Dauer des stationären Aufenthaltes wurde der präoperative Tag mitgerechnet. Erfolgte die Entlassung am 6. postoperativen Tag, wurde eine Aufenthaltsdauer von 7 Tagen dokumentiert.

Komplikationen. OP-Berichte und Arztbriefe der OCM München wurden auf das Vorliegen möglicher intra- oder postoperativer Komplikationen hin durchgesehen und beschrieben.

3.2.3 Röntgenuntersuchung

Zur Beurteilung von Schweregrad und Art der azetabulären Dysplasie, Beurteilung von möglichen pathologischen Veränderungen auf femoraler Seite, sekundär degenerativen Veränderungen und der zu erwartenden Gelenkeinstellung durch die Osteotomie wurden präoperativ eine Beckenübersicht a.p., eine Faux profil-Aufnahme, eine laterale Projektion in Lauenstein-Technik und eine a.p.-Röntgenaufnahme in Abduktion angefertigt. Die Überprüfung des postoperativen Ergebnisses erfolgte über eine Beckenübersichtsaufnahme (Tschauner et al 2004).

Die vorliegenden Röntgenbilder wurden in drei Zeiträume eingeteilt:

- Präoperativ
- Postoperativ: Postoperative Phase bis 4 Wochen
- Letzte Nachuntersuchung: Letztes aktuelles Röntgenbild

Zunächst wurden für jeden Patienten die Röntgenaufnahmen der entsprechenden Zeiträume herausgesucht und auf Vollständigkeit überprüft. Nicht für jeden Patienten lagen Bilder aller drei Zeiträume vor. Zur Beurteilung der Röntgenbilder wurden in der Beckenübersichtsaufnahme und in der Faux-Profil-Projektion folgende radiologisch etablierten Parameter gemessen und beurteilt:

3.2.3.1 Beckenübersichtsaufnahme

Zur Anfertigung einer Beckenübersichtsaufnahme lagen die Patienten auf dem Rücken, die Beine befanden sich in Streckstellung. Die Kniescheiben waren frontal ausgerichtet, weshalb die Füße leicht einwärts gestellt waren und die Großzehen sich berührten. Die Aufnahme erfolgte im anterior-posterioren Strahlengang. Die Projektion der Hüfte sollte streng orthograd erfolgen. Dabei war die Spitze des Os coccygis genau auf die Symphyse ausgerichtet (Leunig, Ganz 1998). Die Hüftneigung wurde in Neutralposition dargestellt. Dafür sollte bei Frauen der Abstand zwischen sacrococcygealem Gelenk und Symphyse 4,0 cm bis 5,5 cm betragen. Bei Männern war die optimale Neigung bereits ab einem sacrococcygealen Gelenk-Symphysen-Abstand ab 2,5 cm bis 4,0 cm erreicht (Siebenrock et al 2003, Zebala et al 2007).

In der Übersichtsaufnahme ist eine Beurteilung des gesamten Beckenskeletts möglich. Alle beteiligten Knochenstrukturen können gut dargestellt werden. Für die Zwecke dieser Studie waren vor allem die Einschätzung von Hüftkopf und Hüftpfanne und die Beziehung der beiden zueinander relevant. Die Bewertung des Gelenkzustands und möglicher sekundär degenerativer Veränderungen erfolgte durch die Bestimmung des Arthrosegrades nach Tönnis (Tönnis 1984). Zur Beurteilung des Dysplasieschweregrades erfolgte die Bestimmung des LCE-Winkels und TF-Winkels.

Arthrosegrad nach Tönnis. Zur Einteilung degenerativer Veränderungen wurde für jede Hüfte der Arthrosegrad nach Tönnis bestimmt (Tönnis 1984). Dieser wird anhand folgender Kriterien in vier verschiedene Schweregrade unterteilt: Sklerosierung des Femurkopfes, Ausbildung und Größe femoraler und azetabulärer Zysten, Ausbildung und Größe von Osteophyten und Verschmälerung des Gelenkspaltes (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Arthrosegrade nach Tönnis 1984

Arthrosezeichen	Arthrosegrad nach Tönnis
Keine Arthrosezeichen	0
Sklerosierung von Femurkopf und Azetabulum, geringe Verminderung des Gelenkspaltes, minimale Osteophytenbildung	1
Kleine femorale/ azetabuläre Zysten, Gelenkspalt mäßig vermindert, mäßige Femurkopfdeformierung	2
Große femorale/azetabuläre Zysten, ausgeprägter Gelenkspaltverlust, massive Femurkopfdeformierung	3

Cross-over Sign (COS). Die azetabuläre Version kann über die Beurteilung der Relation von ventralem und dorsalem Pfannenrand bestimmt werden (Siebenrock et al 2003). In einem physiologisch ausgerichteten Azetabulum ist der ventrale Pfannenrand medial und horizontal ausgerichtet. Der dorsale Pfannenrand hingegen liegt mehr lateral und vertikal (Zebala et al 2007). Im Falle eines positiven Cross-over Signs (COS) kreuzt in der Beckenübersichtsaufnahme der ventrale den dorsalen Pfannenrand.

Dies bedeutet eine verstärkte ventrosuperiore Überdachung des Femurkopfes auf Grund einer azetabulärer Retroversion. In der vorliegenden Studie wurden alle Beckenübersichtsaufnahmen auf das Vorliegen eines COS (COS positiv) oder Fehlen eines COS (COS negativ) hin analysiert.

Lateraler Zentrum-Erker-Winkel (LCE) nach Wiberg. Zur Beurteilung der lateralen Überdachung des Hüftkopfes durch die Pfanne wurde der Laterale Zentrum-Erker-Winkel (Lateral-center-edge-angle of Wiberg = LCE-Winkel) ermittelt (s. Tab. 2). Hierbei wurde der Winkel zwischen dem Lot durch den Hüftkopfmittelpunkt und der vom Hüftkopfmittelpunkt zum lateralen Pfannenrand verlaufenden Tangente gemessen (Tschauner, Hofmann 2004). Der physiologische Wert der LCE-Winkels wird mit Werten zwischen 25° bis 35° angegeben (Tönnis 1984, Tschauner et al 1997, Kalchschmidt, Tönnis 2004; Dienst 2014).

Tragflächenwinkel (TF) nach Tschauner. Der Tragenflächenwinkel nach Tschauner (1995) misst die Neigung der Sklerosezone zur Horizontalen. Die Horizontale wurde durch Verbindung der kaudalen Begrenzung der Tränenfiguren bestimmt. Die Anlage der Tragflächenlinie erfolgte als Verbindung des medialen Endpunkts der Sklerosezone zum lateralen Pfannenerker. Der dabei entstehende Winkel ergibt den Tragflächenwinkel (s. Tab. 2) (Tschauener et al 1997; Tschauener, Hofmann 2004). Der physiologische Wert des TF-Winkels wird mit Werten zwischen – 9° bis + 9° angegeben (Tschauener 1997).

Für den LCE-Winkel nach Wiberg und den Tragflächenwinkel nach Tschauener wurde ebenfalls, wie bereits im Abschnitt „Arztbriefe aus der Orthopädischen Chirurgie München – Körperliche Untersuchung“ beschrieben, eine „Varianzanalyse für mehrere Messungen“ durchgeführt.

3.2.3.2 Faux-Profil-Aufnahme

Mit Hilfe der Faux-Profil-Aufnahme von Lequesne und de Seize (1961) kann die ventrale Überdachung des Hüftkopfes in der Sagittalebene beurteilt werden. Dargestellt wird der seitliche Femurkopf zusammen mit dem vorderen und hinteren Pfeiler des Azetabulums.

Zur Aufnahme des rechten Hüftgelenks steht der Patient mit der abzubildenden Hüfte seitlich zum Stativ, der Fuß steht exakt parallel zur Filmebene.

Das Becken und die linke Hüfte werden so gedreht, dass die Beckenquerachse in einem Winkel von 65° zur Filmebene steht. So sind auch Rückschlüsse über die Antetorsion und Retrotorsion des Schenkelhalses möglich (Bernau 2004; Lequesne, Laredo 1998). Auf der Faux-profile-Aufnahme erfolgte die Bestimmung des VCA-Winkels.

VCA – Winkel nach Lequesne und de Sèze. Der VCA – Winkel nach Lequesne und de Sèze 1961, oder Anterior-Center-Edge Angle, misst die ventrolaterale Überdachung des Hüftkopfes. Der VCA - Winkel liegt zwischen der Vertikalen durch das Hüftkopfzentrum und einer Linie, die vom Hüftkopfzentrum zum ventralen Pfannenrand verläuft. Da die azetabuläre Dysplasie häufig eine Kombination aus einer zu weit nach lateral und ventral geöffneten Pfanne darstellt, ist der VCA – Winkel ein wichtiger Messwert zur Einschätzung der ventralen Überdachung (s. Tab. 2) (Crockarell et al 2000). Das physiologische Maß des VCA-Winkels wird mit > 25° angegeben (Tschauener et al 1997).

3.2.4 Patientenfragebogen und klinische Ergebnis-Scores

3.2.4.1 Fragebogen

Zur Darstellung und Analyse der Ergebnisse wurde ein Patientenfragebogen erstellt (s. Anhang 6.3). Die Fragebögen wurden den Patienten bei Wiedervorstellung ausgehändigt oder postalisch zugeschickt. In einem Anschreiben wurde dem Patienten der Studienzweck erläutert. Der Patient wurde darum gebeten, durch das Ausfüllen und Rücksenden des Fragebogens an der Studie teilzunehmen. Zudem wurde darauf hingewiesen, dass nach Rücksenden der ausgefüllten Fragebögen alle Daten anonymisiert und absolut vertraulich behandelt werden würden.

Zu Beginn der Befragung waren Vorname und Nachname sowie das Jahr der Operation durch den Patienten anzugeben. Ein vorgefertigtes Feld mit der Bezeichnung „rechts“ oder „links“ sollte angekreuzt werden, um zu verdeutlichen um welche Seite es sich bei der operierten Hüfte handelt. Denjenigen Patienten, welche im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2012 eine beidseitige Korrektur erhalten hatten, wurden zwei Fragebögen zugesandt.

Die Patienten wurden hierbei darauf hingewiesen, dass sie die einzelnen Fragen immer in Bezug auf die Hüfte beantworten sollen, die sie bei der Seitenangabe zu Beginn der Befragung angegeben hatten. Jedem Anschreiben wurde ein bereits adressierter und frankierter Rücksendeumschlag beigelegt. Hiermit sollte gewährleistet sein, dass eine größtmögliche Anzahl der Fragebögen an die OCM München zurückgeschickt werden würden.

Der Patientenfragebogen wurde so erstellt, dass anhand der Beantwortung und unter Einbeziehung der körperlichen Untersuchung verschiedene Hüftscores berechnet werden können: der Score nach Merle d'Aubigné und Postel (Merle d'Aubigné, Postel 1954), der modifizierte Harris Hip Score (Byrd, Jones 2000), das International Hip Outcome Tool – 12 (Griffin et al 2012) und der Short Form – 36 (Ware, Gandek 1998).

3.2.4.2 Score nach Merle d'Aubigné und Postel (1954)

Der Score nach Merle d'Aubigné ist ein klinischer Score (s. Abb.1). Er wird zu zwei Dritteln subjektiv und zu einem Drittel objektiv erhoben. Ursprünglich wurde der Score entwickelt, um das Ergebnis nach der Implantation von Hüftgelenksendoprothesen beurteilen zu können (Merle d'Aubigné, Postel, 1954).

Die drei Hauptkriterien des Scores sind Schmerz, Gang und Bewegungsausmaß. Zu den Hauptkriterien „Schmerz“ und „Gang“ werden vom Patienten subjektive Angaben gemacht. Das Kriterium „Bewegungsausmaß“ wird vom Untersucher objektiv festgestellt. Hierzu wurde die jeweils aktuellste körperliche Untersuchung der operierten Hüfte herangezogen. Für jedes Kriterium können maximal 6 Punkte erreicht werden, sodass jedes der drei Hauptkriterien gleich großen Einfluss auf Punktergebnis hat. Aus der Addition aller 3 Punktwerte berechnet sich der Gesamtscore. Zur Bewertung der Ergebnisse wurde von Merle d'Aubigné und Postel (1990) eine Unterteilung des Scores vorgeschlagen (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Bewertung der Ergebnisse des Scores nach Merle d'Aubigné und Postel 1990

Ergebnis	Punktwert im Gesamtergebnis
Sehr gut	17 – 18 Punkte
Gut	13 – 16 Punkte
Mäßig	9 – 12 Punkte
Schlecht	0 – 8 Punkte

Aussage: Schmerz	Punkte
Ich habe keine Schmerzen.	6
Ich habe gelegentlich Schmerzen, die mich in meiner Aktivität nicht beeinträchtigen.	5
Ich habe milde Schmerzen, die mich in meiner Alltagsaktivität jedoch nicht beeinträchtigen.	4
Nach körperlicher Beanspruchung verspüre ich Schmerzen und nehme leichte Schmerzmittel (z.B. Ibuprofen).	
Ich habe moderate, tolerierbare Schmerzen, die mich teilweise beeinträchtigen. Gelegentlich nehme ich Schmerzmittel (z.B. Codein).	3
Ich habe starke Schmerzen und bin dadurch ernsthaft beeinträchtigt.	2
Durch meine Schmerzen bin ich vollständig beeinträchtigt.	1

Aussage: Gang	Punkte
Mir ist es möglich normal, ohne Gehhilfen zu gehen.	6
Ich gehe ohne Stock. Dabei hinke ich leicht.	5
Ich kann mit Stock lange Zeit, ohne Stock jedoch nur kurze Zeit hinkend gehen.	4
Ohne Stock kann ich nur mit Schwierigkeiten, mit Stock weniger als eine Stunde gehen.	3
Ich benötige zum Gehen einen Stock als Stütze.	2
Ich kann mich nur mit zwei Gehstützen/ Krücken fortbewegen.	1
Auch mit Gehhilfen ist es mir nicht möglich zu gehen.	0

Bewegungsgrade	Punkte
Flexion > 90° und Abduktion bis 30°	6
Flexion 80° - 90° und Abduktion bis 15°	5
Flexion 60° - 80°, Patient kann seinen Fuß erreichen	4
Flexion 40° - 60°	3
Flexion < 40°	2
Die Hüfte ist nicht beweglich; Patient klagt über Schmerzen; Vorliegen leichter Hüftdeformität	1
Ankylose mit schlechter Position der Hüfte	0

Abbildung 5: Score nach Merle d'Aubigné und Postel (1954). Die Addition der 3 Punktwerte zu jedem Hauptkriterium ergibt den Score.

3.2.4.3 Modifizierter Harris Hip Score (mHHS)

Der ursprünglich zur Evaluation von Hüftarthroplastiken entwickelte Harris Hip Score (Harris 1969) bildet die Grundlage des in dieser Studie verwendeten modifizierten Harris Hip Scores. Harris entwickelte 1969 eine neue Methode zur Abschätzung der Resultate von operativen Hüfteingriffen. Dieser zu zwei Dritteln subjektive und zu einem Drittel objektive Score beinhaltet folgende Kriterien:

- Schmerz
- Funktion
- Beweglichkeit
- „Nichtvorhandensein von Deformitäten“

Durch Ausfüllen eines für den Patienten erstellten Fragebogens und eine durch den Therapeuten durchgeführte körperliche Untersuchung können die Score-Ergebnisse ermittelt werden.

Zur Evaluation von arthroskopischen Hüfteingriffen entwickelten Byrd und Jones (2000) die modifizierte Variante des Harris Hip Score, den mHHS. Die Punkte „Beweglichkeit“ und „Nichtvorhandensein von Deformitäten“ wurden nicht in den mHHS mit aufgenommen, da beide keine Hauptkriterien für einen arthroskopischen Eingriff darstellen und eine physische Untersuchung erfordern (Byrd, Jones 2000). Im modifizierten Harris Hip Score wird der Patient dazu angehalten, subjektiv Aussagen zu den Punkten „Schmerzen“ und „Funktion“ zu machen.

Der Aspekt „Funktion“ wird unterteilt in Gangbild, die Verwendung von Gehhilfen, die zurücklegbare Gehstrecke und Alltagsaktivitäten wie Treppensteigen, Socken- und Schuheanziehen, Sitzen und das Nutzen öffentlicher Verkehrsmittel. Alle Angaben beziehen sich hierbei immer auf das operierte Hüftgelenk. Zu jeder Frage im mHHS gibt es mehrere Antwortmöglichkeiten (s. Abb 2). Der Patient wurde darauf hingewiesen, zu jedem abgefragten Thema eine einzige Antwort anzukreuzen. Jeder Antwort war ein entsprechender Punktewert zugeteilt. Durch die Addition aller Punkte und Multiplikation der Summe mit dem Wert 1,1 wurde das Ergebnis des mHHS berechnet.

Die Ergebnisse des mHHS liegen im Bereich von 0 bis 100, wobei 100 der bestmögliche erreichbare Wert ist. Dadurch, dass in der modifizierten Form des Harris Hip Scores zwei Themenpunkte fehlen, wird der Summenwert der jeweils erreichten Punkte mit dem Wert 1,1 multipliziert. Hiermit wird das Fehlen der Punkte „Funktion“ und „Ausbleiben von Deformitäten“ ausgeglichen. Das Ergebnis des mHHS bleibt damit mit dem Ergebnis im ursprünglichen Harris Hip Score vergleichbar (Byrd, Jones 2000). Zur Interpretation des Ergebnisses schlug Byrd 2000 eine Unterteilung des Scores vor (s. Tab. 3).

Tabelle 3: Bewertung der Ergebnisse im mHHS nach Byrd (Byrd 2000)

<i>Ergebnis</i>	<i>Punktwert im Gesamtergebnis</i>
Sehr gut	90 – 100 Punkte
Gut	80 – 89 Punkte
Mäßig	70 – 79 Punkte
Schlecht	< 70 Punkte

<i>Aussage: Gehhilfen</i>	<i>Punkte</i>
Mir ist es möglich normal, ohne Gehhilfen zu gehen.	11
Ich gehe ohne Stock. Dabei hinke ich leicht.	7
Ich kann mit Stock lange Zeit, ohne Stock jedoch nur eine kurze Zeit hinkend gehen.	5
Ohne Stock kann ich nur mit Schwierigkeiten, mit Stock weniger als eine Stunde gehen.	4
Ich benötige zum Gehen einen Stock als Stütze.	2
Ich kann mich nur mit zwei Gehhilfen/ Krücken fortbewegen.	0
Auch mit Gehhilfen ist es mir nicht möglich zu gehen	0

<i>Aussage: Hinken</i>	<i>Punkte</i>
Ich hinkt überhaupt nicht.	11
Ich hinkt ein wenig.	8
Ich hinkt mäßig.	5
Ich hinkt stark.	0
Mir ist es nicht möglich ohne Gehhilfen zu gehen.	0

Aussage: Gehstrecke	Punkte
Ich kann unbegrenzt weit gehen.	11
Ich kann mehr als 1km weit gehen.	8
Ich kann weniger als 1km weit gehen.	5
Ich gehe nur innerhalb des Hauses.	2
Entweder liege ich im Bett oder sitze auf einem Stuhl.	0

Aussage: Treppensteigen	Punkte
Ich habe mit Treppensteigen keine Probleme.	4
Ich habe mit Treppensteigen keine Probleme, wenn ich mich an einem Geländer festhalten kann.	2
Ich brauche Gehstützen, einen Stock, oder fremde Hilfe um Treppen zu steigen.	1
Ich kann keine Treppen steigen.	0

Aussage: Socken/ Schuhe	Punkte
Ich kann problemlos meine Socken und Schuhe an- und ausziehen.	4
Ich kann meine Socken und Schuhe nur mit Schwierigkeiten an- und ausziehen.	2
Ich kann meine Socken und Schuhe nicht alleine an- und ausziehen.	0

Aussage: Sitzen	Punkte
Ich kann problemlos eine Stunde auf jedem Stuhl sitzen.	5
Ich kann auf einem hohen Stuhle ca. eine halbe Stunde sitzen.	3
Mir ist es nicht möglich eine halbe Stunde auf einem Stuhle, egal welcher Art, zu sitzen.	0

Aussage: Öffentliche Verkehrsmittel	Punkte
Die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel bereitet mir keine Schwierigkeiten.	1
Es ist mir nicht möglich öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen.	0

Abbildung 6: Modifizierter Harris Hip Score (mHHS) (Byrd, Jones 2000). Die Addition der Punktwerte zu jedem Hauptkriterium ergibt den Score.

3.2.4.4 International Hip Outcome Tool - 12 (iHOT-12)

Um eine quantitative Aussage über die „gesundheitliche Lebensqualität“ von Patienten vor und nach Gelenk-erhaltenden Hüftoperationen treffen zu können, entwickelten Mohtadi et al das International Hip Outcome Tool – 33 (Mohtadi et al 2012). Es handelt sich dabei um ein Instrument zur Selbstevaluation durch den Patienten. Das International Hip Outcome Tool – 33 wurde hauptsächlich in kontrollierten, randomisierten Studien angewandt. Für die klinische Routine entwickelten Griffin et al anhand des iHOT – 33 das International Hip Outcome Tool – 12 (Griffin et al 2012; s. Abb. 7). Der Aufbau des Fragebogens wurde beibehalten, jedoch auf die wichtigsten Fragen gekürzt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass Validität, Reliabilität und Empfindlichkeit den Eigenschaften des iHOT – 33 möglichst nahe kommen. So ergaben Regressionsanalysen, dass die zwölf ausgesuchten Elemente des iHOT-12 insgesamt mehr als 99 Prozent der gesamten Streuung des iHOT-33 berücksichtigen. Damit stellt der iHOT – 12 eine wesentlich kürzere, jedoch nicht wesentlich weniger informative Form des ursprünglichen Fragebogens dar. Die Hauptkriterien des Fragebogens wurden beibehalten, die Punkte „Symptome“ und „Funktionelle Einschränkungen“ jedoch in einem Punkt zusammengefasst. Somit ergeben sich für das iHOT-12 folgende Hauptkriterien:

- Symptome und funktionelle Einschränkungen (Fragen 1, 2, 3, 4)
- Sport und Freizeitaktivitäten (Fragen 6, 7, 11)
- Berufliche Bedenken (Frage 5)
- Soziale, emotionale und Lifestyle-Bedenken (Fragen 8, 9, 10, 12)

Insgesamt wird zu 12 Fragen oder Aussagen Stellung bezogen. Hierbei kreuzt der Patient auf einer visuellen Analogskala an, wie gut die jeweilige Frage oder Feststellung für ihn zutrifft. Die visuelle Analogskala liegt dabei zwischen zwei Aussagen, die das jeweilige Extrem voneinander darstellen. Sie wurde mit einer Länge von 100 Millimetern dargestellt. So konnte jeder Aussage durch die Position des gesetzten Kreuzes ein Wert von 0 bis 100 zugeordnet werden. Ein Wert von 100 repräsentierte hierbei die maximal erreichbare Lebensqualität.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses wurden die Werte aller 12 Aussagen addiert. Die Summe wurde als Prozentzahl von dem maximal erreichbaren Wert angegeben (maximal 100 Punkte in 12 Aussagen = 1200 maximal erreichbare Punkte).

1. Wie viel Schmerz haben Sie in Ihrer Hüfte/ Leiste?

Keine Schmerzen _____ Max. Schmerz

2. Wie schwer ist es für Sie vom Boden aufzustehen?

Nicht schwer _____ Sehr schwer

3. Wie schwer ist es für Sie lange Strecken zu gehen?

Nicht schwer _____ Sehr schwer

4. Wie stark sind die Schwierigkeiten/ Schmerzen durch Einklemmungen, Verhaken, Knacken und Geräusche?

Keine Probleme _____ Maximal

5. Wie viel Schwierigkeiten haben Sie damit schwere Gegenstände zu schieben, zu ziehen, anzuheben oder zu tragen?

Keine Probleme _____ Maximal

6. Wie groß ist Ihre Angst davor, dass bei plötzlichem Richtungswechsel während dem Sport oder anderen Aktivitäten plötzliche Schmerzen auftreten?

Keine Angst _____ Maximal

7. Wie viel Schmerz verspüren Sie in Ihrer Hüfte *nach* körperlicher Aktivität?

Keine Schmerzen _____ Max. Schmerz

8. Wie besorgt sind Sie auf Grund Ihrer Hüfte Kinder hochzuheben oder zu tragen?

Nicht besorgt _____ Sehr besorgt

9. Haben Sie Schwierigkeiten auf Grund Ihrer Hüfte bei sexuellen Tätigkeiten?

Dies ist für mich nicht relevant

Keine Probleme _____ Maximal

10. In wie viel Prozent der Zeit sind Sie sich Ihrer Behinderung in der Hüfte bewusst?

Niemals bewusst _____ Konstant bewusst

11. Wie groß sind Ihre Sorgen, dass Sie ihr Fitness-Level aufrechterhalten?

Nicht besorgt _____ Sehr besorgt

12. Wie störend ist Ihre Hüftproblematik für Sie?

Nicht störend _____ Max. störend

Abbildung 7: International Hip Outcome Tool - 12 (iHOT-12; Griffin et al 2012)

3.2.4.5 Short Form 36 (SF – 36)

Zur Erfassung der „gesundheitsbezogenen Lebensqualität“ wurde dem Patientenfragebogen der Short Form 36 Gesundheitsfragebogen beigefügt (s. Abb. 10). Im Rahmen der Medical Outcome Study zur Überprüfung der Leistung amerikanischer Versicherungssysteme wurden 1983 die Grundlagen für den SF – 36 gelegt (Bullinger, Kirchberger 1998). Heute ist er ein häufig genutztes, krankheitsunspezifisches Instrument, um die subjektive Gesundheit von Patienten zu erfassen.

Bei dem Short Form 36 Gesundheitsfragebogen handelt es sich um 36 abgefragte „Items“, die verschiedenen Themenbereichen in Form einer Subskala zugeordnet sind (s. Tab. 4). Insgesamt umfasst der Gesundheitsfragebogen acht Subskalen. Mit Hilfe der Subskalen lassen sich zwei Summenskalen berechnen: Die körperliche Summenskala und die psychische Summenskala (s. Abb. 8).

Die Summenskalen werden als Überbegriffe für die einzelnen Subskalen betrachtet und repräsentieren das körperliche und psychische Wohlbefinden des Befragten als ein Ganzes.

Die Antwortmöglichkeiten zu den Aussagen der Items variieren. Binäre, mit „JA“ oder „NEIN“ zu beantwortende, bis hin zu sechsstufigen Antwortskalen sind vertreten. Der Befragte wird darauf hingewiesen immer die auf ihn am ehesten zutreffende Aussage anzukreuzen.

Die Standardversion des Short Form 36 Gesundheitsfragebogens bezieht sich auf die letzten vier Wochen vor der Befragung. Eine Ausnahme stellt hierbei Item 2 dar, der die gesundheitliche Veränderung innerhalb des letzten Jahres darstellt. Item 2 wird bei der Auswertung des Gesundheitsfragebogens separat betrachtet und hat keinen Einfluss auf die Subskalen und Summenskalen (s. Abb. 8).

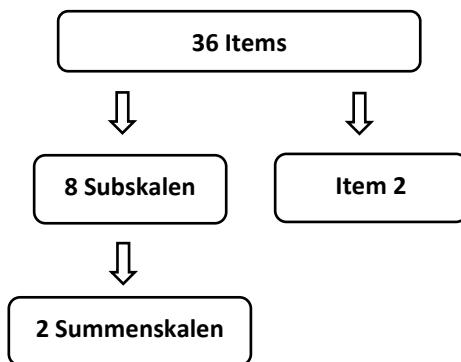


Abbildung 8: Die Dimensionen des SF-36 Gesundheitsfragebogens im Überblick

Anhand der Anzahl der Items, die in unterschiedlicher Anzahl den einzelnen Subskalen zugeordnet sind, ist ersichtlich, dass die Skalen, die sich auf das körperliche Wohlergehen beziehen, schwerer gewichtet sind. Die Dimensionen zu Sozialität und psychischer Gesundheit des Befragten sind verhältnismäßig unterrepräsentiert (s. Abb. 9).

Tabelle 4: Die Subskalen des SF-36 Gesundheitsfragebogens (Bullinger, Kirchberger 1998)

Subskalen	Dazugehörige Items	Item Anzahl
Körperliche Funktionsfähigkeit	3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g, 3h, 3i, 3j	10
Körperliche Rollenfunktion	4a, 4b, 4c, 4d	4
Körperliche Schmerzen	7, 8	2
Allgemeine Gesundheit	1, 11a, 11b, 11c, 11d	5
Vitalität	9a, 9e, 9g, 9i	4
Soziale Funktionsfähigkeit	6, 10	2
Emotionale Rollenfunktion	5a, 5b, 5c	3
Psychisches Wohlbefinden	9b, 9c, 9d, 9f, 9h	5

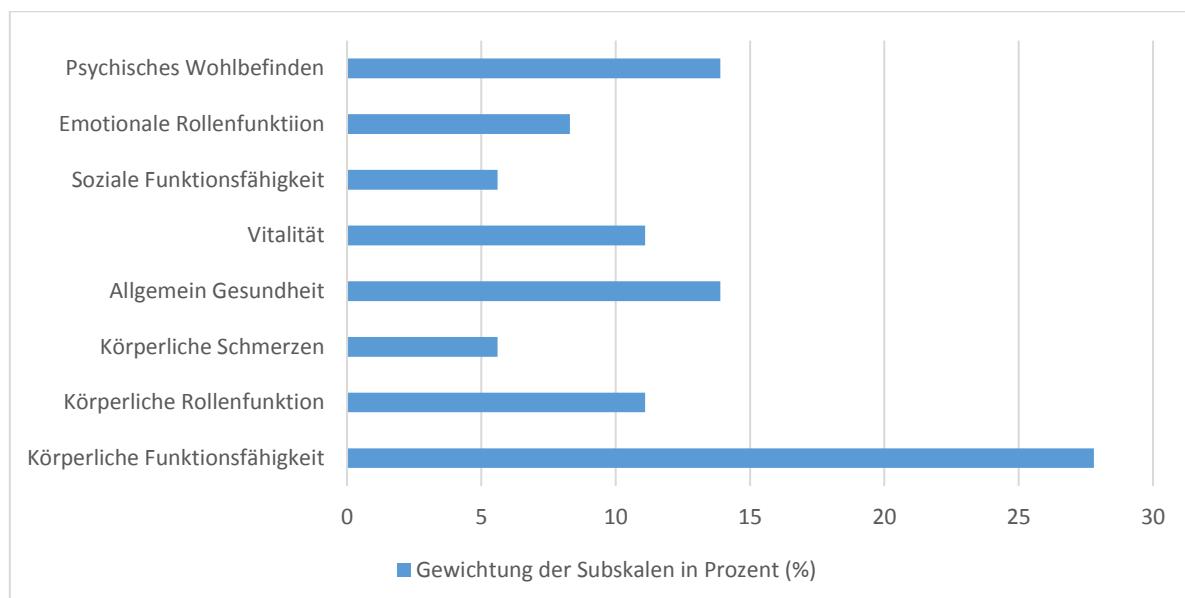


Abbildung 9: Gewichtung der Subskalen im SF-36

Auswertung der Subskalen. Erst die Standardisierung der vom Patienten gemachten Angaben macht es möglich, die Ergebnisse des SF-36 Gesundheitsfragebogens zu interpretieren. Für die Auswertung der acht Subskalen werden folgende Schritte durchgeführt:

- Umpolung von sieben Items und Rekalibrierung von drei Items
- Ersetzung fehlender Daten durch personenspezifische Schätzungen
- Berechnung von Skalenrohwerten
- Transformation der Rohwerte

Da Item Nummer 2 eine Gesundheitsveränderung angibt, wird dieser zwar rekalibriert, aber nicht in Rohwerte umgewandelt. Hierbei wird viel mehr die prozentuelle Häufigkeit der einzelnen Antworten betrachtet.

Umpolung und Rekalibrierung. Für jede Aussage, die der Befragte ankreuzen kann, gibt es in dem SF-36 Gesundheitsfragebogen einen bereits vorkodierten Itemwert. Eine Umpolung dieser vorkodierten Werte wird bei 7 der 36 Items durchgeführt (s. Tab. 5). Diese Items sind im Fragebogen entgegengesetzt gescort, so dass ein hoher Punktewert einen schlechten Gesundheitszustand angibt. Da hohe Punktewerte jedoch in der Auswertung des SF-36 einen guten Gesundheitszustand widerspiegeln, ist es nötig die Werte dieser Items umzukehren.

Tabelle 5: Umpolung von sieben Items (Bullinger, Kirchberger 1998)

Umgepolte Items	Zugehörige Subskala
6	Soziale Funktionsfähigkeit
9a	Vitalität
9d	Psychisches Wohlbefinden
9e	Vitalität
9h	Psychisches Wohlbefinden
11b	Allgemeine Gesundheit
11d	Allgemeine Gesundheit

Für drei Items ist eine Rekalibrierung erforderlich, da sie eine wichtige Voraussetzung an die Items nicht erfüllen: es soll eine lineare Beziehung zwischen dem Itemwert und dem der Skalenbildung zugrundliegendem Gesundheitskonzept geben (s. Tab. 6). Durch Rekalibrierung wird dies gewährleistet.

Tabelle 6: Rekalibrierung von drei Items (Bullinger, Kirchberger 1998)

Rekalibrierte Items	Zugehörige Subskala
1	Allgemeine Gesundheit
7	Schmerzen
8	Schmerzen

Ersetzung fehlender Daten durch personenspezifische Schätzungen. Das Handbuch zur Auswertung des SF-36 (Bullinger, Kirchberger 1998) empfiehlt auch bei fehlenden Daten eine Auswertung der Subskalen, wenn mindestens die Hälfte aller Items einer Subskala beantwortet wurde. Durch eine personen-spezifische Schätzung werden die fehlenden Items ersetzt. Hierbei wird für die fehlenden Items der Mittelwert eingesetzt, der sich aus den restlichen für die entsprechende Subskala beantworteten Items berechnen lässt.

Berechnung von Skalenrohwerten. Für jede Skala wird nun ein Rohwert berechnet, der sich aus der Summe der Antworten auf alle Items einer Skala ergibt. Die Skalenrohwerte werden berechnet, wenn mindestens fünfzig Prozent aller Items beantwortet wurden. Liegen für weniger als fünfzig Prozent Antworten vor, wird dieser Skalenrohwert nicht betrachtet.

Transformation der Rohwerte. In einem nächsten Schritt werden die Rohwerte der einzelnen Subskalen so umgerechnet, dass sie den Anteil am höchst möglichen Wert der Subskala in Prozent angeben. Jeder Wert nimmt dadurch eine Stellung von 0 bis 100 an. Die Transformation erfolgt mit Hilfe der folgenden Formel (Bullinger, Kirchberger 1998):

$$\text{Transformierte Skala} = \frac{(Tatsächlicher Rohwert - niedrigst möglicher Rohwert)}{\text{Mögliche Spannweite der Rohwerte}} \times 100$$

Berechnung der Summenskalen. Die Körperliche und Psychische Summenskalen des SF – 36 werden mit Hilfe der vorher berechneten transformierten Rohwerte ermittelt. Für diese Berechnung dienen die Werte der amerikanischen Normpopulation als Grundlage. Diese Werte liegen im Handbuch zur Auswertung des SF – 36 vor.

Zunächst werden mit Hilfe der Mittelwerte und Standardabweichungen aus der Normstichprobe sogenannte z-Werte für jede Subskala berechnet (Bullinger, Kirchberger 1998):

$$z - \text{Wert} = \frac{(\text{Mittelwert der zu untersuchenden Population} - \text{Mittelwert der Normpopulation})}{\text{Standardabweichung der Normpopulation}}$$

Im Vergleich bedeuten positive z – Werte eine bessere Lebensqualität in der zu untersuchenden Population als in der Normpopulation. Negative z – Werte stellen dies reziprok dar.

Zur Berechnung der Rohwerte der beiden Summenskalen: Für jede Subskala des SF – 36 gibt das Handbuch einen Regressionskoeffizienten für die jeweils körperliche und psychische Summenskala vor. Jeder z-Wert der acht Subskalen wird dann einmal mit dem entsprechenden Regressionskoeffizienten der körperlichen Summenskala und einmal mit dem entsprechenden Regressionskoeffizienten der psychischen Summenskala multipliziert. Die acht Produkte der Subskalen werden jeweils addiert, sodass sich ein Rohwert für die körperliche Summenskala und ein Rohwert für die psychische Summenskala ergeben.

Durch Multiplikation der Summenwerte mit 10 und Addition von 50 werden die Rohwerte der Summenskalen so umgeformt, dass sich ein Mittelwert von 50 und eine Standardabweichung von 10 ergeben.

Interpretation der Summenskala. Erreicht ein Proband Werte einer Summenskala über 50, bedeutet dies, dass der Wert über dem Durchschnitt der Normpopulation liegt. Bei einem Zahlenwert geringer als 50 liegt im Vergleich zur Normpopulation eine geringere Lebensqualität vor (Ellert, Kurth 2004).

Item 1: Wie würden Sie generell Ihre **Gesundheit** beurteilen?

Exzellen	
Sehr gut	
Gut	
Moderat	
Schlecht	

Item 2: Wie würden Sie Ihre **momentane Gesundheitslage** im Vergleich zu letztem Jahr beschreiben?

Sehr viel besser als vor einem Jahr	
Etwas besser als vor einem Jahr	
In etwa gleich	
Etwas schlechter als vor einem Jahr	
Sehr viel schlechter als vor einem Jahr	

Item 3: Die folgenden Aspekte handeln von Alltagsaktivitäten.

Begrenzt Ihre **momentane allgemeine Gesundheitslage** Sie in diesen Aktivitäten? Falls dem so ist, wie viel?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, ein wenig eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3a. Anspruchsvolle Aktivitäten wie Laufen, das Heben schwerer Gegenstände, anspruchsvolle Arbeiten			
3b. Mäßig anstrengende Aktivitäten wie Haus- oder Gartenarbeit			
3c. Tragen von Einkäufen			
3d. Treppensteigen (mehrere Stockwerke)			
3e. Treppensteigen (ein Stockwerk)			
3f. Beugen, Knen, Bücken			
3g. Spaziergänge länger als 1km			
3h. Spaziergänge kürzer als 1km			
3i. Kurze Gehstrecken			
3j. Baden, Ankleiden			

Item 4: Hatten Sie auf Grund Ihrer **allgemeinen Gesundheit** während der letzten vier Wochen folgende Probleme bei der Arbeit, oder im alltäglichen Leben?

	JA	NEIN
Ich habe die Zeit, die ich für die Arbeit und Freizeitaktivitäten investiere, verkürzt.		
Ich habe weniger erreicht als ich wollte.		
Ich war in der Auswahl meiner Freizeitgestaltung eingeschränkt.		
Ich hatte Schwierigkeiten damit meine Arbeit zu bewerkstelligen.		

Item 5: Hatten Sie auf Grund Ihrer **emotionalen Lage** während der letzten vier Wochen folgende Probleme bei der Arbeit, oder im alltäglichen Leben?

	JA	NEIN
Ich habe die Zeit, die ich für Arbeit und Freizeitaktivitäten investiere, verkürzt.		
Ich habe weniger erreicht als ich wollte.		
Ich konnte mich nicht mehr gewissenhaft auf meine Arbeit konzentrieren.		

Item 6: In welchem Ausmaß hatten Ihre **körperliche Gesundheit** oder **emotionalen Probleme** Auswirkungen auf Ihr soziales Umfeld während der letzten vier Wochen (z.B. Unternehmungen mit Freunden und Familie)?

Überhaupt nicht	
Wenig	
Mäßig	
Eher mehr	
Viel	

Item 7: Wie stark waren Ihre **allgemeinen körperlichen Schmerzen** in den letzten vier Wochen?

Keine Schmerzen	
Sehr mild	
Mild	
Mäßig	
Stark	
Sehr stark	

Item 8: Wie stark hatten **allgemeine körperliche Schmerzen** Auswirkungen auf Ihre Arbeit während der letzten vier Wochen (Arbeiten außerhalb des Hauses und Hausarbeit)?

Überhaupt nicht	
Wenig	
Mäßig	
Eher mehr	
Viel	

Item 9: Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihrer **Gefühlslage** und **Allgemeinsituation** der letzten vier Wochen. Bitte kreuzen Sie bei jeder Frage die Antwort an, die am ehesten auf Sie zutrifft. Wie oft während der letzten vier Wochen ...

	Immer	Meistens	Oft	Manchmal	Selten	Nie
9a. ... haben Sie sich schwunglos gefühlt?						
9b. ... waren Sie nervös?						
9c. ... haben Sie sich seelisch schlecht gefühlt?						
9d. ... haben Sie sich ruhig gefühlt?						
9e. ... waren Sie voller Energie?						
9f. ... waren Sie niedergeschlagen?						
9g. ... haben Sie sich fertig gefühlt?						
9h. ... waren Sie eine glückliche Person?						
9i. ... waren Sie müde?						

Item 10: Wie oft hatten Ihre **allgemeine körperliche Gesundheit** oder **emotionalen Probleme** Auswirkungen auf Ihr soziales Umfeld während der letzten vier Wochen (z.B. Besuchen von Freunden und Verwandten)?

Immer	
Meistens	
Selten	
Sehr selten	
Nie	

Item 11: Wie wahr oder falsch sind die folgenden Aussagen bezüglich Ihrer Person?

	Voll zutreffend	Eher zutreffend	Ich weiß nicht	Eher nicht zutreffend	Gar nicht zutreffend
11a. Ich scheine schneller krank zu werden als andere.					
11b. Ich kenne niemanden der gesünder ist als ich.					
11c. Ich gehe davon aus, dass meine Gesundheit sich verschlechtert.					
11d. Meine Gesundheit ist einwandfrei.					

Abbildung 10: SF-36 Gesundheitsfragebogen (Bullinger, Kirchberger 1998)

3.3 Operationstechnik der PAO mit Doppelinzision

Die knöcherne Schnittführung bei der Doppelinzisions-PAO (DI-PAO) entspricht der klassischen PAO in der Originaltechnik von Ganz (Leunig et al 2004). Aufgrund der zusätzlichen dorsalen Inzision zur inkompletten Osteotomie des Os ischium unterscheidet sich die DI-PAO von der klassischen PAO durch den Beginn der Operation in überdrehter Seitenlage, die zusätzliche Exposition und Osteotomie des Os ischium von posterior, das Umlagern in die Rückenlage und den geraden Schnittverlauf zur Exposition von Os pubis und Os ilium ohne Ablösung des M. rectus femoris.

Inkomplette Ischiumosteotomie: Der Patient wird auf einem strahlendurchlässigen Operationstisch nach vorne überdreht auf der Seite gelagert. Unter dem Thorax steckt eine dicke, weiche Halbrolle, um den Plexus vor Überdehnung zu schützen. Das Becken wird nach vorne durch eine Seitenstütze stabilisiert. Die Beine werden auf Kniehöhe mit einer breiten elastischen Binde am Tisch fixiert. Das Operationsgebiet wird desinfiziert und chirurgisch abgedeckt. Nach Identifikation des Sitzbeinhöckers erfolgt eine Hautinzision schräg proximal des Tubers im Faserverlauf des M. maximus (s. Abb. 11).



Abbildung 11: Identifikation des Sitzbeinhöckers und Planung des Hautschnitts (Links kaudal, rechts proximal. Sicht auf die linke Gesäß- und Oberschenkelregion)

Nach Faszienspaltung werden die Fasern des M. gluteus maximus stumpf auseinandergedrängt, bis die distale Begrenzung der Außenrotatoren und die Hinterkante des Tuber ischiadicum zur Darstellung kommen. Das Sitzbein wird mit zwei Chiarihebeln medial zum Foramen obturatum und lateral zwischen Lig. sacrospinale und Lig. sacrotuberale umfahren. Die Rotatoren werden mit einem abgewinkelten spitzen Hohmann-Haken unterfahren, die Spitze des Hebels wird im Foramen ischiadicum majus oberhalb der Spina ischiadica eingehakt. Der N. ischiadicus liegt ventral der Rotatoren. Ein weiterer spitzer Hohmann wird in die hintere Begrenzung des Azetabulum eingeschlagen (s. Abb. 12).

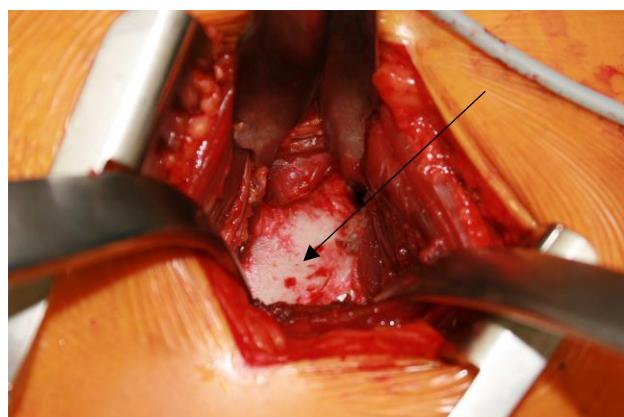


Abbildung 12: Dorsale Osteotomiefläche (Pfeil; Sicht wie bei Abb. 11)

Die geplante Osteotomie wird zunächst mit dem Elektromesser auf die Knochenfläche gezeichnet. Der kaudale Scheitelpunkt liegt auf der Verbindung zwischen Spina ischiadica und Foramen obturatum etwa 2,5 cm von der Spina entfernt. Vom Scheitelpunkt verläuft die Osteotomie auf kürzestem Weg ins Foramen obturatum nach medial. Die Markierung nach kranial orientiert sich am Abstand zum Foramen ischiadicum maior und wird mit einer Overhold-Klemme bestimmt. In einem Abstand von etwa 2 cm liegt die Osteotomie mittig zwischen Foramen ischiadicum majus und dem Hüftgelenk. Der Winkel zwischen retroazetabulärem Schnitt, kaudalem Scheitelpunkt und Ischiumschnitt beträgt ca. 105°. Die folgende Bohrung und Osteotomie wird zum Foramen obturatum und kleinen Becken hin mit den Chiarihebeln geschützt.

Am kaudalen Scheitelpunkt wird zunächst ein 4,5mm Bohrloch angelegt, um ein ungewolltes Durchbrechen oder Fissurieren von der inkompletten Ischiumosteotomie in den hinteren Pfeiler zu vermeiden. Ausgehend vom Bohrloch beginnt die Osteotomie mit einem 8mm-Lambotte-Meißel nach kranial und medial. Mit dünnen Lambotte-Meißeln in aufsteigender Breite werden die kranial verlaufende retroazetabuläre Osteotomie auf ca. 1,5 bis 2cm und die nach medial laufende Ischiumosteotomie bis ins Foramen obturatum erweitert (s. Abb. 13).

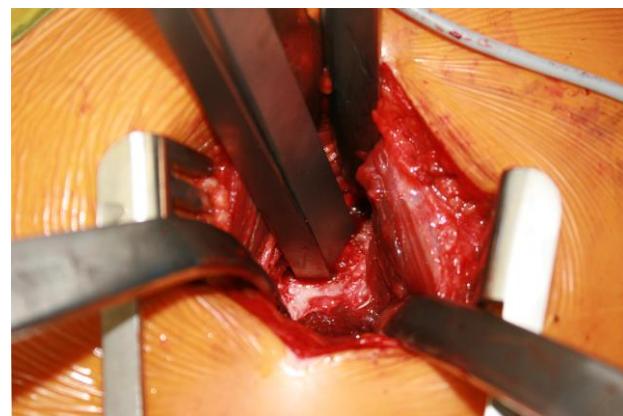


Abbildung 13: Inkomplette Ischiumosteotomie mit Lambotte-Meißeln (Sicht wie bei Abb. 11)

Die inkomplette Ischiumosteotomie wird durch ein vorsichtiges Aufweiten des Foramen-obturatum-nahen Osteotomiespaltes mittels Verschränken eines breiten Lambotte-Meißel bestätigt (s. Abb. 14).

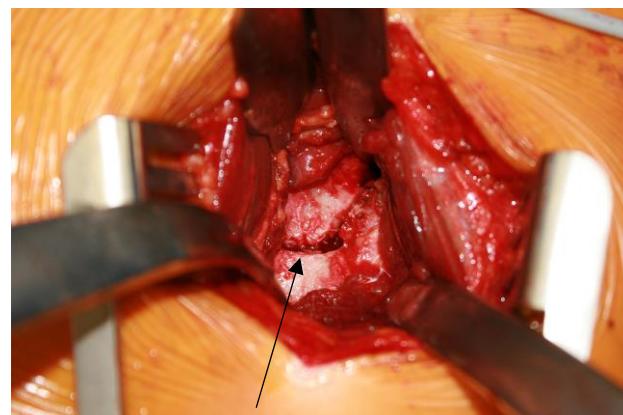


Abbildung 14: Inkomplette Ischiumosteotomie nach Aufdehnung der Ischiumosteotomie (Pfeil; Sicht wie bei Abb. 11)

Es folgen Spülung, Faszienschluss, Subkutannaht, Intrakutannaht und die Anlage eines sterilen Verbands (s. Abb. 15). Eine Drainage wird meistens nicht benötigt.



Abbildung 15: Intrakutannaht nach inkompletter Ischiumosteotomie über post. Zugang

Pubis- und Iliumosteotomie: Der Patient wird unsteril auf den Rücken gedreht. Vorteilhaft ist eine präzise Rückenlage ohne Rotations- oder Kippposition, um während der Einstellung des azetabulären Fragments eine korrekte a.p.-Einstellung der Hüfte im Bildwandler oder Röntgengerät zu vereinfachen. Die Beckenhälften und das Bein werden desinfiziert und beweglich abgedeckt. Der Hautschnitt verläuft parallel und direkt kaudal des vorderen Beckenkamms. Nach Identifikation der Spina iliaia anterior superior (SIAS) und der seitlich häufig den Beckenkamm nach kaudal etwas überhängenden schrägen Bauchmuskulatur wird letztere im Bereich des lateralen Zugangs vollständig subperiostal, bis ca. 3 cm lateral der medialen Begrenzung der SIAS, vom Beckenkamm abgelöst. Mit einem Cobb-Raspatorium wird das Periost der Tabula interna in Richtung Linea terminalis und Os pubis bereits etwas abgeschoben. Es ist darauf zu achten, mit dem Raspatorium nicht zu weit nach kranial in Richtung Iliosakralgelenk zu gelangen, da hier große Perforansgefäße die Beckenschaufel durchstoßen. Werden diese eröffnet, ist eine Blutstillung meist nur mit Knochenwachs möglich.

Im nächsten Schritt wird die SIAS kaudal mit einem abgewinkelten spitzen Hohmann umfahren, die Spitze des Hohmanns wird dorsal des Ursprungs des M. sartorius platziert. Die laterale Begrenzung der Osteotomie wird durch eine Komresse markiert, die zuvor in den Raum zwischen Bauchmuskulatur und Tabula interna eingelegt wurde.

Der Tensor wird von der lateralen Kante der SIAS subperiostal geringfügig abgeschoben, um das schmale Sägeblatt für die SIAS-Osteotomie präzise anlegen zu können. Bei der Osteotomie mit der oszillierenden Säge wird die SIAS palpirt, um eine ausreichend Dicke von ca. 1,5 cm für die spätere Schrauben- und Fadenzerklage-Refixation zu gewährleisten. Die Osteotomie verläuft schräg von der Spitze des Hohmann-Hakens (kaudale Begrenzung der SIAS dorsal des Ursprungs des M. sartorius) bis zur abgelösten schrägen Bauchmuskulatur etwa 3 cm nach lateral. Die SIAS wird mit der Bauchmuskulatur und dem Sartorius und Lig. iliofemorale nach medial verschoben. Der M. rectus femoris bleibt unangetastet, sofern keine Gelenkexposition geplant ist. Die Hüfte wird etwa 45° gebeugt, um die ventrale Hüft-übergreifenden Muskulatur und den N. femoralis zu entspannen. Durch den intakten Periostmantel bleibt der M. iliacus während der gesamten Operation geschützt (Weber, Ganz 2002a).

Es folgt die subperiostale Darstellung der Eminentia iliopubica und der lateralen Hälfte des Os pubis, welches mit zwei Chiari-Hebeln umfahren wird. Die subperiostale Präparation und der Schutz mit den Hebeln sind entscheidend, um eine Verletzung der Corona mortis medial des Os pubis und des Obturator-Nerven-Gefäßbündels dorsal zu vermeiden (Weber, Ganz 2002a). Die Osteotomie des Pubis beginnt etwa 2 cm medial der Eminentia iliopubica, leicht schräg nach medial abfallend. Vorteilhaft ist die Verwendung des abgewinkelten PAO-Meißels, der oftmals erst mit kräftigen Hammerschlägen die ventrale Kortikalis durchbricht. Die vollständige Pubisosteotomie wird mit einem leichten Federn im Osteotomiebereich bestätigt.

Mit einem kräftigen Spickdraht wird der kraniale Scheitelpunkt der Iliumosteotomie markiert. Nach röntgenologischer Kontrolle der korrekten Position des Drahtes wird der Draht entfernt und der Eintrittspunkt mit einem 4,5 mm Bohrer vertieft, um hier später den abgewinkelten PAO-Meißel einhaken zu können.

Es folgt die schräge fluoroskopische Einstellung der zu operierenden Beckenhälfte zur Darstellung des hinteren Pfeilers zwischen Hüftgelenk und Foramen ischiadicum majus. Die Aufnahme sollte neben der Fossa acetabuli als am weitesten medial liegenden Anteil der Hüfte und der Begrenzung des hinteren Pfeilers zum kleinen Becken hin die Spina ischiadica und die vom kaudalen Scheitelpunkt kommende Osteotomie zeigen. Der Bildwandler wird nach sicherer Einstellung der Landmarken arretiert.

Für die sich anschließende Iliumosteotomie wird die Tabula externa mit einem schmalen Cobb-Raspatorium untertunnelt. Die Abduktoren werden im Tunnel mit einem Chiari-Hebel zur Osteotomie hin geschützt. Die Iliumosteotomie mit dem langen oszillierenden Sägeblatt beginnt etwa mittig im Bereich der SIAS-Osteotomiefläche und verläuft gerade auf den kranialen Scheitelpunkt zu. Es ist darauf zu achten, auch dorsolateral die Kortikalis vollständig zu osteotomieren.

Für die retroazetabuläre Osteotomie wird der abgewinkelte PAO-Meißel in die 4,5 mm – Bohrung eingesetzt und unter fluoroskopischer Kontrolle auf den von kaudal kommenden Osteotomiespalt vorgetrieben. Der Meißel sollte dabei mittig zwischen Fossa acetabuli und Foramen ischiadicum majus liegen, um weder ins Hüftgelenk einzubrechen noch den hinteren Pfeiler zu fissurieren. Die Osteotomie ist vollständig, sobald sich der Osteotomiespalt im Ilium aufweitet und sich die Knochenkanten verschieben.

Abbildungen 16 – 20 zeigen die Osteotomielinien aus verschiedenen Blickwinkeln. Die gestrichelte Linie repräsentiert die durch den dorsalen Zugang durchgeführte inkomplette Ischiumosteotomie. Alle weiteren Osteotomien, die durch den ventralen Zugang durchgeführt wurden, sind in einer durchgezogenen Linie dargestellt.



Abbildung 16: Osteotomieverlauf unter Ansicht von ventral; Modell einer linken Beckenhälfte



Abbildung 17: Osteotomieverlauf unter Ansicht von dorsal



Abbildung 18: Osteotomieverlauf unter Ansicht von medial



Abbildung 19: Osteotomieverlauf unter Ansicht von innen

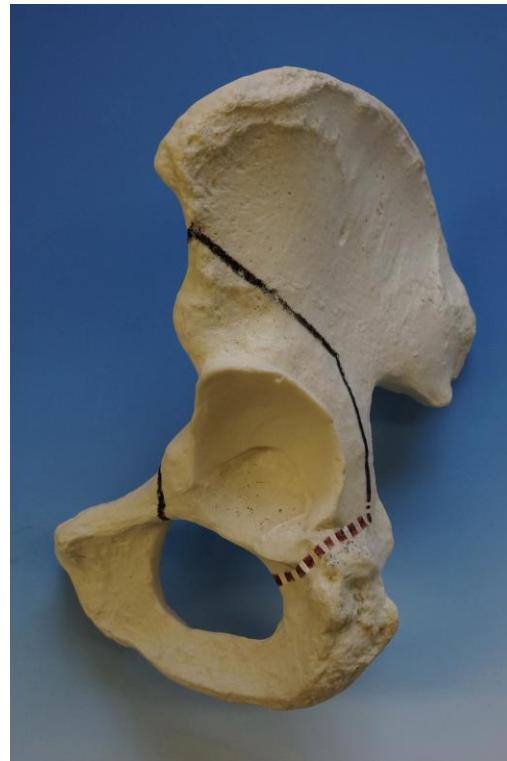


Abbildung 20: Osteotomieverlauf unter Ansicht von lateral

Der Osteotomiespalt wird zunächst wieder reponiert. Der Bildwandler wird anhand Becken und Hüftgelenk streng a.p. eingestellt, um eine korrekte Einstellung des Hüftgelenks kontrollieren zu können. Alle Verstellmöglichkeiten bis auf die Höhenverstellung und die Position des Schlittens zum Rein- und Rausfahren des C-Bogens werden arretiert. Für die folgenden Schritte wird der C-Bogen zunächst wieder zurückgezogen.

Mobilisation, Einstellung und Fixierung des azetabulären Fragments: Entscheidend für eine adäquate Reorientierung auch in schweren Fehlstellungen ist ein mobiles azetabuläres Fragment. Es ist darauf zu achten, dass die Osteotomie vollständig ist. Insbesondere am kranialen Scheitelpunkt im Bereich der Linea terminalis ist der iliakale Knochen sehr dick, sodass dorsolaterale Knochenbrücken leicht übersehen werden. Es ist empfehlenswert, mit dem abgewinkelten PAO-Meißel auch nach Aufspringen des Gelenkspalts wenige Male zusätzlich in den Osteotomiespalt einzugehen und besonders nach dorsolateral aufzuhebeln. Die weitere Mobilisation erfolgt mit einem Osetotomiespreizer, der in den iliakalen Osteotomiespalt eingebracht wird.

Bei aufgespreiztem Osteotomiespalt werden 2 Gewindedrähte vom lateralen Beckenkamm vor den Osteotomiespalt vorgelegt, um die folgende Fragmenteneinstellung temporär zu fixieren. Ein von lateral kommender Gewindedraht wird nach mediodorsal ausgerichtet, um den superior der Fossa acetabuli liegenden Knochen zu fassen. Der Eintrittspunkt für den zweiten Gewindedraht wird ca. 1,5 cm weiter medial gewählt, um noch Platz für eine dritte Schraube zu lassen, die bei Bedarf zwischen beide Schrauben gelegt wird. Der zweite Gewindedraht wird so ausgerichtet, dass der Draht das Azetabulum über dem lateralen Erker fasst.

Zur Fragmenteneinstellung werden 2 Schanzschrauben in das Fragment eingebracht. Eine Schanzschraube wird vertikal etwa 1,5 cm kaudal-lateral des kranialen Scheitelpunkts eingedreht, die zweite über die kaudale SIAS-Osteotomiefläche in Richtung erste Schraube. Die versetzte Anlage der Schrauben ermöglicht eine gute Kontrolle der Reorientierung des Fragmentes in alle Richtungen. Die Schrauben werden über 2 T-Griffe gefasst.

Das Fragment wird unter Kontrolle von Inklinierung, Version und medio-lateraler Position in die gewünschte Position gebracht und durch Vordrehen der Gewindedrähte fixiert. Mit dem Bildwandler wird die Position des Hüftgelenks überprüft, bei verbliebener Fehlstellung wird so lange korrigiert und kontrolliert, bis eine korrekte Hüfteinstellung erreicht ist.

Die Fixierung des azetabulären Fragments erfolgt mit zwei bis drei 4,5 mm Kortikalisschrauben über den ventrolateralen Beckenkamm und eine von direkt kranial der Spina iliaca anterior inferior eingebrachte 4,5 mm Kortikalisschraube, die in Richtung Iliosakralgelenk ins Ilium eingebracht wird (s. Abb. 21 und 22).

Die aufsteigende Schraube wird als erstes platziert, um die korrekte Einstellung durch ein Zurückdrehen der Gewindedrähte nicht zu gefährden. Im nächsten Schritt wird der nach ventral überstehende Anteil des azetabulären Fragments mit einem kleinen Sägeblatt abgetrennt und in den Osteotomiespalt zwischen die beiden Gewindedrähte eingebolzt. Die beiden Gewindedrähte werden durch Kortikalisschrauben ersetzt. Bei Bedarf wird die Osteosynthese durch eine weitere Schraube verstärkt. Es folgt eine Überprüfung der Stabilität der Osteosynthese durch manuellen Stress zwischen Azetabulum und Ilium sowie durch eine Beuge-Innenrotations-Bewegung im Hüftgelenk. Letztere sollte frei möglich sein: Eine Einschränkung könnte auf eine übermäßige laterale und/oder ventrale Überdachung hinweisen. Das fixierte Ergebnis wird nochmals fluoroskopisch oder röntgenologisch im a.p. und Ala-Strahlengang überprüft und dokumentiert.

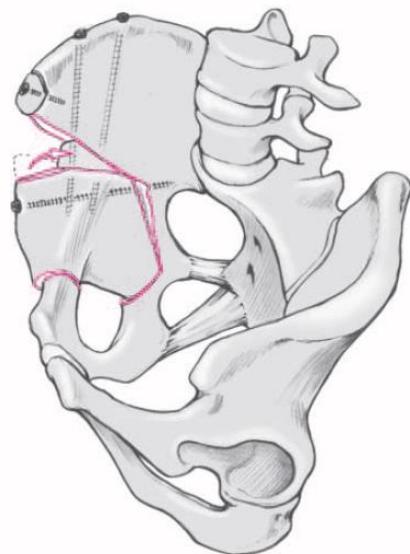


Abbildung 21: Fixierung des acetabulären Fragments (Weber, Ganz 2002a)



Abbildung 22: Fixierung des acetabulären Fragments; intraoperative Kontrolle (OCM München)

Spinarefixation und Wundverschluss. Nach ausgiebiger Spülung erfolgt die Refixation der Spina iliaca anterior superior. Nach transossärer Vorlage eines nichtresorbierbaren Fadens der Stärke 2 wird die Spina zunächst mit einer 3,5 mm – Kortikalisschraube refixiert. Anschließend wird sie mit dem liegenden Faden zusätzlich gesichert. Es folgt die Einlage einer tiefen Redondrainage an den Osteotomiespalt ohne Sog. Die schräge Bauchmuskulatur und der oberflächlich abgeschobene Tensor werden mit nichtresorbierbarer Naht der Stärke 2 sorgfältig am Beckenkamm refixiert. Nach Subkutan- und Intrakutannaht und Anlage eines sterilen Verbands erfolgt die Anlage eines Kompressionsverbands vom Fuß bis zum Becken.

3.4 Postoperative Rehabilitation

Die postoperative Rehabilitation erfolgt schmerzadaptiert, jedoch mit einer Teilbelastung der operierten unteren Extremität mit 20 kg an zwei Unterarmgehstützen für die ersten sechs Wochen. Nach Röntgenkontrolle mit Zeichen einer ersten Kallusbildung kann die Belastung ab diesem Zeitpunkt wöchentlich um 10 kg gesteigert werden, so dass der Übergang zur Vollbelastung meistens zwischen der 10. und 12. Woche erfolgt.

Am Operationstag besteht Bettruhe, die Lagerung von Patient und Bein erfolgt schmerzadaptiert. Am ersten Tag postoperativ erfolgt eine Mobilisation an die Bettkante oder vor das Bett. Zusätzlich wird das Hüftgelenk zwei- bis dreimal täglich über eine Motorschiene schmerzadaptiert bewegt.

Unter physiotherapeutischer Anleitung erfolgt eine erste vorsichtige passive Mobilisation des Hüftgelenks, zudem Maßnahmen zur muskulären Stabilisierung von Hüfte und Becken. Am zweiten Tag postoperativ erfolgt die Entfernung der Redondrainage, Verbandswechsel und Entfernung des Kompressionsverbandes. Der Patient wird im Zimmer und zur Toilette mobilisiert. Das Sitzen wird ohne Einschränkung oder Hilfsmittel erlaubt. Die meisten Patienten erreichen zwischen dem 4. bis 7. Tag die eigenständige sichere Mobilisation an zwei Unterarmgehstützen und freie Gelenkbeweglichkeit. Die Entlassung in die ambulante Behandlung erfolgt zwischen dem 4. und 12. Tag, meistens nach gut einer Woche.

Verbandswechsel und Entfernung der Wundfäden erfolgen nach allgemeinen Prinzipien. Bis zur Vollbelastung erfolgt bei allen Patienten eine Thromboseprophylaxe mit einem niedermolekularen Heparin, bei bekannten Allergien mit Alternativpräparaten. Während der ersten zehn Tage postoperativ erfolgt eine medikamentöse Prophylaxe gegen heterotope Ossifikationen mit nichtsteroidalen Antiphlogistika.

Bei der ambulanten Physiotherapie sollte während der ersten sechs Wochen der Fokus auf eine muskuläre Stabilisierung von Hüfte und Becken, Training der Teilbelastung mit 20 kg an zwei Unterarmgehstützen, isometrischen Kraftübungen und Normalisierung der Gelenkbeweglichkeit gelegt werden. In Ergänzung ist bei anhaltenden Schwellungen insbesondere im Oberschenkelbereich eine Lymphdrainage sinnvoll.

Ab der 7. Woche postoperativ wird die Aufbelastungsphase physiotherapeutisch unterstützt. Mit dem Übergang zur Vollbelastung wird die ambulante Physiotherapie intensiviert oder eine stationäre oder ambulante Rehabilitation eingeleitet. Nach Erreichen der Vollbelastung erfolgt eine weitere a.p.-Röntgenkontrolle.

Eine Metallentfernung wird im Allgemeinen nach 9-12 Monaten empfohlen, der Patient aber darauf hingewiesen, dass diese nicht unbedingt erforderlich ist. Sollten Titanschrauben aufgrund einer Metallallergie verwendet worden sein, sollten diese vor Ablauf des 12. Monats entfernt werden, da das Risiko eines Schraubenbruchs bei Titanschrauben mit längerer Standzeit deutlich steigt.

4. Ergebnisse

4.1 Auswertung allgemein

Die Auswertung der Datenbanken konnte 34 Patienten (weiblich n=30, männlich n=4) erfassen, von welchen drei Patientinnen eine doppelseitige PAO erhielten. Daher beziehen sich die vorliegenden Ergebnisse auf 37 durchgeführte PAOs (linksseitig n=19, rechtsseitig n=18). Alle Eingriffe wurden im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2012 durchgeführt: Sieben PAOs im Jahr 2010, vierzehn im Jahr 2011 und sechzehn im Jahr 2012.

Eine der drei Patientinnen, welche eine doppelseitige Umstellungsosteotomie erhielten, wurde mit einem Abstand von sechs Monaten, die beiden weiteren Patientinnen mit einem Abstand von jeweils 13 Monaten beidseitig operativ versorgt. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 29 Jahre (16– 45 Jahre).

4.2 Arztbriefe der Orthopädischen Chirurgie München

Die Indikation zur PAO war in allen Fällen eine azetabuläre Restdysplasie. Bei 10 Patienten war bereits vor der PAO eine Arthroskopie der betroffenen Hüfte durchgeführt worden, 7 in der Sana Klinik Sendling, 3 von anderen Kliniken. Bei 5 Patienten erfolgte eine arthroskopische Kopf-Hals-Taillierung zur Korrektur des verminderten Offsets bei vorliegendem Cam-Impingement. Bei 2 Patienten wurde während der Arthroskopie eine Synovektomie und Knorpelglättung durchgeführt. Bei 3 Patienten erfolgte eine arthroskopische Refixation eines rupturierten Labrum acetabulare.

4.2.1 Bewegungsumfang

Der Bewegungsumfang des Hüftgelenks wurde den Arztbriefen der Orthopädischen Chirurgie München entnommen. Tabelle 7 zeigt die deskriptive Statistik aller gemessenen Bewegungsgrade. Zum Zeitpunkt der Entlassung der Patienten wurden nur Angaben zu Flexion und Extension gemacht.

Mittels einer Varianzanalyse wurden die präoperativen Werte der Patienten, für die vollständige Datensätze vorlagen (n = 21), mit den postoperativ gemessenen Werten verglichen.

Die Varianzanalyse zwischen dem präoperativem und den postoperativen Zeitpunkten ergab nur für den Zeitpunkt bei Entlassung eine signifikante Reduktion der Extension und Flexion ($p = 0,000$). Bereits in der Nachuntersuchung 3 Monate postoperativ sowie in allen folgenden Nachuntersuchungen war die Beweglichkeit für alle Bewegungsrichtungen wieder auf dem präoperativen Niveau. Der p -Wert dieser Messungen ist daher in allen Fällen $> 0,01$. Aus diesem Grund werden in Tabelle 7 nur die Ergebnisse der Varianzanalyse zwischen dem präoperativen und zuletzt gemessenen Wert angegeben.

Tabelle 7: Prä- und postoperativer Bewegungsumfang des operierten Hüftgelenks

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abw.	Varianzanalyse Präoperativ vs. letzter aktueller Wert
Extension präoperativ	35	0	20	8,57	4,13	0,891
Extension bei Entlassung	37	0	0	0	0	
Extension 6Wochen postop.	16	0	10	2,19	3,15	
Extension 3Monate postop.	23	0	15	6,30	5,27	
Extension letzter akt. Wert	25	0	10	8,20	3,79	
Flexion präoperativ	35	90	125	116,29	7,80	1,000
Flexion bei Entlassung	37	90	90	90,00	0	
Flexion 6Wochen postop.	16	95	120	110,00	7,07	
Flexion 3Monate postop.	23	100	130	116,52	6,81	
Flexion letzter akt. Wert	26	100	130	118,46	6,75	
Innenrotation präoperativ	35	0	70	19,29	12,26	0,180
Innenrotation 6Wochen postop.	16	10	20	13,44	3,52	
Innenrotation 3Monate postop.	23	10	45	16,52	7,45	
Innenrotation letzter akt. Wert	26	5	30	16,73	4,89	
Außenrotation präoperativ	35	30	90	53,29	12,48	0,732
Außenrotation 6Wochen postop.	16	25	60	39,06	10,20	
Außenrotation 3Monate postop.	23	35	75	48,04	8,76	
Außenrotation letzter akt. Wert	26	30	85	51,50	10,16	
Abduktion präoperativ	34	30	55	44,71	3,88	0,054
Abduktion 6Wochen postop.	17	20	45	35,59	7,26	
Abduktion 3Monate postop.	24	30,0	50,0	40,00	6,26	
Abduktion letzter akt. Wert	25	30	50	42,40	5,97	

4.2.2 Impingementtest

Für den Impingementtest wurden die in den Arztbriefen der OCM München vorliegenden präoperativen (n=34) und postoperativen (n=26) Testergebnisse gewertet (s. Abb. 23). Präoperativ (n=34) wiesen 3 Patienten einen deutlich positiven und 22 Patienten einen positiven Impingementtest auf. Bei 3 Patienten war das Ergebnis diskret positiv, bei weiteren 6 Patienten negativ. In den postoperativen Kontrollen zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt (n=26) fiel der Test zweimal positiv, dreimal diskret positiv und 21mal negativ aus.

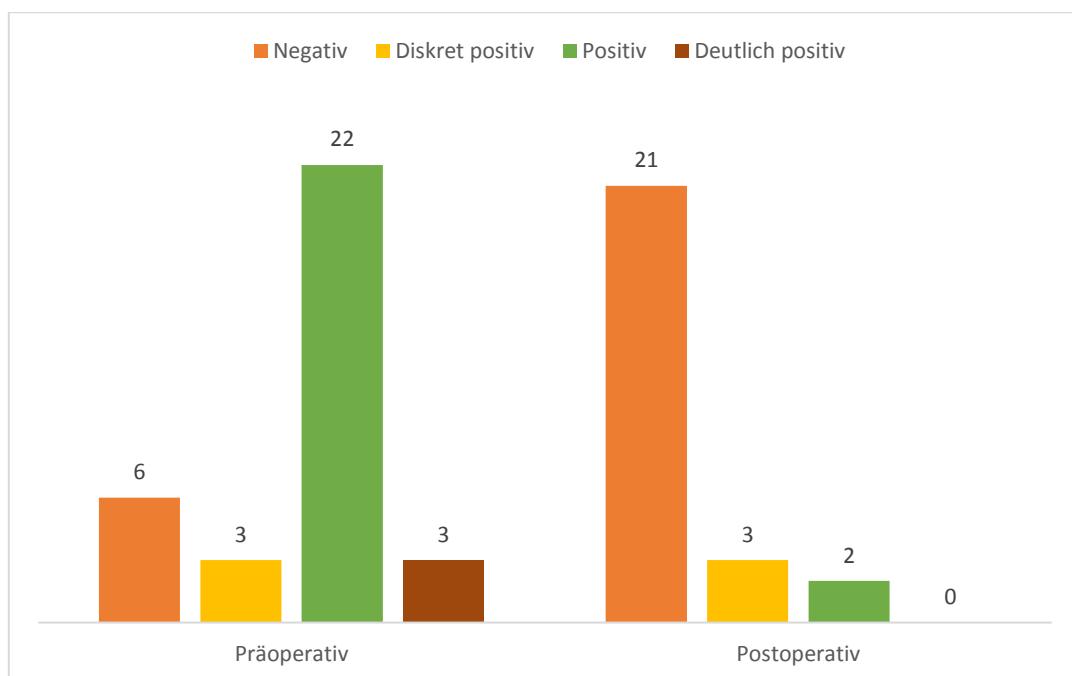


Abbildung 23: Ergebnisse des Impingementtests präoperativ vs. postoperativ (letzter Nachuntersuchungszeitpunkt)

4.2.3 Apprehensionstest

Eine Schmerzprovokation durch den Apprehensionstest war präoperativ (n=34) bei 4 Patienten deutlich positiv, bei 7 Patienten positiv, diskret positiv bei 4 Patienten und bei 19 Patienten negativ. Die postoperative Kontrolle zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt (n=24) ergab bei einem Patienten eine diskret positive Schmerzprovokation, bei 23 Patienten ein negatives Ergebnis im Apprehensionstest (s. Abb. 24).

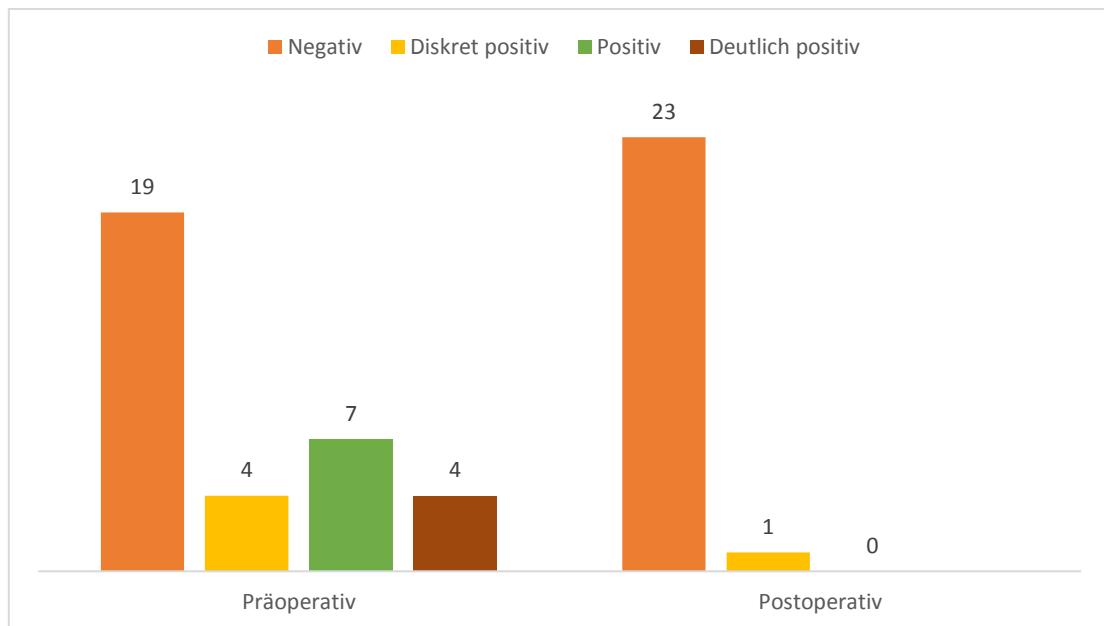


Abbildung 24: Ergebnisse des Apprehensionstests präoperativ vs. postoperativ (letzter Nachuntersuchungszeitpunkt)

4.2.3 Schnitt-Naht-Zeit

Für die Gesamtdauer des operativen Eingriffs, die Dauer des dorsalen und ventralen Operationsanteils sowie die benötigte Zeit zur Umlagerung wurden jeweils die Mittelwerte und Standardabweichungen ermittelt. Die mittlere Gesamtdauer der PAO betrug bei dem untersuchten Patientengut 212,7 Minuten (SD: 29,2). Hiervon wurden für den dorsalen Anteil im Schnitt 51,8 Minuten (SD: 10,9), für den ventralen Anteil 143,5 Minuten (SD: 28,4) benötigt. Die mittlere Umlagerungszeit des Patienten von Seitenlage in Rückenlage und erneuter steriler Abdeckung betrug 21,0 Minuten (SD: 6,9).

4.2.4 Blutwerte

Präoperativ (n=36) lag der Hämoglobinwert im Mittel bei 13,7 g/dl (SD: 1,3; min. 11,8 g/dl – max. 16,6 g/dl). Am ersten postoperativen Tag (n=36) sank der Wert auf 10,1 g/dl (SD: 1,6; min. 7,0 g/dl – max. 13,3 g/dl), erhöhte sich bis zur Entlassung (n=35) jedoch wieder auf Mittelwerte von 10,9 g/dl (SD: 1,4; min. 9 g/dl – max. 16,4 g/dl). Auch für den Hämatokrit (%) konnte ein ähnlicher Verlauf festgestellt werden. Der präoperative Mittelwert (n=35) lag bei 41% (SD: 4,3; min. 34% - max. 57,6%), sank am ersten postoperativen Tag (n=36) auf 30,1% (SD: 4,6; min. 20,2% - max. 39%) und stieg bis zu Entlassung (n=35) der Patienten auf 33,5% (SD: 4,4; min. 27,5% - max. 51,7%) (s. Abb. 25).

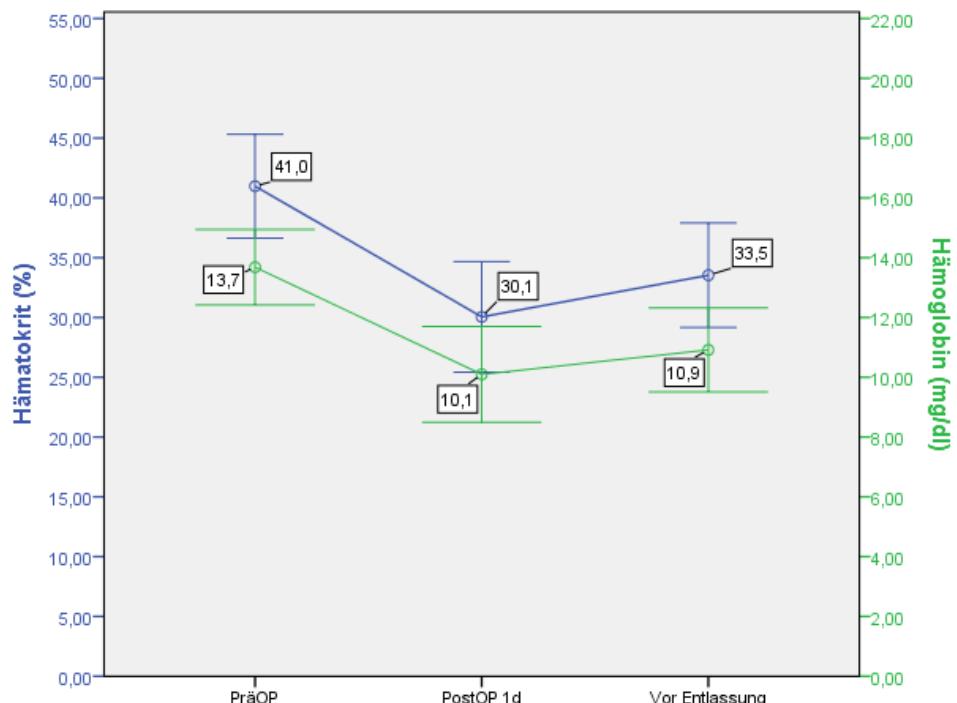


Abbildung 25: Prä- und postoperative Hämoglobin- und Hämatokritwerte mit Angabe der einfachen Standardabweichung nach oben und unten (± 1 SD)

In der Akte einer Patientin fehlten die Angaben für die letzte Blutkontrolle vor der Entlassung, für eine Patientin die präoperativen Blutwerte, bei einer weiteren fehlten die Blutwerte für alle Zeitpunkte.

Für die 10 Patienten, die postoperativ eine Transfusion (s.u.) erhielten, wurden die Hämoglobin- und Hämatokritwerte nochmal separat betrachtet. Präoperativ (n=10) lag der Hämoglobinwert im Mittel bei 13,2 g/dl (SD: 0,9). Am ersten postoperativen Tag (n=10) sank der Wert auf 8,9 g/dl (SD: 0,97), erhöhte sich bis zur Entlassung (n=10) wieder auf Mittelwerte von 10,5g/dl (SD: 0,95). Für den Hämatokrit (%) konnte ein ähnlicher Verlauf festgestellt werden. Der präoperative Mittelwert (n=9) lag bei 41,7% (SD:7,8), sank am ersten postoperativen Tag (n=10) auf 26,3% (SD: 2,6) und stieg bis zu Entlassung (n=10) der Patienten auf 32,4% (SD: 2,7).

4.2.5 Transfusionen

Im postoperativen Verlauf erfolgte in 10 Fällen eine Transfusion von Blutprodukten. In 5 Fällen wurde jeweils ein Konzentrat aus der präoperativen Eigenblutspende transfundiert. Drei Patienten benötigten jeweils zwei Eigenblutkonzentrate. Eine Patientin erhielt neben einem Konzentrat aus der Eigenblutspende weitere zwei Konzentrate Fresh Frozen Plasma. Bei einer Patientin wurden insgesamt zwei Eigenblutkonzentrate, ein Erythrozytenfremdkonzentrat und 4 Fresh Frozen Plasma - Konzentrate transfundiert. Diese Patientin musste auf Grund eines internistisch komplizierten postoperativen Verlaufs in eine Medizinische Klinik überwiesen werden.

4.2.6 Dauer des stationären Aufenthaltes

Der Mittelwert für die Dauer des stationären Aufenthaltes nach PAO mit Doppelinzisionstechnik lag bei 10,6 Tagen (SD: 1,6, 8- 14 Tage).

4.2.7 Komplikationen

Intraoperativ gestaltete sich bei einer Patientin die Mobilisation des azetabulären Fragments als schwierig, zudem kam es hier zu kräftigen Blutungen aus der osteotomierten Knochenfläche und kleineren Blutungen aus der Tiefe des kleinen Beckens. Bei der Fixierung des Fragments fiel der Druck der Patientin ab, sodass eine rasche Fixation des osteotomierten Fragments notwendig war. Die intraoperative Röntgenkontrolle zeigte ein zufriedenstellendes Einstellungs- und Fixierungsergebnis, die Blutungen waren zum Ende des Eingriffs gestillt.

Im postoperativen Verlauf wurde bei zwei Patienten eine Fußheber- und Großzehengeherschwäche gefunden, die mit Hyposensibilitäten im Innervationsgebiet des N. peroneus einherging. Direkt postoperativ bestanden Kraftgrade der Muskulatur bei 3/5 bzw. 4/5, die sich bei einer Patientin innerhalb der ersten beiden Wochen während des stationären Verlaufs und bei der anderen Patientin innerhalb des ersten postoperativen Jahres vollständig zurückbildeten.

Innerhalb der ersten 3 Monate postoperativ wurden folgende Sensibilitätsstörungen festgestellt: Fünf Patienten gaben Hypästhesien, ein Patient Dysästhesien im Narbenbereich an. Hiervon war in einem Fall die dorsale Narbe betroffen, alle anderen Sensibilitätsstörungen wurden im Bereich des ventralen Zugangs beschrieben. Innerhalb von durchschnittlich zehn Monaten waren diese Ausfälle bei allen Patienten rückläufig. Hypästhesien im Innervationsgebiet des N. cutaneus femoris lateralis und N. cutaneus femoris posterior wurden von jeweils fünf Patienten angegeben. Diese waren im Bereich des N. cutaneus femoris lateralis bei 2 Patienten vier Monate postoperativ nicht mehr vorhanden und bei den verbleibenden drei Patienten rückläufig. Die Hypästhesien des N. cutaneus femoris posterior bildeten sich innerhalb von zehn Monaten bei allen fünf Patienten zurück. Ein Patient gab ein Pelzigkeitsgefühl an der Oberschenkel-Innenseite an, das bei der Kontrolluntersuchung fünf Monate postoperativ nicht mehr beschrieben wurde. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die intra- und postoperativen Komplikationen in ihrer absoluten und relativen Häufigkeit. Als persistierend wurden solche Komplikationen eingestuft, die zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung noch nachweisbar oder rückläufig waren.

Tabelle 8: Intra- und postoperative Komplikationen

Temporäre Komplikationen			Persistierende Komplikationen		
	Häufigkeit			Häufigkeit	
	absolut	relativ		absolut	relativ
Intraop. Blutung	1	2,7%	Dysästhesie im Narbenbereich	1	2,7%
Postop. Fußheber- und Großzehenschwäche	2	5,4%	Hypästhesie im Narbenbereich	5	13,5%
Hypästhesie (N. cutaneus femoris lateralis)	2	5,4%	Hypästhesie (N. cutaneus femoris lateralis)	3	8,1%
Hypästhesie (N. cutaneus femoris posterior)	5	13,5%			

4.3 Analyse der Röntgenbilder

4.3.1 Arthrosegrad nach Tönnis (Tönnis 1984)

Der Arthrose Grad nach Tönnis konnte bei insgesamt 36 von 37 Hüfteingriffen auf der präoperativen Beckenübersichtsaufnahme bestimmt werden. Bei 21 Fällen lag ein Arthrosegrad 0 (58,3%) und bei 15 ein Arthrosegrad 1 (41,7%) vor. Eine signifikante Zunahme der Arthrose bis zur letzten Röntgenkontrolle konnte nicht gefunden werden.

4.3.2 Cross-over Sign (COS)

Das COS war in 11 Fällen positiv (30,6%), in 25 Fällen (69,44%) konnte kein COS gefunden werden.

4.3.3 Winkel

Von den insgesamt 37 durchgeführten PAOs lagen bei 36 die präoperativen Beckenübersichtsaufnahmen zur Analyse vor. Eine Patientin war bereits in einem anderen Klinikum vorstellig geworden, sodass die präoperativen Aufnahmen extern angefertigt wurden und nicht in digitaler Form in der OCM München vorlagen. Nach jedem Eingriff wurde eine postoperative Beckenübersichtsaufnahme angefertigt. Für 7 der insgesamt 37 PAOs ist dies zugleich die letzte Röntgenkontrolle in der OCM München, da die postoperative Behandlung in der Heimat stattfand. Insgesamt lagen von 20 Patienten präoperative Röntgenbilder in Faux-profil-Projektion vor.

Die Ergebnisse der für die Studie relevanten Winkel wurden in Form deskriptiver Statistik und als ‚Varianzanalyse für mehrere Messungen‘ wiedergegeben.

4.3.3.1 LCE – Winkel

Für insgesamt $n = 28$ durchgeführte PAOs konnte eine Varianzanalyse für mehrere Messungen durchgeführt werden ($p < 0,001$). Es zeigte sich eine statistisch hochsignifikante Steigerung vom präoperativen Mittelwert von $12,5^\circ$ auf postoperativ $26,9^\circ$ ($p < 0,001$) (s. Tab. 9, Abb. 26, Tab. 10). Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung ergab sich für die LCE-Winkel mit einem Mittelwert von $26,8^\circ$ keine signifikante Veränderung im Vergleich zum direkt postoperativen Röntgenbild.

Tabelle 9 zeigt die paarweisen Vergleiche der Varianzanalyse mit Angabe der mittleren Messdifferenz zwischen den einzelnen Zeitpunkten und ihrer Signifikanz. In Tabelle 11 findet sich die deskriptive Statistik der LCE-Winkel für das gesamte Patientenkollektiv, die auch die Messungen berücksichtigt, die auf Grund von fehlenden Daten nicht mit in die Varianzanalyse einbezogen wurden.

Tabelle 9: Varianzanalyse der LCE-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung

				95% Konfidenzintervall für die Differenz	
Verglichene Zeitpunkte	Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz p-Wert	Untergrenze	Obergrenze
Präoperativ versus Postoperativ	14,3	0,9	< 0,001	12,2	16,5
Präoperativ versus letzte Nachuntersuchung	14,3	0,9	< 0,001	12,0	16,5
Postoperativ versus letzte Nachuntersuchung	0,1	0,4	1,000	0,9	1,0

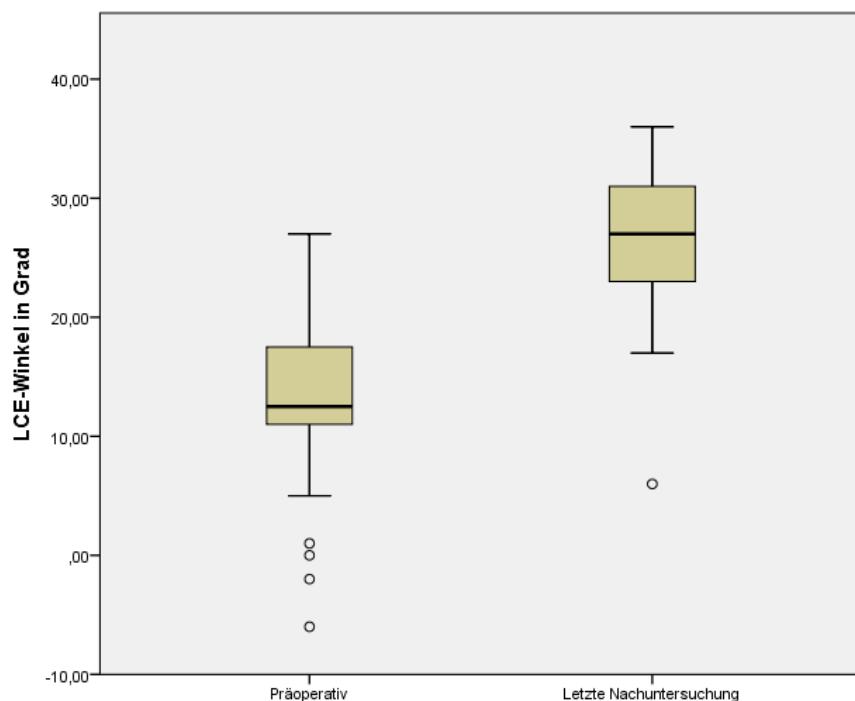


Abbildung 26: LCE-Winkel präoperativ und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

Tabelle 10: Interpretation der Boxplots (Abb. 26, 27, 28, 29, 31, 32)

	Bedeutung
Obere Kastengrenze	Drittes Quartil = 0,75-Quantil
Untere Kastengrenze	Erstes Quartil = 0,25-Quantil
Kastenteilungslinie	Median
Whisker	Extreme Nicht-Ausreißer Werte
Ausreißer	Werte um mehr als das 1,5fache des Interquartilsabstands jenseits des 1., bzw. 3. Quartils (durch Symbole markiert)

Tabelle 11: LCE-Winkel präoperativ, postoperativ und letzte Nachuntersuchung für das gesamte Patientenkollektiv

	Zeitpunkt der Winkelmessung		
	Präoperativ	Postoperativ	Letzte Nachuntersuchung
Anzahl (n)	36	37	30
Spannweite	33	29	30
Minimum	-6	7	6
Maximum	27	36	36
Mittelwert	13,2	27,1	26,5
Standardabweichung	7,6	6,1	6,8

4.3.3.2 TF – Winkel

Für insgesamt 28 durchgeführte PAOs konnte eine Varianzanalyse für mehrere Messungen erfolgen ($p < 0,001$). Die Analyse der TF-Winkel zeigte eine statistisch hochsignifikante Verkleinerung vom präoperativen Mittelwert von $13,8^\circ$ auf postoperativ $3,5^\circ$ ($p < 0,001$) (s. Tab. 12, Abb. 27). Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung zeigte der TF-Winkel mit einem Mittelwert von $3,2^\circ$ keine signifikante Veränderung im Vergleich zum direkt postoperativen Röntgenbild. Tabelle 12 zeigt die paarweisen Vergleiche der Varianzanalyse mit Angabe der mittleren Messdifferenz zwischen den einzelnen Zeitpunkten und ihrer Signifikanz.

In Tabelle 13 findet sich die deskriptive Statistik der TF-Winkel für das gesamte Patientenkollektiv, die auch die Messungen berücksichtigt, die auf Grund von fehlenden Daten nicht mit in die Varianzanalyse einbezogen wurden.

Tabelle 12: Varianzanalyse der TF-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung

				95% Konfidenzintervall für die Differenz	
Verglichene Zeitpunkte	Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz p-Wert	Untergrenze	Obergrenze
Präoperativ versus Postoperativ	10,4	1,0	< 0,001	7,9	12,8
Präoperativ versus Letzte Nachuntersuchung	10,6	0,9	< 0,001	8,3	12,9
Postoperativ versus Letzte Nachuntersuchung	0,2	0,4	1,000	0,7	1,2

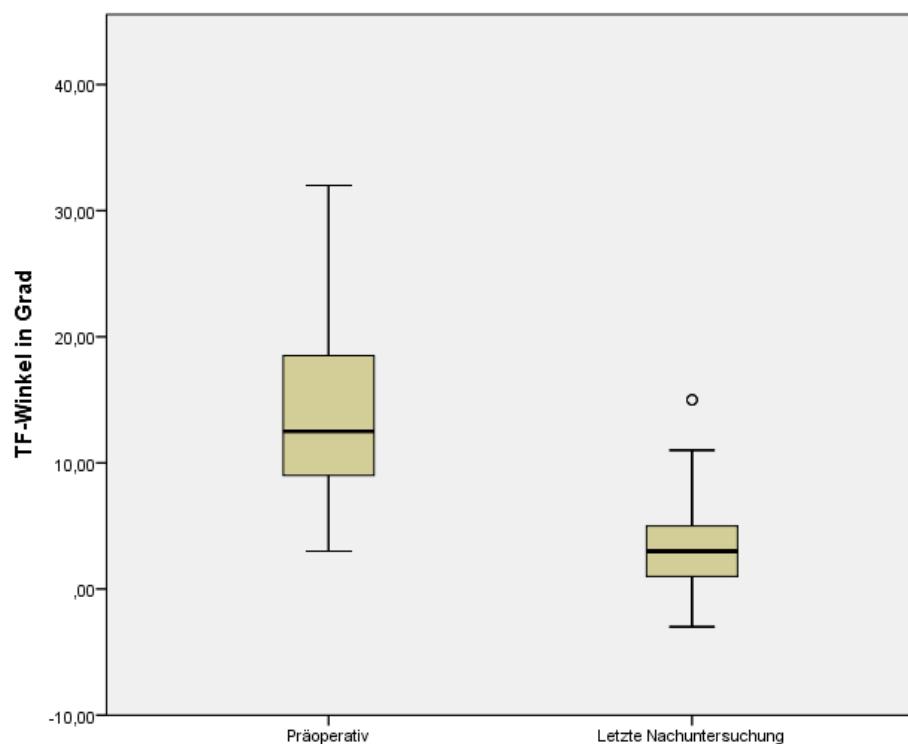


Abbildung 27: TF-Winkel präoperativ und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

Tabelle 13: TF-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung für das gesamte Patientenkollektiv

	Zeitpunkt der Winkelmessung		
	Präoperativ	Postoperativ	Letzte Nachuntersuchung
Anzahl (n)	36	37	30
Spannweite	29	18	18
Minimum	3	-4	-3
Maximum	32	14	15
Mittelwert	13,83	3,62	3,37
Standardabweichung	6,6	4,1	4,5

4.3.3.3 VCA – Winkel

Für die präoperativ gemessenen VCA – Winkel in Faux Profil – Projektion (n = 20) ließ sich ein Mittelwert von 12,5° mit Minimum bei 0° und Maximum bei 23° ermitteln.

4.4 Patientenfragebogen und klinische Ergebnis-Scores

4.4.1 Fragebogen

Insgesamt wurden von 32 Patienten (86,5%) der Fragebögen ausgefüllt und zurückgeschickt. Trotz erneuter Zusendung der Fragebögen gingen 5 PAOs nicht in die Untersuchung der klinischen Ergebnis-Scores ein. Das Gesamtergebnis des Scores nach Merle d'Aubigné und Postel konnte für n = 28 Patienten berechnet werden. Vier der Patienten, die durch Zurücksenden des Fragebogens aktiv an der Studie teilnahmen, gehörten demjenigen Patientengut an, die ihre Nachuntersuchung in der Heimat durchführen ließen. Aufgrund dessen lagen in diesen Fällen keine Daten zu Verlaufskontrollen ein bis drei Jahre postoperativ der PAO vor. Die Unterpunkte des Scores ‚Schmerz‘ und ‚Gehhilfen‘ konnten jedoch mit Hilfe des zurückgesandten Fragebogens berechnet werden. Für die Scores mHHS, iHOT – 12 und SF – 36 konnten für alle vorliegenden Fragebögen das Gesamtergebnis berechnet werden.

4.4.2 Score nach Merle d'Aubigné und Postel

Für den Score nach Merle d'Aubigné und Postel ergab sich zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt ein Mittelwert von 16,5 (SD: 1,5) von 18 möglichen Punkten (s. Abb. 28). Für den Schmerz-Score errechnete sich ein Mittelwert von 4,6 von 6 Punkten (SD: 1,3), für die Benutzung von Gehhilfen 5,9 von 6 Punkten (SD: 0,3) und für die Beweglichkeit des Hüftgelenks 6 von 6 Punkten (SD: 0,0; Tab. 14). Nach Bewertung durch die Autoren des Scores zeigten damit 67,9% ein ‚sehr gutes‘, 28,6% ein ‚gutes‘ sowie 3,6% ‚mäßiges‘ Ergebnis.

Tabelle 14: Ergebnisse Score nach Merle d'Aubigné und Postel

	Gesamtergebnis	Schmerz	Gehhilfe	Beweglichkeit
Anzahl (n)	28	32	32	28
Spannweite	6,000	6,000	1,000	0,000
Minimum	12,000	0,000	5,000	6,000
Maximum	18,000	6,000	6,000	6,000
Mittelwert	16,536	4,594	5,906	6,000
Standardabweichung	1,453	1,292	0,296	0,000

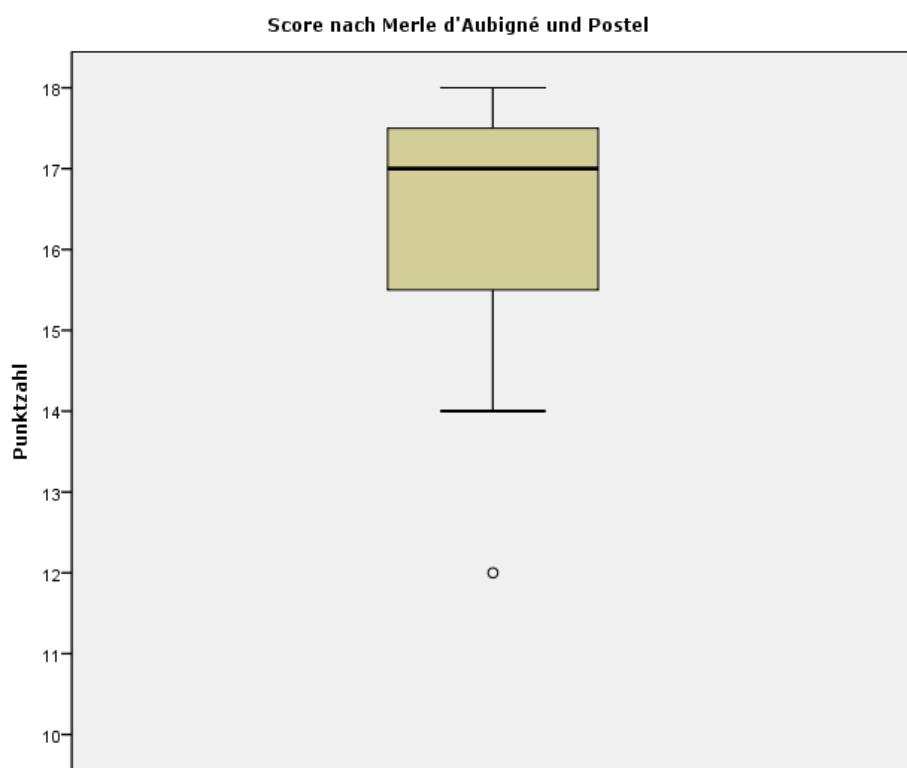


Abbildung 28: Ergebnisse Score nach Merle d'Aubigné und Postel

4.4.3. Modifizierter Harris Hip Score

Für den modifizierten Harris Hip Score ergab sich zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt ein Mittelwert von 87,6 (SD: 14,2) von 100 möglichen Punkten (s. Tab. 15 und Abb. 29). Nach Bewertung des mHHS durch Byrd und Jones (2000) zeigten damit 62,5% ein ‚sehr gutes‘ sowie jeweils 12,5% ein ‚gutes‘, ‚mäßiges‘ und ‚schlechtes‘ Ergebnis.

Zur Beurteilung der Auswirkung der PAO auf die pelvitrochantäre Muskulatur wurde der Faktor ‚Hinken‘ im mHHS zusätzlich separat betrachtet. Der Mittelwert, der hierbei erreichten Punkte, lag bei 10,3 (SD: 1,7) von maximal 11 Punkten (s. Tab. 15). In Abbildung 30 ist die Häufigkeitsverteilung dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse mHHS

	Anzahl (n)	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Gesamtergebnis	32	57,2	42,9	100,1	87,6	14,2
Faktor ‚Hinken‘	32	6,0	5,0	11,0	10,3	1,7

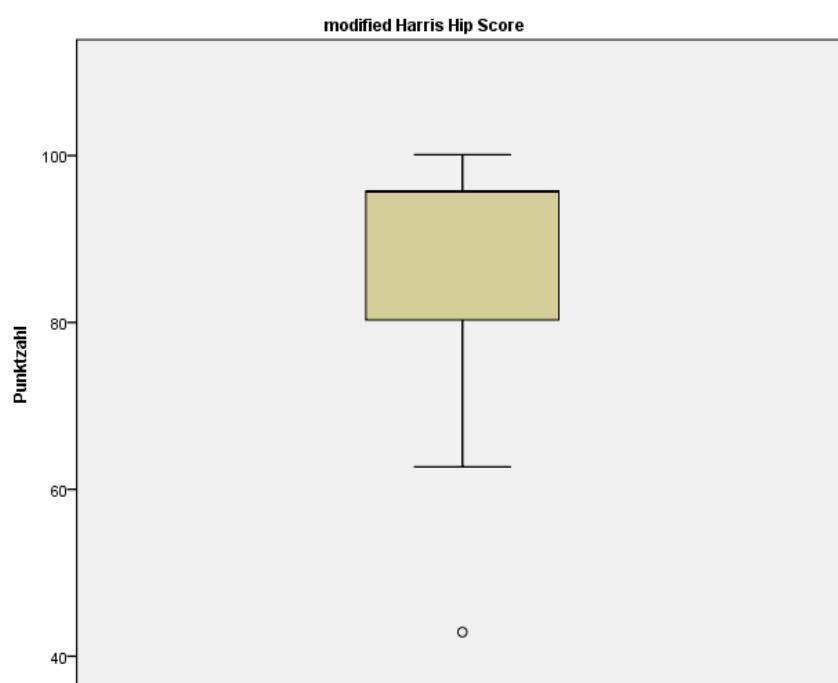


Abbildung 29: Ergebnisse im modifizierten Harris Hip Score



Abbildung 30: Für das Kriterium „Hinken“ erreichte Punktzahl. Der mHHS gibt dafür die Möglichkeiten 0, 5, 8 und 11 Punkte vor.

4.4.4 International Hip Outcome Tool – 12

Im iHOT – 12 bestand bei die Möglichkeit auf Frage Nummer 9 („Haben Sie Schwierigkeiten auf Grund ihrer Hüfte bei sexuellen Tätigkeiten?“) nicht zu antworten. Somit bezieht sich die Gesamtauswertung des Scores auf $n = 28$ mit 12/12 und $n = 4$ mit 11/12 beantworteten Fragen. Für das International Hip Outcome Tool – 12 ergab sich zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt ein Mittelwert von 78,2% (SD: 20,7) von der maximal erreichbaren Punktzahl bei 12/12 beantworteten Fragen sowie ein Mittelwert von 73% (SD: 23,7) bei 11/12 beantworteten Fragen (s. Tab. 16). In Abbildung 31 sind die Gesamtergebnisse des iHOT – 12 bei 12/12 beantworteten Fragen dargestellt. Die Anzahl der Fragebögen mit 11/12 beantworteten Fragen ($n = 4$) Fragebögen war zu gering, hierfür wurde kein Boxplot erstellt.

Tabelle 16: Ergebnisse iHOT-12

	Anzahl (n)	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
iHOT-12 12/12	28	68,40	30,40	98,80	78,17	20,69
iHOT12 11/12	4	54,3	42,9	97,2	73,50	23,68

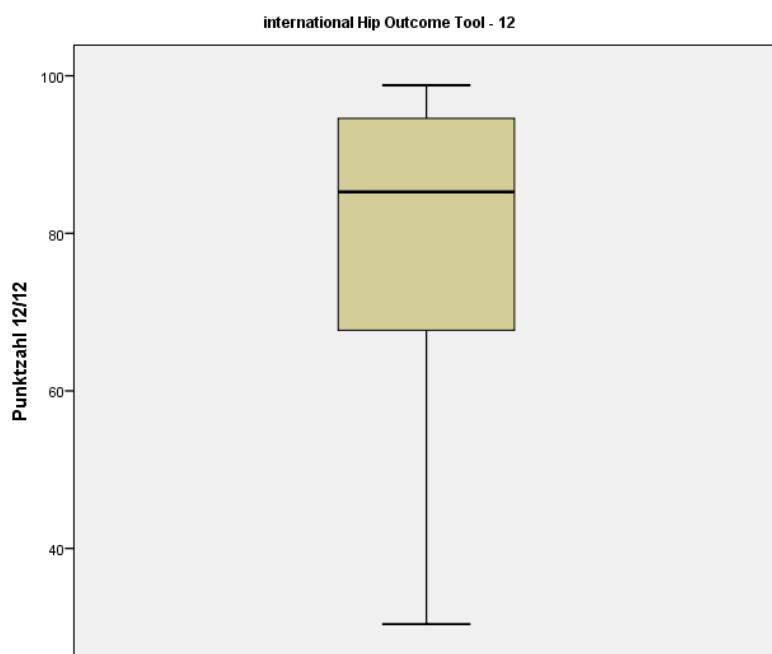


Abbildung 31: Ergebnisse international Hip Outcome – Tool 12

4.4.5 Short – Form 36

Für den SF – 36 ergab sich zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt für die Psychische Summenskala ein Mittelwert von 48,7 (SD: 7,2), für die Körperliche Summenskala ein Mittelwert von 49,3 (SD: 8,7; s. Tab. 17). Das Verhalten der Summenskalen ist in Abbildung 32 dargestellt. Abbildung 33 zeigt den Vergleich der Mittelwerte zwischen den Summenskalen dieser Studie und den Werten der deutschen Normpopulation von 1998 (Ellert, Kurth 2004).

Tabelle 17: Ergebnisse SF-36

	Anzahl (n)	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Körperliche Summenskala	32	27,641	29,529	57,170	48,727	7,155
Psychische Summenskala	32	28,725	33,145	61,870	49,294	8,724

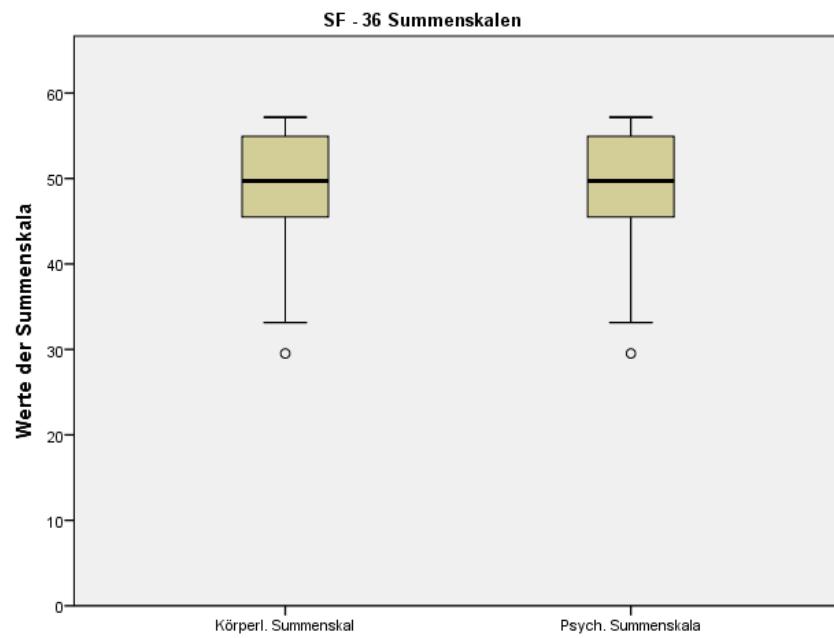


Abbildung 32: Ergebnisse Short Form-36 : Körperliche Summenskala (Körperliches Befinden), Psychische Summenskala (Psychisches Befinden)

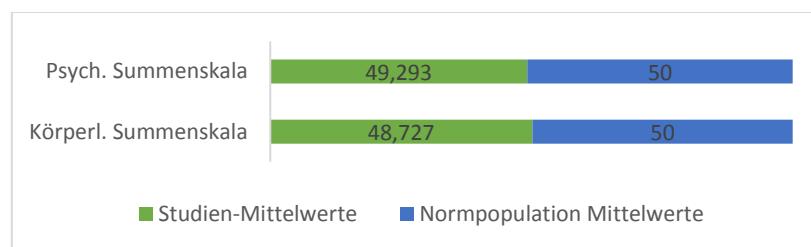


Abbildung 33: SF-36 Vergleich der Mittelwerte Studienpopulation vs. Normpopulation

5. Diskussion

Zur Behandlung der azetabulären Restdysplasie nach Wachstumsabschluss stehen mit der Dreifachosteotomie nach Tönnis (Tönnis et al 1981; Tönnis et al 1998; Kalchschmidt, Tönnis 2004) und der Berner periazetabulären Osteotomie (PAO) nach Ganz (Ganz et al 1988; Weber, Ganz 2002a; Leunig et al 2004) zwei international etablierte Operationsverfahren zur Verfügung. Während die Dreifachosteotomie nach Tönnis insbesondere in Deutschland Verbreitung gefunden hat, wird die PAO nach Ganz vorwiegend in der Schweiz und im englischsprachigen Raum eingesetzt.

Beiden Operationsverfahren wurden Vor- und Nachteile zugeschrieben. So wird insbesondere von der Arbeitsgruppe um Tönnis angegeben, dass die Dreifachosteotomie ein größeres Korrekturpotential aufweist und das Risiko einer Nekrose des azetabulären Knochens aufgrund der entfernten Osteotomien geringer ist (Tönnis et al 1981; Tönnis et al 1998; Kalchschmidt, Tönnis 2004; Zahedi et al 2013). Trotz der mittlerweile großen Operationszahlen an Dreifachosteotomien liegen bislang nur mittelfristige Ergebnisse eines relativ kleinen Patientenkollektivs vor. Bremen-Kühne berichteten von 38 operierten Hüftgelenken mit einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitpunkt von 3,5 Jahren (von Bremen-Kühne et al 2006), Tönnis selber publizierte Ergebnisse einer Untersuchung durchschnittlich 7,7 Jahre nach 216 Dreifachosteotomien (Tönnis et al 1994; Tönnis et al 1998).

Die Berner Arbeitsgruppe beschrieb vergleichbare Korrekturmöglichkeiten (Leunig, Ganz 1998; Leunig et al 2004) und widerlegte den Vorwurf des erhöhten Risikos einer Minderdurchblutung des Azetabulums (Beck et al 2003; Ganz, Leunig 2007; Chen, Shang 2016). Außerdem bestätigte sie den Vorteil des Erhalts des hinteren Pfeilers mit einer sofortigen Sitzfähigkeit und frühen Mobilisierung durch geringe Pseudarthrosenraten und gute kurz-, mittel- und langfristige Ergebnisse (Weber, Ganz 2002a; Siebenrock et al 2003; Leunig et al 2004; Clohisy et al 2005; Peters et al 2006; Steppacher et al 2008; Troelsen et al 2009).

Hinweise verschiedener Operateure und die eigene Erfahrung ergaben jedoch, dass der retroazetabuläre Anteil der Osteotomie und die „blinde“ inkomplette Osteotomie des Os ischiums technisch schwieriger als die Dreifachosteotomie sind. Eine sichere Exposition und Kontrolle der ischialen Osteotomie ist nicht möglich. Problematisch ist zudem die kontrollierte Frakturierung bzw. Komplettierung der Osteotomie im Bereich des kaudalen Scheitelpunkts der Osteotomie.

Ziel der Homburg-Münchener Arbeitsgruppe um Dienst und Kohn war die Entwicklung eines Operationsverfahrens, welches die Vorteile der PAO und die einfachere Osteotomietechnik bei der Dreifachosteotomie miteinander vereinen sollte. Es entstand die Idee, die sichere Exposition des Ischiums wie bei der Dreifachosteotomie zu verwenden, um die inkomplette Osteotomie des Ischiums unter Sichtkontrolle und Hakenschutz durchzuführen. Zudem sollte es die dorsale Exposition ermöglichen, den kaudalen Anteil der retroazetabulären Osteotomie bereits unter Sicht auszuführen, um die spätere Komplettierung der Osteotomie über den ventralen Zugang zu erleichtern. Auf der anderen Seite sollte der günstige ventrale Zugang der PAO für die Osteotomie des Pubis und Iliums, Fragmentreorientierung und – Fixierung verwendet werden, mit der vorteilhaften Modifikation, den Schnitt parallel zu einem ilioinguinalen Zugang zu führen. Neben dem kosmetisch besseren Ergebnis erwarteten die Autoren eine geringe Rate an Verletzungen von Ästen des N. cutaneus femoris lateralis und eine geringere Morbidität ohne Exposition der ventralen Hüftkapsel mit oder ohne Ablösung des M. rectus femoris.

Studienkritik. Die vorliegende Arbeit stellt eine retrospektive Analyse mit aktueller Befragung der Patienten dar, die im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2012 aufgrund einer azetabulären Restdysplasie in der Orthopädischen Chirurgie München mit der Technik der Doppelinzisions-PAO (DI-PAO) operiert wurden. Auf Grund ihrer Retrospektivität bietet die vorliegende Studie erkenntnistheoretische Nachteile: Präoperativ lagen für 97,5% der durchgeführten DI-PAOs Beckenübersichtsaufnahmen vor, postoperativ für 81,1% der insgesamt 37 Eingriffe. Von diesen vorliegenden Aufnahmen konnten 28 Varianzanalysen der LCE- und TF-Winkel durchgeführt werden. Dies sind 75,7% der durchgeführten Eingriffe. Faux-Profil-Aufnahmen zur Messung des VCA-Winkels fanden sich ausschließlich präoperativ in 54,1% der Fälle.

Trotz wiederholter Zusendung ergab sich eine begrenzte Rücklaufquote von insgesamt 86,5% der Patientenfragebögen. Hieraus ließen sich der postoperative mHHS, iHOT-12 und SF-36 für 86,5% der PAOs berechnen. Auf Grund fehlender dokumentierter Daten im Unterpunkt ‚Beweglichkeit‘ ließ sich der Score nach Merle d’Aubigné für 75,7% der PAOs postoperativ ermitteln. Auf Grund der retrospektiven Untersuchung war eine Berechnung präoperativer Scores nicht möglich. Ein direkter Vergleich der Scores vor und nach der DI-PAO ist somit nicht möglich.

Die Bewegungsgrade konnten wie folgt nachuntersucht werden (Prozentangabe von insgesamt 37 Eingriffen): präoperativ 94,1%, 6 Wochen postoperativ 43,2%, 3 Monate postoperativ 62,7 %, letzter gemessener Wert 69,2%. Angaben zu den Schmerzprovokationstests lagen präoperativ für 91,9% der PAOs im Impingementtest und Apprehensionstest vor. Postoperativ wurde der Impingementtest für 70,3% und der Apprehensionstest für 64,9% der DI-PAOs bestimmt. Die in der Studie berücksichtigen Blutwerte (Hämoglobin und Hämatokrit) lagen nahezu vollständig vor (präoperativ 97,3%, postoperativ 94,6%).

Der Anteil fehlender Untersuchungsdokumente kann in retrospektiven Studien nicht beeinflusst werden. Die Ergebnisse dieser Studie sind also gemittelte Werte, die das Ergebnis des Gesamtkollektivs mit gewisser Einschränkung auf Grund der teilweise fehlenden Daten widerspiegeln. Da es keine Kontrollgruppe gibt, die mit der Standard-PAO-Technik nach Ganz operiert wurde, ist ein direkter Vergleich der DI-PAO mit der PAO nach Ganz innerhalb derselben Arbeitsgruppe somit nicht möglich. Es bleibt nur der Literaturvergleich. Die vorliegende Follow-up Studie dient daher der Ergebnisbeschreibung der ersten DI-PAOs und der Abschätzung der ihr zuzuschreibenden Vor- und Nachteile. In weiteren prospektiven Studien mit einem größeren Patientenkollektiv, Kontrollgruppe und längerem Nachuntersuchungszeitraum sind die Ergebnisse dieser Arbeit zu überprüfen.

Studienvergleich. Ein Großteil bereits publizierter Studien stellt Ergebnisse mit ähnlicher Patientenzahl, Geschlechterverteilung und Nachuntersuchungszeitraum von 1 bis 5,5 Jahren vor (Ko et al 2002; Van Bergayk, Gabuz 2002; Pogliacomi et al 2005, Bernstein et al 2007; Kim et al 2009).

Größere Patientenzahlen von bis zu 75 Fällen und längere Nachuntersuchungszeiträume weisen zum Beispiel die Arbeiten von Ganz et al 1988 mit einer mittleren Kontrollperiode von 11 Jahren und Steppacher et al 2008 mit einem Nachuntersuchungszeitraum von bis zu 20 Jahren auf.

Die Einschlusskriterien der zitierten Arbeiten entsprechen den Kriterien der vorliegenden Studie. So wurde ausschließlich bei Hüftgelenken mit einem Arthrosegrad 0 (58,33%) und Grad 1 (41,67%) nach Tönnis eine PAO indiziert. Dies entspricht der weit verbreiteten Tendenz nur an möglichst kongruenten, arthrosefreien Gelenken eine PAO durchzuführen (Pogliacomi et al 2005; Troelsen et al 2009; Zhu et al 2013; Zaltz et al 2014), da eine fortgeschrittene Arthrose die Hauptursache für schlechtere Resultate einer periazetabulären Osteotomie darstellt (Troelsen et al 2009).

Übereinstimmend wurden nur solche dysplastische Hüften einbezogen, die im Durchschnitt einen präoperativ stark pathologischen LCE und VCA Winkel vorwiesen. So lag der mittlere präoperative LCE-Winkel in der vorliegenden Studie bei 13,2°, bei den bereits oben zitierten Arbeiten zwischen 6,4° und 11° (Pogliacomi et al 2005; Troelsen et al 2009; Zhu et al 2013).

Übereinstimmend wird berichtet, dass dysplastische Hüften dieses Schweregrades von einer PAO profitieren (Ganz et al 1988; Ko et al 2002; Pogliacomi et al 2005; Bernstein et al 2007; Steppacher et al 2008; Kim et al 2009; Troelsen et al 2009; Zhu et al 2013). Murphy et al zeigten, dass ein Überleben eines Hüftgelenks mit einem LCE-Winkel unter 16° in die siebte Lebensdekade unwahrscheinlich ist (Murphy et al 1995). Cooperman et al berichteten, dass fast alle Patienten mit einem LCE-Winkel unter 20° im Alter von 65 Jahren eine Koxarthrose entwickelt hatten (Cooperman et al 1983). In der vorliegenden Arbeit lag der LCE-Winkel bei acht Patienten über 20°. Die MR-tomographische Abklärung zeigte in diesen Fällen jedoch typische Folgeschäden der Dysplasie mit einer Hypertrophie, Formveränderung und Degeneration des Labrum acetabulare und beginnende Knorpelschäden am ventrolateralen Pfannenrand. Bei fünf Patienten mit weniger richtungsweisendem MRT erfolgte eine

Arthroskopie, die entsprechende Überlastungsreaktionen am Knorpel-Labrum-Übergang mit initialen Einrissen der chondrolabralen Verbindung und einer angrenzenden Chondromalazie des Pfannenrandknorpels präzise aufdeckte.

Wie in den zum Vergleich herangezogenen Arbeiten erfolgte die Umstellungsosteotomie aufgrund der Diagnose einer azetabulären Dysplasie (Ganz et al 1988; Van Bergayk, Garbuz 2002; Pogliacomi et al 2005; Steppacher et al 2008; Troelsen et al 2009; Zhu et al 2013; Zaltz et al 2014). Ausgeschlossen wurden Patienten mit behandlungsbedürftigen Fehlstellungen auf der femoralen Seite, wie eine klinisch relevante Coxa valga, Coxa ante- oder retroverta, schwere Kopfverformungen, Schenkelhalsverkürzungen oder Trochanterhochstände, die eine offene Operation oder Umstellungsoperation auf der femoralen Seite erforderlich machen. Mit eingeschlossen wurden dagegen solche Fälle, bei denen vor der Indexoperation eine Kopf-Hals-Taillierung zur Korrektur eines verminderten femoralen Kopf-Hals-Offsets, wie es bei einem CAM-Impingement durchgeführt wird, erfolgte. Da auch bei korrekter Pfannenausrichtung nach durchgeföhrter PAO eine vorbestehende CAM-Deformität zu einem Impingement führen kann, ist es notwendig dieses präoperativ oder zeitgleich zur PAO mit zu behandeln (Weber, Ganz 2002a).

In der vorliegenden Studie war eine solche Operation mindestens 6 Wochen vor der DI-PAO arthroskopisch in fünf Fällen (13,5%) durchgeführt worden. Bei 3 Patienten (= 8%) fand sich hier ein rupturiertes Labrum acetabulare mit deutlicher Instabilität, welches refixiert werden musste. Auch Ganz et al fanden 1988 bei 15 von 71 Hüftgelenken während der PAO Rupturen des Labrum acetabulare. Bei der gleichzeitig durchgeföhrten Arthrotomie über einen vorderen Zugang erfolgte bei 12 Patienten eine partielle Resektion, bei einem Patienten wurde das Labrum belassen, bei 2 Patienten wurde das Labrum refixiert. Nach beiden Refixationen war eine Revision und Resektion des nicht verheilten Labrumanteils notwendig. Interessant war dabei der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen dem intraoperativen Nachweis einer Ruptur des Labrum acetabulare und einem schlechteren Operationsergebnis nach durchschnittlich 11,3 Jahren. Auch die Arbeitsgruppe um Bernstein berichtet über fünf Fälle (10,6%), in welchen zusätzlich zur PAO eine partielle Labrumresektion und eine Taillierung des femoralen Kopf-Hals-Überganges durchgeführt wurden (Bernstein et al 2007).

In ihrer retrospektiven Studie gaben Zhu et al an, dass in 26,8% der nachuntersuchten Hüften parallel zur PAO ein CAM-FAI behandelt wurde (Zhu et al 2013). Zaltz et al 2014 beschrieben in ihrer PAO-Multicenter-Studie an 205 Hüften eine Häufigkeit des femoroazetabulären Impingements von 6%.

Operationszeit. Die vorliegende Untersuchung ergab für die DI-PAO eine durchschnittliche Operationszeit von 213 Minuten (165 min - 280 min). Trotz der intraoperativen Umlagerung war diese ähnlich der von Ganz beschriebenen Operationszeiten und schneller als die Doppelinzisionstechnik von Kim et al, Bernstein et al und Zaltz et al. So beschrieben Ganz et al 1988 eine durchschnittliche Operationszeit von 210 Minuten (120min – 300min). Kim et al verglichen 2009 die PAO nach Ganz mit einer eigenen Doppelinzisionstechnik. Bei letzterer führten sie über einen ventralen Zugang zunächst die Osteotomie von Os pubis und den supraazetabulären Anteil der Ilium-Osteotomie durch. Nach Umlagerung in Seitenlage folgten die retroazetabuläre, und die Ischium-Osteotomie über einen Kocher-Langenbeck Zugang. Die Reorientierung des Pfannenfragmentes erfolgte wiederum in Rückenlage. Die Autoren beschrieben eine mittlere Operationszeit von 269 Minuten für die klassische PAO und 267 Minuten für ihre Doppelinzisionstechnik mit zweimaligem Umlagern. Als Ursache für die gleiche Operationszeit gaben sie die direkte Sichtkontrolle der Osteotomie über den dorsalen Zugang an, mit der damit schnelleren Operationszeit für diesen Teil der Operation. Bernstein et al, die 2007 in ihrer Studie die klassische PAO nach Ganz mit einer ventralen Doppelinzision verglichen, berichteten über schnellere Operationszeiten mit einer durchschnittlichen OP-Dauer von 133 Minuten für die klassische PAO und 141 Minuten für die Doppelinzisionstechnik, bleiben einer Erklärung für ihre Schnelligkeit jedoch schuldig. Zaltz et al veröffentlichten 2014 eine prospektive Multicenter Studie über 205 durchgeführte, unilaterale PAOs in sieben verschiedenen Kliniken, durchgeführt von insgesamt zehn Operateuren. Hier zeigte sich eine durchschnittliche Operationszeit von 171 Minuten.

Bei der Bewertung der Operationszeiten sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, einschließlich der Erfahrung und Persönlichkeitsstruktur der Operateure, Zahl der Operateure in der jeweiligen Untersuchung und Verzögerung durch die Notwendigkeit einer sterilen oder unsterilen Umlagerung.

Zusammenfassend ist die in der aktuellen Arbeit beschriebene Doppelinzisionstechnik mit unsteriler Umlagerung in einer ähnlichen Operationszeit wie eine klassische PAO über einen Zugang durchführbar. Der Zeitverlust durch das Umlagern und den zweiten Zugang wird möglicherweise durch die dorsale Osteotomie unter Sicht und einfachere Komplettierung der Osteotomie kompensiert. Die eigene Erfahrung zeigt, dass die Operationszeiten mit zunehmender Erfahrung signifikant abnehmen, was es aber in Folgestudien zu überprüfen gilt.

Operationstechnik. Die eigene Erfahrung und die Berichte anderer Operateure zeigen Vor- und Nachteile der international konkurrierenden Operationsverfahren. Ein wissenschaftlicher Vergleich ist schwierig, zumal Vor- und Nachteile unterschiedlich bewertet werden und teilweise subjektiv sind. Die in der Schweiz und im Englisch-sprachigen Raum dominierende PAO nach Ganz bietet den Vorteil, die Operation ohne Umlagerung in stabiler Rückenlagerung durchzuführen. Die inkomplette Osteotomie des Os ischii erhält den wichtigen Teil des hinteren Pfeilers und damit eine stabile Verbindung zwischen Ilium, und Ischium bis hin zum oberen Schambeinast. Wahrscheinliche Vorteile sind eine größere Primärstabilität und vergrößerte Osteotomiefläche und die damit verbundene schnellere Belastbarkeit und schnellere und sicherere knöcherne Konsolidierung. Entsprechende Daten, mit denen diese Vorteile belegt werden könnten, liegen allerdings nicht vor.

Die eigene Erfahrung mit der klassischen PAO-Technik und Berichte von anderen Operateuren zeigen allerdings, dass die Osteotomie des Os ischii und die Mobilisierung des acetabulären Fragmentes über den vorderen Zugang technisch anspruchsvoll ist. Die Kontrolle des Meißels muss unter fluoroskopischer Kontrolle erfolgen, ein Schutz der umgebenden Weichteile und neurovaskulären Strukturen ist nicht möglich.

Für die vorwiegend in Deutschland bevorzugte Dreifachosteotomie nach Tönnis muss der Patient zunächst überdreht auf der Seite, anschließend auf dem Rücken gelagert werden. Auf der anderen Seite bietet die Dreifachosteotomie den Vorteil der visuellen Kontrolle aller aller Osteotomien unter Haken- und Hebelschutz. Wahrscheinlich nachteilig ist die vollständige Durchtrennung des hinteren Hüftpfeilers, was in einer Kontinuitätsunterbrechung des Beckenrings resultiert (Büchler et al 2012).

Einige Operateure führen daher zusätzlich eine Stabilisierung der Pubisosteotomie mit einer von medial eingebrachten Schraube durch und limitieren die Belastung auf das Ischium durch ein Sitzverbot oder Verwendung eines Arthrodesekissens für die ersten Wochen postoperativ.

Mit dem Ziel, die Vorteile beider Operationsverfahren zu kombinieren, entwickelte die Arbeitsgruppe um Dienst und Kohn an der Orthopädischen Universitätsklinik in Homburg/Saar die PAO-Doppelinzisionstechnik mit einfacher, unsteriler Umlagerung. Der dorsale Zugang erfolgt in der Technik nach Tönnis in überdrehter Seitenlage. Er ermöglicht eine sichere Exposition des Sitzbeines, so dass die inkomplette Sitzbeinosteotomie unter Sichtkontrolle und Schutz mit Hebeln erfolgen kann. Vorteilhaft ist die vollständige und präzise Durchtrennung der innen- und außenseitigen Kortikalis im Bereich des kaudalen Eckpunktes der Osteotomie und Durchführung des kaudalen Anteils der retroazetabulären Osteotomie. Die Erfahrung zeigt, dass die Komplettierung der Osteotomie und anschließende Fragment-Mobilisierung deutlich erleichtert wird. Mögliche Blutungen können unter Sicht kontrolliert werden, größere Blutungen über den dorsalen Zugang wurden allerdings sowohl im Untersuchungszeitraum als auch darüber hinaus nie beobachtet.

Während die meisten Dreifachosteotomie-Operateure steril umlagern, bevorzugen Dienst und Kohn eine unsterile Umlagerung. Dies bedeutet einen Zeitverlust, der aber zumindest teilweise durch die einfachere Lagerung und chirurgische Abdeckung für den dorsalen Zugang und die präzise Rückenlagerung kompensiert wird. Eine präzise Rückenlage wird durch die klebenden sterilen Abdecktücher erschwert, was die spätere korrekte a.p.-Einstellung des Beckens für die Röntgenkontrolle einer korrekten Pfanneneinstellung beeinträchtigen kann.

Osteotomie von Pubis und Ilium erfolgen bei der Dreifachosteotomie über zwei separate Zugänge: Das Pubis wird über einen ventralen Zugang zum medialen Pubis unter Ablösung des M. pectineus schräg nach dorsal-kaudal osteotomiert, das Ilium über einen iliakalen Zugang unter subperiostaler Ablösung der schrägen Bauchmuskulatur einschließlich M. sartorius und Lig. inguinale. Bei der PAO nach Ganz erfolgt die Exposition von Ilium und lateralem Pubis über einen modifizierten ventralen, Smith-Petersen ähnlichen Zugang.

Der Hautschnitt ist dazu gebogen vom vorderen Beckenkamm nach distal ventral ziehend, die Spina iliaca anterior superior wird osteotomiert und mit der Bauchmuskulatur, Sartorius und Lig. inguinale nach medial abgeschoben. Die Rectussehne wird häufig abgelöst und die Gelenkkapsel dargestellt, um das Gelenk zu eröffnen. Letzteres stellt allerdings eine optionale Ergänzung dar, um ein mögliches femoroazetabuläres Impingement zu behandeln. Nach inkompletter Osteotomie des Ischium folgen Pubis- und Iliumosteotomie in analoger Form zu der in dieser Arbeit verwendeten DI-PAO (Weber, Ganz 2002a).

Im Gegensatz zur Berner PAO nach Ganz wurde die distale Exposition mit Ablösung von Rektus mit konsekutiver Arthrotomie bei der in dieser Arbeit verwendeten DI-PAO-Technik nicht durchgeführt. Ein mögliches Impingement wurde präoperativ ausgeschlossen oder vorher mittels Arthroskopie behandelt. Die oft kosmetisch weniger vorteilhafte distale Ausschwingung des Hautschnitts bei der klassischen PAO mit Gelenkexposition (Ganz et al 1988) kann damit vermieden und die Morbidität durch Belassen von Rektus und ausbleibender Gelenkkapselaktion reduziert werden. Als Hautschnitt bot sich ein ilioinguinaler Schnitt an, der zu kosmetisch guten Ergebnissen führte und teilweise auch unter knapperer Unterwäsche und Bademode verschwand. Durch die deutlich geringere Exposition nach distal ist die Sicht auf das laterale Pubis im Vergleich zur klassischen PAO dagegen reduziert, aber ausreichend, um eine kontrollierte Osteotomie durchführen zu können.

Iliumosteotomie und retroazetabuläre Osteotomie erfolgen bei der klassischen PAO und der DI-PAO in nahezu analoger Weise. Der einzige, aber nach Meinung der Entwickler der DI-PAO wesentliche Unterschied ist die deutlich vereinfachte Komplettierung der Osteotomie im Bereich des kaudalen Eckpunktes nahe der Spina ischiadica. Bei der klassischen PAO nach Ganz muss hier der abgewinkelte Meißel kaudal „um die Ecke“ nach dorsal geführt werden, um eine „kontrollierte“ Fraktur zu bewirken (Weber, Ganz 2002a). Bei der DI-PAO kommt es meistens bereits beim Vortreiben des Meißels in Richtung des kaudalen Eckpunktes zum Aufbrechen der Osteotomie. In der eigenen Serie von 37 DI-PAOs im dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchungszeitraum war die Mobilisierung nur bei einer Osteotomie erschwert. Eine Fraktur ins Gelenk oder in den hinteren Pfeiler wurde nicht beobachtet.

Die Notwendigkeit einer Gelenkexposition während der PAO oder Dreifachosteotomie wird unterschiedlich bewertet. Einige Autoren bevorzugen eine Gelenkeröffnung in allen Fällen, um ein vorbestehendes oder iatrogenes Impingement nach Reorientierung zu erkennen und zu behandeln, was bei effektiv-offenem Vorgehen die Ablösung des Rektus voraussetzt (Weber, Ganz 2002a; Clohisy et al 2007). Die Entwickler der DI-PAO favorisieren ein zweizeitiges Vorgehen: Im Regelfall sollte bei Verdacht auf ein gleichzeitig bestehendes Cam-FAI oder andere therapiebedürftige intraartikuläre Läsionen wie eine instabile Labrumruptur zunächst eine Arthroskopie erfolgen, um die Hüfte für die Umstellung optimal vorzubereiten. Die Arthroskopie bietet hier den großen Vorteil der vollständigen Gelenkinspektion und Option zur Naht einer instabilen Labrumruptur oder Knorpeltherapie. Bei der offenen Gelenkexposition während der PAO können die zentralen Gelenkanteile einschließlich Labrum, Pfannenknorpel und Lig. capitis femoris nicht eingesehen oder behandelt werden. Zudem ist das Risiko für Adhäsionen beim offenen Vorgehen größer. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Arthroskopie einige Wochen postoperativ durchzuführen (Dienst 2014).

Blutverlust. Die Abschätzung des perioperativen Blutverlustes erfolgte anhand der Verlaufskurven von Hämoglobin und Hämatokrit und Berücksichtigung der transfundierten Blutprodukte. Eine direkte Messung des intra- und postoperativen Blutverlustes erfolgte nicht, eine solche wäre zudem durch die Beimengung von Spülflüssigkeit und Blutverlust in Bauchtücher und Kompressen erschwert worden.

Die niedrigsten Werte für Hämoglobinkonzentration (Hb) und Hämatokrit (Hkt) fanden sich bei allen Patienten am ersten postoperativen Tag, durchschnittlich wurden hier ein Hb von 10,1 g/dl und ein Hkt von 30,1% gemessen. In drei Fällen fiel der Hb-Wert unter 8 g/dl (7 g/dl, 7,4 g/dl, 7,5 g/dl). Bei einer dieser Patientinnen kam es zu kräftigen Blutungen aus dem Bereich der Pubisosteotomie, die zum Ende der OP jedoch gut kontrolliert waren. Für die weiteren beiden Patientinnen fehlten in den Unterlagen detaillierte Erklärungen für den Hb-Abfall. Zum Zeitpunkt der Entlassung waren Hb auf durchschnittlich 10,9 g/dl und Hkt auf durchschnittlich 33,5 % gestiegen. Die gesonderte Betrachtung der Eingriffe, die eine Transfusion von Blutprodukten notwendig machten, zeigt am ersten postoperativen Tag ein durchschnittliches Hb von 8,9 g/dl und einen durchschnittlichen Hkt von 26,3 % Hämatokrit.

5 Patienten dieser Gruppe erhielten jeweils 1 Erythrozytenkonzentrat, weitere 3 Patienten jeweils 2 Erythrozytenkontrate aus der Eigenblutspende. Einer Patientin wurde zusätzlich zu einem präoperativ gespendeten Erythrozytenkonzentrat 2 Fresh Frozen Plasma Konzentrate transfundiert. Auf Grund eines komplizierten internistischen Verlaufs erfolgte hier die zwischenzeitige Verlegung in eine internistische Klinik. Bei Entlassung wurde in dieser Gruppe ein Hb von 10,5 g/dl und ein Hkt von 32,6 % gemessen.

Andere Studien machten kaum Angaben über den perioperativen Blutverlust. Zaltz et al beschrieben einen durchschnittlichen intraoperativen Blutverlust von 714 ml (100-3900 ml) für die PAO nach Ganz (Zaltz et al 2014), was schätzungsweise einem mittleren Hb-Abfall in dieser Studie um 3,6 g/dl unter Berücksichtigung eines Verdünnungseffektes durch Infusionsflüssigkeit entspricht. Komplikationen auf Grund von Blutverlusten wurden wie in der vorliegenden Arbeit von keiner Arbeit beschrieben.

Durch die großen Osteotomieflächen ist ein gewisser Blutverlust nicht zu vermeiden, was wahrscheinlich größtenteils unabhängig vom Zugang ist. Potentielle Unterschiede bestehen dagegen durch Blutungen aus den Weichteilen. Nach Meinung von Dienst und Kohn besteht ein größeres Risiko für Blutungen aus Circumflexa-nahen Arterienästen während der Präparation entlang der ventromedialen Kapsel auf das Ischium in der klassischen PAO-Technik. Sowohl bei der klassischen PAO, als auch bei der DI-PAO besteht eine unmittelbare Nähe der Schambeinosteotomie zur Corona mortis, was eine streng subperiostale Präparation erfordert.

Mobilisation und Belastung. Vergleichsstudien zu Mobilisation, Belastung und möglichen Risiken, insbesondere einer verzögerten oder ausbleibenden Knochenheilung liegen nicht vor. Entsprechende Komplikationen wie Bewegungseinschränkungen oder Pseudarthrosen von Ilium, Pubis und Ischium wurden in der vorliegenden Arbeit und anderen Studien nicht beschrieben. Diskussionen mit anderen Operateuren und die eigene Erfahrung aus einem anderen Operationszeitraum zeigen aber, dass Pseudarthrosen des Os Pubis, seltener auch des Os Ischium auftreten. Erfahrungsgemäß zeigt insbesondere das Os Pubis häufiger eine verzögerte Überbrückung mit Kallus. Ob betreffs der Pseudarthrosen ein größeres Risiko bei der Dreifachosteotomie und der hier vollständigen Dissoziation von Ilium auf der einen Seite und Ischium und Pubis auf der anderen Seite besteht, kann nur vermutet werden.

Aus diesem Grund führen einige Operateure bei der Dreifachosteotomie eine zusätzliche Schraubenosteosynthese der Pubisosteotomie durch, schränken das Sitzen für die ersten 6 Wochen ein und verordnen ein Arthrodesesitzkissen, um die Belastung auf das Sitzbein zu reduzieren. Tendenziell berichten PAO-Operateure von einer aggressiveren Steigerung der Belastung und Freigabe des Sitzens. Seitens der postoperativen Mobilisation und Belastung zeigt die Literaturanalyse jedoch keine signifikanten Unterschiede. So beschreiben sowohl PAO- als auch Dreifachosteotomie-Arbeitsgruppen ein dieser Arbeit ähnliches Aufbelastungsschema (Weber, Ganz 2002a; Bernstein et al 2007; Beaulé et al 2015) Tönnis et al 1981; Tönnis et al 1998; Bremen-Kühne et al 2006).

Komplikationen. Das Spektrum möglicher Komplikationen bei Beckenosteotomien ist groß, unabhängig vom Operationsverfahren. Es reicht von Infektion, tiefen Bein-Becken-Venenthrombosen, Verletzungen von Nerven und Gefäßen mit der Folge neurologischer Ausfallscheinungen und Blutungen, Frakturen ins Gelenk und in den hinteren Pfeiler, unzureichende oder überschießende Korrekturen mit der Folge einer persistierenden mechanischen Überlastung oder eines Impingements, Fehlpositionierung der Osteosyntheseschrauben bis hin zu Pseudarthrosen, sekundären Arthrose etc. In erfahrener Hand treten solche Komplikationen selten auf, sind dennoch bei Indikationsstellung und Patientenberatung zu berücksichtigen.

Wundheilungsstörungen und Infektionen. Bernstein et al 2007 beschrieben nach insgesamt 47 durchgeführten PAOs einen Fall einer primären Wundheilungsstörung und eine subakute Hüftgelenksinfektion, die letztlich in einer Totalendoprothese endete. Zaltz et al stellten in ihrer Nachuntersuchung von 201 operierten Hüften insgesamt drei Nahtabszesse und zwei tiefe Wundinfektionen fest, die mit Hilfe von Wunddrainagen jedoch alle erfolgreich behandelt werden konnten (Zaltz et al 2014). Der Vergleich mit anderen Studien zeigt, dass die Infektionsraten gering sind. In der vorliegenden Studie wurden eine Wundheilungsstörung, oberflächliche oder tiefe Wundinfektion nicht festgestellt.

Die Entstehung von Thrombosen und konsekutiven Embolien ist nach Becken- und Hüftoperationen eine gefürchtete Komplikation, die es zu verhindern gilt. Zaltz et al geben in ihrer Multicenter Studie drei Fälle an, in denen es nach PAO zu einer tiefen Beinvenen-Becken-Thrombose kam, von welchen eine in einer Lungenembolie resultierte. In allen drei Fällen konnten größere Komplikationen durch eine entsprechende Antikoagulationstherapie verhindert werden (Zaltz et al 2014). In anderen Arbeiten und in der vorliegenden Arbeit wurden keine thromboembolischen Ereignisse beobachtet.

Postoperative Hypästhesien im Bereich des N. cutaneus femoris lateralis (NCFL) nach PAO sind häufiger. Zaltz et al 2014 gingen sogar soweit, die Hypästhesie des NCFL nicht als Komplikation zu werten, da sie zugangsbedingt sei (Zaltz et al 2014). Hypästhesien des NCFL wurden mit einer Häufigkeit von 30% bis zu 50% angegeben (Ganz et al 1988; Pogliacomi et al 2005; Bernstein et al 2007; Troelsen et al 2009). In der vorliegenden Studie ist die Häufigkeit an Hypästhesien im Distributionsgebiet mit 26,3% geringer. Diese waren in allen Fällen nach spätestens vier Monaten komplett rückläufig. Eine mögliche Erklärung für das geringere Auftreten von Hypästhesien könnte sein, dass der ventrale Zugang im Gegensatz zum klassischen PAO medial der Spina iliaca anterior superior endet und nicht weiter nach distal gezogen wird. Das Risiko direkter Verletzungen oder einer Schädigung durch Hakenzug und Manipulationen könnte so geringer sein.

Im Gegensatz zu Hypästhesie und Asensitivität können Dysästhesien zu persistierenden Schmerzen führen. Zaltz et al werteten solche als Komplikation der PAO (Zaltz et al 2014). Troelsen et al beschrieben ihr Auftreten mit 48% von 77 durchgeführten Eingriffen (Troelsen et al 2009). In der vorliegenden Arbeit wurden keine Dysästhesien im Distributionsgebiet des NCFL festgestellt.

Sensibilitätsstörungen im Distributionsgebiet des N. cutaneus femoris posterior stellen eine potentielle Risiko des dorsalen Zugangs dar. Die Literaturanalyse konnte jedoch keine Hinweise finden, weder bei Nachuntersuchungen zu Dreifachosteotomie noch zur anderen Doppelinzisionstechniken. In der vorliegenden Arbeit fand sich bei einem Patienten eine temporäre Hypästhesie des N. cutaneus femoris posterior.

Die eigene Erfahrung außerhalb des dieser Studie zugrundeliegenden Einschlusszeitraums zeigt, dass es auch zu persistierenden Sensibilitätsstörungen des N. cutaneus femoris posterior kommen kann und bei der Aufklärung der Patienten berücksichtigt werden muss. Unklar ist, warum solche nicht auch von anderen Autoren beschrieben wurden.

Eine gefürchtete Komplikation der PAO ist die Verletzung des N. ischiadicus (Weber, Ganz 2002a). In der Nachuntersuchung um Pogliacomi fand sich in einem Fall eine Ischiadicusläsion, die zwar keine motorischen Einschränkungen, jedoch dauerhafte Schmerzen verursachte (Pogliacomi et al 2005). Bei zwei Patientinnen der vorliegenden Studie traten postoperativ eine Fußheber- und Großzehenheberschwäche mit Hyposensibilität im Profundusbereich auf. Dies lässt eine Läsion des peronealen Anteiles des N. ischiadicus vermuten. Das motorische und sensible Defizit war zwei Wochen postoperativ, beziehungsweise ein Jahr nach PAO vollständig rückläufig. Eine dauerhafte Schädigung des N. ischiadicus durch die Technik der DI-PAO trat nicht auf. Die Analyse zeigt, dass eine Schädigung des N. ischiadicus bei der Ischiumosteotomie sowohl bei der klassischen PAO als auch bei posteriorer Zusatzinzision möglich ist. Während bei der klassischen PAO eine Verletzung durch ein Übertreten des Meißels nach posterior möglich ist, kann der Nerv bei der Doppelinzisionstechnik zugangsbedingt und durch Hakendruck geschädigt werden. Vorübergehende Paresen des N. femoralis, wie Ganz et al sie in Ihrer Nachuntersuchung in einer von 75 Hüften angeben (Ganz et al 1988), traten nach in der vorliegenden Studie nicht auf.

Eine Schädigung der Abduktoren oder Schwächung ihrer Funktion durch eine Veränderung der knöchernen Anatomie kommt bei der klassischen PAO oder bei der Dreifachosteotomie kaum vor und muss typischerweise bei Osteotomien am proximalen Femur oder Zugängen über das proximale Femur berücksichtigt werden. So beschrieben Ko et al in 11 von 48 durchgeföhrten PAOs durch einen modifizierten transfemoralen Zugang von einem anhaltenden postoperativen Hinken für mehr als 4 Monate. Bei fünf Patienten kam es zu einer Normalisierung des Gangbilds, bei sechs Patienten, die allerdings an einer neuromuskulären Hüftdysplasie als Folge einer Poliomyelitis litten, persistierte die Gangstörung.

Ganz und Weber beschrieben Frakturen auf Grund der Komplexität der PAO und der teilweisen schlechten Einsicht ins Operationsgebiet als mögliche Komplikationen des Eingriffes (Weber, Ganz 2002a). 1988 berichteten Ganz et al über zwei intraartikuläre Osteotomien von 75 operierten Hüften. Diese konnten nur mit einem Hüftgelenkersatz korrigiert werden. Zhu et al beschreiben die Fraktur des hinteren Beckenpfeilers in einem Fall von 41 retrospektiv untersuchten Hüften nach PAO (Zhu et al 2013). Ein Einbruch der Osteotomie ins Gelenk oder Frakturierung in den hinteren Pfeiler wurde in der vorliegenden Studie nicht beobachtet. Möglicherweise erweist sich die Sichtkontrolle der Ischiumosteotomie und des kaudalen Anteils der retroaztabulären Osteotomie als vorteilhaft, zur Abklärung einer möglichen signifikanten Risikoreduktion sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich.

Osteonekrosen sind sehr seltene Komplikationen. Die Literaturanalyse ergibt nur die Arbeit von Ko et al, die in zwei Fällen Osteonekrosen des azetabulären Fragmentes nach PAO beschrieben. Als wahrscheinlichste Ursache gaben die Autoren jedoch nicht das Operationsverfahren, sondern eine zurückliegende Steriodtherapie und Alkoholabusus der Patienten an (Ko et al 2002). In der vorliegenden Studie wurden keine Osteonekrosen beobachtet, auch wenn keine Ausschlussdiagnostik mittels postoperativer Kernspintomographie erfolgte.

Operateure berichten sowohl von verzögerten Knochenheilungen als auch von Pseudarthrosen nach Beckenosteotomien, vor allem das Os pubis als auch das Os ischii scheinen Prädilektionsstellen darzustellen (Ganz et al 1988; Pogliacomi et al 2005; Zhu et al 2013; Renner et al 2014). So berichten Ganz et al von einer Pseudarthrose des Os pubis in 1,3% der Fälle, Pogliacomi et al von Pseudarthrosen des Os pubis und des Os ischii in 2,7% der Fälle (Ganz et al 1988; Pogliacomi et al 2005). Zhu et al beobachteten in 14,6% der Fälle eine verzögerte Knochenheilung des Os pubis (Zhu et al 2012), während Zaltz et al in ihrer Multicenterstudie von 2014 eine solche in 0,5% des nachuntersuchten Patientengutes feststellten.

Wie bereits oben beschrieben, müssen diese seitens Osteotomieverfahren, Osteosynthesewahl und Rehabilitationsalgorithmus berücksichtigt werden. Bei den dieser Arbeit zugrundeliegenden Patienten wurde kein Pseudarthrosen gesehen, jedoch nach Operationen in einem anderen Zeitraum.

Einer der schwierigsten Operationsschritte stellt die korrekte Einstellung des azetabulären Fragmentes dar. Mögliche Komplikationen sind sowohl Unter- als auch Überkorrekturen, sowohl seitens der seitlichen als auch seitens der vorderen Überdachung. Während eine Unterkorrektur zu einer persistierenden Dysplasiekomponente und damit Überlastung von Pfannenanteilen führt, hat erst die Entdeckung des femoroazetabulären Impingements durch die Arbeitsgruppe um Ganz (Ganz et al 2003) das Bewusstsein der Folgen von Überkorrekturen geprägt. Letztendlich hat sogar die iatrogene Überkorrektur der Dysplasie zur Formulierung des Pincer-FAI geführt. In der vorliegenden Arbeit wurden postoperativ keine pathologisch erhöhten LCE-Winkel gefunden, jedoch in ca. 1/3 der Patienten ein COS. Wenngleich ein positives COS nicht notwendigerweise eine signifikante und damit klinisch relevante Retroversion bedeutet, zeigen diese Werte, dass die Einstellung der Pfannenversion der anspruchsvollste Schritt ist. Die Analyse der postoperativen LCE-Winkel zeigt eine signifikante Steigerung des präoperativ pathologischen Mittelwertes von 13° auf 27° postoperativ. Der Mittelwert wurde damit nur knapp in den Normalbereich gebracht, was der Philosophie des Operateurs entspricht, eine Überkorrektur zu vermeiden und im Zweifelsfall eher eine leichte Unterkorrektur zu akzeptieren.

So finden sich für 4 der Patienten ein LCE-Winkel zwischen 17° und 19° sowie für ebenfalls 4 Patienten zwischen 20° und 25°. Ein Ausreißerwert von 7° zeigte sich bei einer Patientin mit bereits präoperativ stark dezentriertem Hüftkopf. Der Literaturvergleich zeigt, dass auch in der Gruppe um Kim postoperative Ausreißerwerte von bis zu 5° auftraten (Kim et al 2009). Auch Ko et al berichten über niedrige postoperative LCE-Werte von bis zu 12,5° (Ko et al 2002). In der Arbeitsgruppe um Pogliacomi wurden postoperative Ausreißer bis zu 7° beschrieben (Pogliacomi et al 2005).

Die Literaturanalyse zeigt nur ein geringes Risiko einer insuffizienten Fixierung mit konsekutivem Repositionsverlust. Ganz beschrieb in seiner Nachuntersuchung von 75 PAOs einen Fixationsverlust mit sekundärer Überkorrektur in zwei Fällen (Ganz et al 1988). Pogliacomi et al berichteten ebenfalls über einen Fall einer sekundären Dislokation des azetabulären Fragments (Pogliacomi et al 2005). In drei weiteren Fällen kam es in der Arbeitsgruppe um Ganz jeweils zur erneuten Subluxation des Hüftkopfes und konsekutiv zur Bildung eines sekundären Azetabulums (Ganz et al 1988). Die vorliegende Arbeit zeigt keine signifikanten Unterschiede für LCE und TF zwischen der Vermessung direkt postoperativ und zum Zeitpunkt der letzten radiologischen Kontrolle nach knöcherner Konsolidierung. Ein Fixationsverlust, Dislokationen des azetabulären Fragmentes oder Subluxationen wurden in dem hier nachuntersuchten Patientengut nicht beobachtet.

Ein bekanntes Risiko nach Hüftoperationen ist die Ausbildung heterotoper Ossifikationen (HO). Ganz et al beschrieben in ihrer Nachuntersuchung von 75 PAOs vier Fälle von HO, die zu einer Einschränkung der Hüftflexion auf weniger als 90° führte (Ganz et al 1988). Auch Ko et al beschrieben bei einem Patienten die Entwicklung heterotoper Ossifikationen (Ko et al 2002). Zaltz et al beobachteten in ihrer Nachuntersuchung von 205 PAOs bei 34 Patienten mit HO. In einem Fall war eine operative Entfernung erforderlich (Zaltz et al 2014). In der vorliegenden Studie wurden keine HO entdeckt. Wichtig zur Vermeidung der Entwicklung von HO ist die konsequente mindestens zehntägige Gabe eines nichtsteroidalen Antiphlogistikums, was bei allen Patienten dieser Arbeit erfolgte. Eine weitere mögliche Ursache für ein geringeres Risiko des Auftretens von HO könnte die Vermeidung einer offenen Gelenkexposition während der Umstellungsosteotomie sein. Während die Umstellungsosteotomie einen gelenkfernen Eingriff in Sicherheitsabstand zu den vorwiegend für die Entwicklung von HO empfindlichen Muskeln darstellt, müssen letztere für die suffiziente offene Darstellung des Hüftgelenks je nach Zugangstechnik mit Haken weggedrückt oder abgelöst (M. rectus femoris) werden.

Krankenhausaufenthalt. Die durchschnittliche stationäre Aufenthaltsdauer betrug in der vorliegenden Arbeit 10,6 Tage bei einem Minimum von acht Tagen und Maximum von 13 Tagen. Angaben zur Dauer des Krankenhausaufenthalts werden nur von Bernstein et al nach klassischer PAO im Vergleich zur ventralen Doppelinzisionstechnik gemacht. Sie berichten über eine mittlere Aufenthaltsdauer von 11 bzw. 10 Tagen (Bernstein et al 2007).

Röntgen. In die Analyse der Röntgenbilder dieser Studie wurden verschiedene Winkel einbezogen: der LCE-Winkel zur Beurteilung der lateralen Hüftkopfüberdachung, der TF-Winkel zur Einschätzung der Ausrichtung der Tragfläche zur Seite und der VCA-Winkel zur Quantifizierung der ventralen Hüftkopfüberdachung. Der in dieser Studie nur präoperativ ermittelte VCA-Winkel lag im Mittel bei 12,5°. Angestrebte Werte nach Korrektur liegen bei 30°-35° (Büchler et al 2012). Andere Studien zeigten ähnliche präoperative VCA-Winkel von 4° bei Ganz et al 1988, 7,6° bei Zhu et al 2013, 18° bei Pogliacomi et al 2005 und 22° bei Kho et al 2002. Die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit des VCA-Winkels ist aufgrund der schwierigeren Einstellung und Standardisierung der Faux-profil-Aufnahme allerdings in Frage zu stellen.

In der Varianzanalyse für mehrere Messungen zeigte sich durch die DI-PAO eine signifikante Steigerung des LCE-Wertes von präoperativ 12,5° auf postoperative 26,9°, also eine durchschnittliche Steigerung des LCE-Winkels um 14,4°. Bei einer detaillierten Betrachtung fällt auf, dass bei einer Patientin der LCE Winkel von präoperativ -6° nur auf postoperativ 7° gesteigert wurde. Bereits präoperativ hatte sich hier eine deutliche Dezentrierung des rechten Hüftkopfes gezeigt bei bereits beginnender sekundärer Coxarthrose. In den postoperativen Untersuchungen zeigte sich die Patientin trotz geringer Korrekturrate beschwerdefrei bei unauffälligem Gangbild. Bei 4 Patienten wurde das Hüftgelenk auf subnormale Werte zwischen 17° und 19° eingestellt, was definitionsgemäß noch Werte im pathologischen Bereich bedeutet.

Der Literaturvergleich zeigt vergleichbare prä- und postoperative Werte. Bernstein et al geben in ihrem PAO-Vergleich eine Erhöhung des LCE-Winkels von präoperativ 15° auf postoperativ 30° bei den durchgeführten konventionellen PAOs an. In der Patientengruppe, welche eine PAO mittels einem dualem Zugang erhielt, wurde ein mittlerer präoperativer LCE-Winkel von 11° und postoperativer mittlere LCE-Winkel von 30° gemessen (Bernstein et al 2007). Troelsen et al beschrieben eine Erhöhung des LCE-Winkels von präoperativ 11° auf postoperativ 29° (Troelsen et al 2009). Kim et al berichteten in ihrer PAO – Studie mittels einfachem und doppeltem operativen Zugang über einen präoperativen LCE-Winkel von -2,2° bzw. -2,4°.

In der postoperativen Kontrolle zeigte sich eine Erhöhung der LCE-Winkel auf 21° in der Gruppe des einzelnen sowie auf 22° in der Gruppe des doppelten operativen Zugangs (Kim et al 2009). Auch Ko et al beschrieben eine ähnliche Erhöhung des mittleren LCE-Winkels auf postoperativ 26,6° ausgehend von einem präoperativen Mittelwert von -2,7° (Ko et al 2002). Pogliacomi beschrieb eine Steigerung des LCE-Winkels von 7° auf 28°, Steppacher von 6° auf 34° und Zhu von 6,4° auf einen postoperativen Mittelwert von 29,1° (Pogliacomi et al 2005; Steppacher et al 2008; Zhu et al 2013).

Der Tragflächenwinkel nach Tschauner zeigte in dem in dieser Studie nachuntersuchten Patientengut eine statistisch signifikante Verkleinerung des präoperativen Mittelwerts von 13,8° auf postoperative 3,5°. Dies entspricht einer mittleren Reduzierung des TF-Winkels von 10,3°. In ihrer Nachuntersuchung von 2009 beschrieben Troelsen et al eine Reduzierung des Tragflächenwinkels von durchschnittlich 20° auf 8°. Ko und Mitarbeiter gaben eine durchschnittliche Reduktion des TF-Winkels von 13,7° an, bei präoperativ 23,4° und postoperativ durchschnittlich 12,7° (Ko et al 2002). In der Studie um Pogliacomi wurde die durchschnittliche Reduktion des TF-Winkels mit 12° angegeben, wobei der präoperative TF-Winkel bei 22° und der postoperative durchschnittliche TF-Winkel bei 10° lagen (Pogliacomi et al 2005). Der Vergleich zeigt bei den anderen Arbeiten signifikant pathologische Werte präoperativ bei einem ähnlichen Korrekturmaß. Postoperativ wurde ausschließlich in der hier vorliegenden Arbeit ein normaler TF bei Normalwerten zwischen -5° bis +5° erzielt, (Büchler et al 2012), was möglicherweise auf die präoperativ niedrigeren Werte zurückzuführen ist.

In der letzten röntgenlogischen Nachuntersuchung dieser Arbeit fanden sich keine signifikanten Veränderungen der gemessenen LCE-Winkel und TF-Winkel im Vergleich zu den direkt postoperativ durchgeföhrten Nachuntersuchungen. Auch unter Berücksichtigung der vollständigen knöchernen Durchbauung bei allen Fällen bestätigen diese Werte eine stabile Osteosynthesetechnik ohne Hinweise auf einen sekundären Korrekturverlust

Ergebnisscores. Die vorliegende Arbeit zeigte nach durchschnittlich 20,4 Monaten gute bis sehr gute klinische Ergebnisse. Bei der letzten Kontrolle ergaben sich im Score nach Merle d'Aubigné ein Mittelwert von 16,5 von 18 möglichen Punkten. Die Ergebnisse sind mit denen anderer Publikationen vergleichbar. So berichteten Pogliacomi et al bei einer Nachuntersuchung von 32 Patienten (36 Hüften) nach 4,1 Jahren über ein gutes Ergebnis mit einem MdA-Score von 16 Punkten (Pogliacomi et al 2005). Ganz et al zeigten 1988 in ihrer Langzeitstudie von 74 operierten Hüften nach 10 – 14 Jahren einen durchschnittlichen Wert von 16,3 Punkten im MdA-Score. In der Studie mit dem längsten Nachuntersuchungszeitraum berichteten Steppacher et al nach 10 Jahren über einen MdA-Score von 16,7 Punkten bei 58 Patienten (68 Hüften) und nach 20 Jahren über einen MdA-Score von 15,8 bei noch 41 erhaltenen Hüftgelenken nach PAO (Steppacher et al 2008). Die aktuelle Arbeit zeigte eine sehr gute Beweglichkeit zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung mit einem Beweglichkeits-Subscore nach Merle d'Aubigné von 6 aus 6 Punkten.

Auch der Vergleich der Ergebnisse im modifizierten Harris-Hip-Score (mHHS) ergab ähnliche Ergebnisse für diese und andere Arbeiten. Mit durchschnittlich 87,6 von 100 Punkten zeigte der mHHS ein gutes Ergebnis für die subjektive Beurteilung von Schmerzen und Funktion bei den hier nachuntersuchten Patienten. Die durchschnittlich erreichte Punktzahl für den Faktor „Hinken“ im mHHS lag bei 10,25 von 11 Punkten. Ein signifikantes „Hinken“ nach DIPAO wurde von den Patienten auf Anfrage nicht beschrieben. Ko et al 2002 erzielten bei 36 Patienten (38 Hüften) 5,5 Jahre nach modifizierter PAO Durchschnittswerte für den mHHS von 88. Bernstein et al 2007 und Zhu et al 2013 nutzten jeweils den ursprünglichen Harris Hip Score. Ihre Durchschnittswerte wurden mit 93 und 88,4 Punkten aus 100 möglichen Punkten beschrieben.

Die Bewertung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mittels „international Hip Outcome Tool – 12“ (iHOT-12) ergab ein durchschnittliches Ergebnis von 78,1%, was eine im oberen Drittel liegende Lebensqualität nach Hüfteingriff darstellt. In anderen Arbeiten zur PAO oder Dreifachosteotomie wurde der iHOT-12 bislang nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Summenskalen im SF-36 ergaben, dass sowohl die psychische als auch die körperliche Summenskala mit den Werten der deutschen Normpopulation fast identisch sind (Ellert, Kurth 2004). Der Mittelwert der körperlichen Summenskala lag bei 48,7 Punkten, der durchschnittliche Wert der psychischen Summenskala bei 49,3 Punkten. Auch Troelsen et al 2009 und Van Bergayk und Garbuz 2002 machten in ihren Studien dieselben Erfahrungen. Da keine präoperativen Scores für das hier nachuntersuchte Patientengut vorlagen, lässt sich jedoch nicht sagen, ob das gute Ergebnis der Körperlichen Summenskala Resultat der DI-PAO war, oder ob die Patienten von einem bereits präoperativ hohen Niveau gestartet waren. Die hier erhobenen SF-36 Werte zeigen jedoch, dass die DI-PAO keinen negativen Einfluss in die Lebensqualität der Patienten hat, sowohl körperlich als auch psychisch.

Provokationstests. Die Analyse der Untersuchungsbefunde der vorliegenden Studie zeigte eine signifikante Reduktion der Zahl schmerzhafter Provokationstests. Präoperativ waren 82,3% der durchgeführten Impingementtests und 44,1% der durchgeführten Apprehensionstests diskret bis deutlich positiv. Postoperativ fand sich eine Reduktion der positiven Testergebnisse auf 19,2% im Impingementtest und 4,2% im Apprehensionstest. Die Literatursuche ergab keine Publikationen, in denen eine vergleichbare Analyse in einem ähnlichen Nachuntersuchungszeitraum durchgeführt wurde. Steppacher et al jedoch gaben in ihrer PAO- Langzeitstudie eine positive Schmerzprovokation in 20% der präoperativ durchgeführten Impingementtests an. Dieses Ergebnis änderte sich 10 Jahre postoperativ auf 24% sowie 20 Jahre postoperativ auf 38%. Auch der Apprehensionstest war in ihrer Studie 20 Jahre postoperativ in 7% der Fälle positiv. Sowohl die eigene als auch die Arbeiten der Berner Arbeitsgruppe zeigen, dass bei einigen Hüftgelenken trotz der signifikanten Reduktion weiterhin eine Provozierbarkeit im Impingement- und Apprehensionstest verbleibt.

Beweglichkeit. Die vorliegende Arbeit zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen präoperativ und zuletzt gemessener Hüftbeweglichkeit. Die ausschließlich während der ersten 12 Wochen postoperativ gemessene reduzierte Flexion, Extension und Abduktion sind dem frühen Nachuntersuchungszeitpunkt zuzumessen und nicht klinisch relevant.

Ganz et al beschrieben 1988 in einer Nachuntersuchung nach 11 Jahren einen statistisch signifikanten Rückgang der Hüftflexion von präoperativ 114° auf 96° und der Innenrotation von präoperativ 28° auf 15°. Auch van Bergayk und Garbuz berichten 2002 von einem verminderten Bewegungsumfang des Hüftgelenks nach PAO nach mindestens 24 Monaten. Eine mögliche Ursache für die zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung normale Hüftbeweglichkeit in der vorliegenden Arbeit könnte der frühe Nachuntersuchungszeitpunkt vor der Entwicklung sekundär degenerativer Veränderungen sein. Zudem ist festzustellen, dass der mittlere LCE-Winkel im unteren Normalbereich lag, um eine übermäßige Überdachung des Kopfes durch die Pfanne mit möglichem konsekutivem Impingement und einer Bewegungseinschränkung zu vermeiden.

Schlussfolgerung. Die in der aktuellen Studie beschriebene Operationstechnik der periazetabulären Osteotomie über einen dorsalen und modifizierten ventralen Zugang erlaubt eine kontrollierte Osteotomie von Ilium, Pubis und Ischium unter Sicht und Hakenschutz der gefährdeten Weichteile und neurovaskulären Strukturen mit dem wahrscheinlichen Vorteil der einfacheren Mobilisierung des azetabulären Fragments und einem geringeren Risiko für die neurovaskulären Leitungsbahnen.

Komplikationen im postoperativen Verlauf wie Osteonekrosen, Fixationsverluste und Pseudarthrosen wurden nicht beobachtet, sodass von einer Schonung der femoralen und azetabulären Blutversorgung und einer stabilen Osteosynthesetechnik ausgegangen werden kann. Die postoperative Vermessung der Röntgenaufnahmen mit größtenteils Normalwerten für die seitliche Überdachung und Stellung der Tragfläche weist dem Operationsverfahren ein adäquates Korrekturpotential zu. Die kurzfristigen klinischen Ergebnisse nach ein bis drei Jahren sind gut bis sehr gut. Das adäquate Korrekturpotential der DI-PAO wurde in den röntgenologischen Nachuntersuchungen bestätigt.

Es zeigte sich die signifikante Steigerung des LCE-Wertes, die in ihrem Ausmaß mit den anderen Studien vergleichbar ist sowie die signifikante Verkleinerung der TF-Winkel in ein physiologisches Maß. Ein Korrekturverlust konnte in der letzten röntgenologischen Nachuntersuchungen ausgeschlossen werden.

Insgesamt ergeben sich für die untersuchten Scores in subjektiven und objektiven Messungen gute Ergebnisse nach DI-PAO. Eine körperliche oder psychische Einschränkung auf Grund der hier durchgeführten Operationstechnik besteht nicht. Signifikante Unterschiede zu anderen Studien ergaben sich nicht.

Die DI-PAO stellt ein sicheres und reproduzierbares und im Vergleich zur Standardtechnik vereinfachtes Operationsverfahren zur Behandlung der azetabulären Dysplasie dar. Die subjektiven, klinischen und röntgenologischen Ergebnisse sind mit denen bereits etablierter Operationstechniken vergleichbar.

6. Anhang

6. 1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arthrosegrade nach Tönnis 1984	33
Tabelle 2: Bewertung der Ergebnisse des Scores nach Merle d'Aubigné und Postel 1990.....	36
Tabelle 3: Bewertung der Ergebnisse im mHHS nach Byrd (Byrd 2000).....	39
Tabelle 4: Die Subskalen des SF-36 Gesundheitsfragebogens (Bullinger, Kirchberger 1998) .	45
Tabelle 5: Umpolung von sieben Items (Bullinger, Kirchberger 1998)	46
Tabelle 6: Rekalibrierung von drei Items (Bullinger, Kirchberger 1998).....	47
Tabelle 7: Prä- und postoperativer Bewegungsumfang des operierten Hüftgelenks	66
Tabelle 8: Intra- und postoperative Komplikationen	71
Tabelle 9: Varianzanalyse der LCE-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung	73
Tabelle 10: Interpretation der Boxplots (Abb. 26, 27, 28, 29, 31, 32)	74
Tabelle 11: LCE-Winkel präoperativ, postoperativ und letzte Nachuntersuchung für das gesamte Patientenkollektiv.....	74
Tabelle 12: Varianzanalyse der TF-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung	75
Tabelle 13: TF-Winkel präoperativ, postoperativ und bei der letzten Nachuntersuchung für das gesamte Patientenkollektiv	76
Tabelle 14: Ergebnisse Score nach Merle d'Aubigné und Postel	77
Tabelle 15: Ergebnisse mHHS	78
Tabelle 16: Ergebnisse iHOT-12.....	80
Tabelle 17: Ergebnisse SF-36	81

6. 2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hüftgelenksentwicklung – frühe embryonale Phase (Schünke et al 2007).....	11
Abbildung 2: Hüftgelenksentwicklung - späte embryonale Phase (Schünke et al 2007)	12
Abbildung 3: Hüftgelenksentwicklung - Fetalperiode (Schünke et al 2007).....	13
Abbildung 4: Biomechanik der Hüfte im Einbeinstand (Bergmann 2004)	19
Abbildung 5: Score nach Merle d'Aubigné und Postel (1954). Die Addition der 3 Punktewerte zu jedem Hauptkriterium ergibt den Score.....	37
Abbildung 6: Modifizierter Harris Hip Score (mHHS) (Byrd, Jones 2000). Die Addition der Punktewerte zu jedem Hauptkriterium ergibt den Score.....	40
Abbildung 7: International Hip Outcome Tool - 12 (iHOT-12; Griffin et al 2012)	43
Abbildung 8: Die Dimensionen des SF-36 Gesundheitsfragebogens im Überblick.....	44
Abbildung 9: Gewichtung der Subskalen im SF-36	45
Abbildung 10: SF-36 Gesundheitsfragebogen (Bullinger, Kirchberger 1998)	51
Abbildung 11: Identifikation des Sitzbeinhöckers und Planung des Hautschnitts (Links kaudal, rechts proximal. Sicht auf die linke Gesäß- und Oberschenkelregion).....	52
Abbildung 12: Dorsale Osteotomiefläche (Pfeil; Sicht wie bei Abb. 11).....	53
Abbildung 13: Inkomplette Ischiumosteotomie mit Lambotte-Meißeln (Sicht wie bei Abb. 11)	54
Abbildung 14: Inkomplette Ischiumosteotomie nach Aufdehnung der Ischiumosteotomie (Pfeil; Sicht wie bei Abb. 11).....	54
Abbildung 15: Intrakutannaht nach inkompletter Ischiumosteotomie über post. Zugang	55
Abbildung 16: Osteotomieverlauf unter Ansicht von ventral; Modell einer linken Beckenhälfte.....	58
Abbildung 17: Osteotomieverlauf unter Ansicht von dorsal	58
Abbildung 18: Osteotomieverlauf unter Ansicht von medial	59
Abbildung 19: Osteotomieverlauf unter Ansicht von innen	59
Abbildung 20: Osteotomieverlauf unter Ansicht von lateral	60
Abbildung 21: Fixierung des azetabulären Fragments (Weber, Ganz 2002a)	62
Abbildung 22: Fixierung des azetabulären Fragments; intraoperative Kontrolle (OCM München)	62

Abbildung 23: Ergebnisse des Impingementtests präoperativ vs. postoperativ (letzter Nachuntersuchungszeitpunkt)	67
Abbildung 24: Ergebnisse des Apprehensionstests präoperativ vs. postoperativ (letzter Nachuntersuchungszeitpunkt)	68
Abbildung 25: Prä- und postoperative Hämoglobin- und Hämatokritwerte mit Angabe der einfachen Standardabweichung nach oben und unten (± 1 SD).....	69
Abbildung 26: LCE-Winkel präoperativ und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung...	73
Abbildung 27: TF-Winkel präoperativ und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung.....	75
Abbildung 28: Ergebnisse Score nach Merle d'Aubigné und Postel	77
Abbildung 29: Ergebnisse im modifizierten Harris Hip Score	78
Abbildung 30: Für das Kriterium „Hinken“ erreichte Punktzahl. Der mHHS gibt dafür die Möglichkeiten 0, 5, 8 und 11 Punkte vor.	79
Abbildung 31: Ergebnisse international Hip Outcome – Tool 12.....	80
Abbildung 32: Ergebnisse Short Form-36 : Körperliche Summenskala (Körperliches Befinden), Psychische Summenskala (Psychisches Befinden)	81
Abbildung 33: SF-36 Vergleich der Mittelwerte Studienpopulation vs. Normpopulation	81

6.3 Patientenfragebogen

OCM Medizinisches Versorgungszentrum

Fachärzte für Orthopädie: Dr. med. Wolfgang Bracker | Dr. med. Michael Heß | Dr. med. Alexander Kirgis

Dr. med. Ernst-Otto Münch | Dr. med. Johannes Schmidt | Dr. med. Gabriel Wasmer

Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie: PD Dr. med. Michael Dienst | PD Dr. med. Robert Hube

PD Dr. med. Thomas Kalteis | PD Dr. med. Hermann Mayr

Facharzt für Chirurgie: Prof. Dr. med. Ernst Wiedemann

Facharzt für Chirurgie, Unfallchirurgie: Dr. med. Claudius Zeiler



Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

zur Verbesserung der Behandlung der Residuellen Hüftdysplasie und der Periazetabulären Osteotomie als Behandlungsmaßnahme führen wir im Rahmen einer Studie eine Befragung an bereits operierten Patienten durch. Wir gehen hierbei auf postoperative Schmerzen, Probleme im Alltag, Bewegungseinschränkungen und einige andere Aspekte ein.

Wir würden uns sehr freuen wenn Sie an dieser Studie teilnehmen würden. Dazu bitten wir Sie den folgenden Fragebogen auszufüllen. Bitte kreuzen Sie dabei zu jeder Frage eine Antwort an, die Ihren Zustand am besten beschreibt. Ihre Daten werden für Studienzwecke anonymisiert und nicht an Dritte weitergegeben.

Wir bedanken uns für Ihre Mithilfe!

Name: _____ Jahr der OP: _____ Hüfte: rechts links

Bitte kreuzen Sie zu jeder Frage jeweils eine auf Sie zutreffende Aussage an.

Schmerzen im operierten Hüftgelenk

Ich habe keine Schmerzen.	<input type="radio"/>
Ich habe gelegentlich geringe Schmerzen, die mich in meiner Aktivität nicht beeinträchtigen.	<input type="radio"/>
Ich habe milde Schmerzen, die mich in meiner Alltagsaktivität jedoch nicht beeinträchtigen. Nach körperlicher Beanspruchung verspüre ich Schmerzen und nehme leichte Schmerzmittel (z.B. Ibuprofen).	<input type="radio"/>
Ich habe moderate, tolerierbare Schmerzen, die mich teilweise beeinträchtigen. Gelegentlich nehme ich Schmerzmittel (z.B. Codein).	<input type="radio"/>
Ich habe starke Schmerzen und bin durch dadurch ernsthaft beeinträchtigt.	<input type="radio"/>
Durch meine Schmerzen bin ich vollständig beeinträchtigt.	<input type="radio"/>

Gehhilfen

Mir ist es möglich normal, ohne Gehhilfen zu gehen.	<input type="radio"/>
Ich gehe ohne Stock. Dabei hinke ich leicht.	<input type="radio"/>
Ich kann mit Stock lange Zeit, ohne Stock jedoch nur eine kurze Zeit hinkend gehen.	<input type="radio"/>
Ohne Stock kann ich nur mit Schwierigkeiten, mit Stock weniger als eine Stunde gehen.	<input type="radio"/>
Ich benötige zum Gehen einen Stock als Stütze.	<input type="radio"/>
Ich kann mich nur mit zwei Gehhilfen/ Krücken fortbewegen.	<input type="radio"/>
Auch mit Gehhilfen ist es mir nicht möglich zu gehen.	<input type="radio"/>

Hinken

Ich hinke überhaupt nicht.	<input type="radio"/>
Ich hinke ein wenig.	<input type="radio"/>
Ich hinke mäßig.	<input type="radio"/>
Ich hinke stark.	<input type="radio"/>
Mir ist es nicht möglich ohne Gehhilfen zu gehen.	<input type="radio"/>

Gehstrecke

Ich kann unbegrenzt weit gehen.	<input type="radio"/>
Ich kann mehr als 1km weit gehen.	<input type="radio"/>
Ich kann weniger als 1km weit gehen.	<input type="radio"/>
Ich gehe nur innerhalb des Hauses.	<input type="radio"/>
Entweder liege ich im Bett oder sitze auf einem Stuhl.	<input type="radio"/>

Andere Aktivitäten

Treppensteigen

Ich habe mit Treppensteigen keine Probleme.	<input type="radio"/>
Ich habe mit Treppensteigen keine Probleme, wenn ich mich an einem Geländer festhalten kann.	<input type="radio"/>
Ich brauche Gehstützen, einen Stock, oder fremde Hilfe um Treppen zu steigen.	<input type="radio"/>
Ich kann keine Treppen steigen.	<input type="radio"/>

Socken/ Schuhe

Ich kann problemlos meine Socken und Schuhe an- und ausziehen.	<input type="radio"/>
Ich kann meine Socken und Schuhe nur mit Schwierigkeiten an- und ausziehen.	<input type="radio"/>
Ich kann meine Socken und Schuhe nicht alleine an- und ausziehen.	<input type="radio"/>

Sitzen

Ich kann problemlos eine Stunde auf jedem Stuhl sitzen.	<input type="radio"/>
Ich kann auf einem hohen Stuhl ca. eine halbe Stunde sitzen.	<input type="radio"/>
Mir ist es nicht möglich eine halbe Stunde auf einem Stuhl, egal welcher Art, zu sitzen.	<input type="radio"/>

Öffentliche Verkehrsmittel

Die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel bereitet mir keine Schwierigkeiten.	<input type="radio"/>
Es ist mir nicht möglich öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen.	<input type="radio"/>

Anleitung

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Probleme, die wahrscheinlich durch Ihre Hüfte verursacht werden und damit Ihren Alltag und Ihre Emotionen beeinflussen.

Bitte beurteilen Sie die Größe des Problems, indem Sie jede Linie mit einem Kreuz (X) markieren. Achten Sie dabei bitte darauf, dass sich das Kreuz innerhalb der vorgefertigten Linien befindet, wie an den folgenden Beispielen beschrieben.

Beispiele:

Sie haben keine Probleme mit Ihrer Hüfte/ Leiste:

Keine Maximal
Probleme

Sie haben leichte Probleme mit Ihrer Hüfte/ Leiste:

Keine Maximal
Maximal
Probleme

Sie haben mittlere Probleme mit Ihrer Hüfte/ Leiste:

Keine Maximal
Probleme

Sie haben starke Probleme mit Ihrer Hüte/ Leiste:

Keine Maximal
Probleme

Sie sind durch Ihre Hüfte/ Leiste maximal beeinträchtigt:

Keine Maximal
Probleme

Wie viel Schmerz haben Sie in Ihrer Hüfte/ Leiste?

Keine Maximaler
Schmerzen Schmerz

Wie schwer ist es für Sie vom Boden aufzustehen?

Nicht Sehr
schwer schwer

Wie schwer ist es für Sie lange Strecken zu gehen?

Nicht Sehr
schwer schwer

Wie stark sind die Schwierigkeiten/ Schmerzen durch Einklemmungen, Verhaken, Knacken und Geräusche?

Keine Max.
Probleme Probleme

Wie viel Schwierigkeiten haben Sie damit schwere Gegenstände zu schieben, zu ziehen, anzuheben oder zu tragen?

Keine I _____ I Max.
Probleme

Wie groß ist Ihre Angst davor, dass bei plötzlichem Richtungswechsel während dem Sport oder anderen Aktivitäten plötzliche Schmerzen auftreten?

Keine I _____ I Max.
Angst

Wie viel Schmerz verspüren Sie in Ihrer Hüfte *nach* körperlicher Aktivität?

Keine I _____ I Max.
Schmerzen

Wie besorgt sind Sie auf Grund Ihrer Hüfte Kinder hochzuheben oder zu tragen?

Nicht I _____ I Sehr
besorgt

Haben Sie Schwierigkeiten auf Grund Ihrer Hüfte bei sexuellen Tätigkeiten?

Dies ist für mich nicht relevant
Keine I _____ I Max.
Probleme

In wie viel Prozent der Zeit sind Sie sich Ihrer Behinderung in der Hüfte bewusst?

Nie I _____ I Konstant
bewusst

Wie groß sind Ihre Sorgen, dass Sie ihr Fitness-Level aufrechterhalten?

Nicht I _____ I Sehr
besorgt

Wie störend ist Ihre Hüftproblematik für Sie?

Nicht I _____ I Maximal
störend

Allgemeine gesundheitliche Lage

Wie würden Sie generell Ihre **Gesundheit** beurteilen?

Exzellent	<input type="radio"/>
Sehr gut	<input type="radio"/>
Gut	<input type="radio"/>
Moderat	<input type="radio"/>
Schlecht	<input type="radio"/>

Wie würden Sie Ihre **momentane Gesundheitslage** im Vergleich zu letztem Jahr beschreiben?

Sehr viel besser als vor einem Jahr	<input type="radio"/>
Etwas besser als vor einem Jahr	<input type="radio"/>
In etwa gleich	<input type="radio"/>
Etwas schlechter als vor einem Jahr	<input type="radio"/>
Sehr viel schlechter als vor einem Jahr	<input type="radio"/>

Hatten Sie auf Grund Ihrer **allgemeinen Gesundheit** während der letzten vier Wochen folgende Probleme bei der Arbeit, oder im alltäglichen Leben?

	JA	Nein
Ich habe die Zeit, die ich für Arbeit und Freizeitaktivitäten investiere, verkürzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe weniger erreicht als ich wollte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich war in der Auswahl meiner Freizeitgestaltung eingeschränkt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich hatte Schwierigkeiten damit meine Arbeit zu bewerkstelligen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hatten Sie auf Grund Ihrer **emotionalen Lage** während der letzten vier Wochen folgende Probleme bei der Arbeit, oder im alltäglichen Leben?

	JA	Nein
Ich habe die Zeit, die ich für Arbeit und Freizeitaktivitäten investiere, verkürzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe weniger erreicht als ich wollte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich konnte mich nicht mehr gewissenhaft auf meine Arbeit konzentrieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die folgenden Aspekte handeln von Alltagsaktivitäten. Begrenzt Ihre **momentane allgemeine Gesundheitslage** Sie in diesen Aktivitäten? Falls dem so ist, wie viel?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, ein wenig eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
Anspruchsvolle Aktivitäten wie Laufen, das Heben schwerer Gegenstände, anspruchsvolle Sportarten			
Mäßig anstrengende Aktivitäten wie Haus- oder Gartenarbeiten			
Tragen von Einkäufen			
Treppensteigen (mehrere Stockwerke)			
Treppensteigen (ein Stockwerk)			
Beugen, Knen, Bücken			
Spaziergänge länger als 1km			
Spaziergänge kürzer als 1km			
Kurze Gehstrecken			
Baden, Ankleiden			

In welchem Ausmaß hatten Ihre **körperliche Gesundheit** oder **emotionalen Probleme** Auswirkungen auf Ihr soziales Umfeld während der letzten vier Wochen (z.B. Unternehmungen mit Freunden und Familie)?

Überhaupt nicht	<input type="radio"/>
Wenig	<input type="radio"/>
Mäßig	<input type="radio"/>
Eher mehr	<input type="radio"/>
Viel	<input type="radio"/>

Wie stark waren Ihre **allgemeinen körperlichen Schmerzen** in den letzten vier Wochen?

Keine Schmerzen	<input type="radio"/>
Sehr mild	<input type="radio"/>
Mild	<input type="radio"/>
Mäßig	<input type="radio"/>
Stark	<input type="radio"/>
Sehr stark	<input type="radio"/>

Wie stark hatten **allgemeine körperliche Schmerzen** Auswirkungen auf Ihre Arbeit während der letzten vier Wochen (Arbeiten außerhalb des Hauses und Hausarbeit)?

Überhaupt nicht	<input type="radio"/>
Wenig	<input type="radio"/>
Mäßig	<input type="radio"/>
Eher mehr	<input type="radio"/>
Viel	<input type="radio"/>

Wie oft hatten Ihre **allgemeine körperliche Gesundheit** oder **emotionalen Probleme** Auswirkungen auf Ihr soziales Umfeld während der letzten vier Wochen (z.B. Besuchen von Freunden und Verwandten)?

Immer	<input type="radio"/>
Meistens	<input type="radio"/>
Selten	<input type="radio"/>
Sehr selten	<input type="radio"/>
Nie	<input type="radio"/>

Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihrer **Gefühlslage** und **Allgemeinsituation** der letzten vier Wochen. Bitte kreuzen Sie bei jeder Frage die Antwort an, die am ehesten auf Sie zutrifft.

Wie oft während der letzten vier Wochen ...

	Immer	Meistens	Oft	Manchmal	Selten	Nie
... haben Sie sich schwunglos gefühlt?	<input type="radio"/>					
... waren Sie nervös?	<input type="radio"/>					
... haben Sie sich seelisch schlecht gefühlt?	<input type="radio"/>					
... haben Sie sich ruhig gefühlt?	<input type="radio"/>					
... waren Sie voller Energie?	<input type="radio"/>					
... waren Sie niedergeschlagen?	<input type="radio"/>					
... haben Sie sich fertig gefühlt?	<input type="radio"/>					
... waren Sie eine glückliche Person?	<input type="radio"/>					
... waren Sie müde?	<input type="radio"/>					

Wie wahr oder falsch sind die folgenden Aussagen bezüglich Ihrer Person?

	Voll zutreffend	Eher zutreffend	Ich weiss nicht	Eher nicht zutreffend	Gar nicht zutreffend
Ich scheine schneller krank zu werden als andere.	<input type="radio"/>				
Ich kenne niemanden der gesünder ist als ich.	<input type="radio"/>				
Ich gehe davon aus, dass meine Gesundheit sich verschlechtert.	<input type="radio"/>				
Meine Gesundheit ist einwandfrei.	<input type="radio"/>				

7. Literaturverzeichnis

1. Anderhuber F (2004) Entwicklungsgeschichte und Anatomie des Hüftgelenks. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 4-15
2. Beaulé PE, Dowding C, Parker G, Ryu JJ (2015) What Factors predict improvements in outcome scores and reoperations after the Bernese periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 473: 615-622
3. Beck M, Leunig M, Ellis T, Sledge JB, Ganz R (2003) The acetabular blood supply: implications for periacetabular osteotomies. *Surg Radiol Anat* 25: 361-367
4. Bender R, Grouven U, Ziegler A (2007) Varianzanalyse für Messwertwiederholungen. *Dtsch med Wochenschr* 132: e61-e64
5. Bergmann G (2004) Biomechanik. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 17-28
6. Bernau A (2004) Röntgendiagnostik und Einstelltechniken beim Nativröntgen. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 61-67
7. Bernstein P, Thielemann F, Günther KP (2007) A modification of the periacetabular osteotomy using a two-incision approach. *The Open Orthopaedics Journal* 1: 13-18
8. Birnbaum K, Prescher A, Hepler S, Heller KD (1997) The sensory innervation of the hip joint - An anatomical study. *Surg Radiol Anat* 19: 371-375
9. Blavier L, Blavier J (1962) Traitement de la subluxation de la hanche. *Rev Chir Orthop* 48: 208-213
10. Büchler L, Beck M, Gollwitzer H, Katthagen BD, Zahedi AR (2012) Gelenkerhaltende Hüftchirurgie im Erwachsenenalter. *Der Orthopäde* 11: 925-934
11. Bullinger M, Kirchberger I (1998) SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand - Handanweisung. Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen
12. Byrd JWT, Jones KS (2000) Prospective analysis of hip arthroscopy with 2-Year follow-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 16: 578-587
13. Chen M, Shang XF (2016) Surgical treatment for young adult hip dysplasia: joint-preserving options. *International Orthopaedics* 40: 891-900

14. Clohisy JC, Barrett SE, Gordon JE, Delgado ED, Schoenecker PL (2005) Periacetabular osteotomy for the treatment of severe acetabular dysplasia. *J Bone Joint Surg* 87-A: 254-259
15. Clohisy JC, Nunley RM, Curry MC, Schoenecker PL (2007) Periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia associated with major aspherical femoral head deformities. *J Bone Joint Surg* 89-A: 1417-1423
16. Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD (1983) Acetabular dysplasia in the adult. *Clin Orthop Relat Res* 175: 79-85
17. Crockarell Jr JR, Trousdale RT, Guyton JL (2000) The anterior center-edge angle - a cadaver study. *J Bone Joint Surg* 82-B: 532-534
18. Delaere O, Dhem A (1999) Prenatal development of the human pelvis and acetabulum. *Acta Orthopaedica Belgica* 65: 255-260
19. Dienst M (2014) Femoroacetabuläres Impingement und Hüftdysplasie - Widerspruch oder Kombinationspathologie. *Arthroskopie* 27: 125-135
20. Ellert U, Kurth BM (2004) Methodische Betrachtungen zu den Summenscores des SF-36 anhand der erwachsenen bundesdeutschen Bevölkerung. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 47: 1027-1032
21. Eppright RH (1975) Dial osteotomy of the acetabulum in the treatment of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* 57-A: 1172
22. Fraitzl CR, Kappe T, Reichel H (2010) Das femoroacetabuläre Impingement – eine häufige Ursache des Leistungsschmerzes beim Sportler. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 61: 292-298
23. Gangloff S, Onimus M (1994) Chiari Pelvic Osteotomy: Technique and Indications. *Journal of Pediatric Orthopaedics Part B* 3: 68-75
24. Ganz R, Klaue K, Vinh TS, Mast JW (1988) A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias. *Clin Orthop* 232: 26-36
25. Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Notzli H, Siebenrock KA (2003) Femoroacetabular Impingement: a cause of osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop* 417: 112-120
26. Ganz R, Leunig M (2007) Twenty years of experience with the Bernese Periacetabular Osteotomy for residual acetabular dysplasia. In: Sofue M, Endo N (eds) *Treatment of osteoarthritic change in the hip - Joint preservation or joint replacement?* Springer Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York, pp 147-161

27. Griffin DR, Parsons N, Mohtadi NGH, Safran MR (2012) A short version of the international hip outcome tool (iHOT – 12) for use in routine clinical practice. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 28: 611-618
28. Harris WH (1969) Traumatic Arthritis of the Hip after Dislocation and Acetabular Fractures: Treatment by Mold Arthroplasty. *J Bone Joint Surg* 51-A: 737-755
29. Hopf A (1966) Hüftpfannenverlagerung durch doppelte Beckenosteotomie zur Behandlung der Hüftgelenksdysplasie und Subluxation bei Jugendlichen und Erwachsenen. *Z Orthop* 101: 559-586
30. Kalchschmidt K, Tönnis D (2004) Dreifache Beckenosteotomie nach Tönnis nach Kalchschmidt. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 170-176
31. Katthagen BD, Spies H, Bachmann G (1995) Die arterielle Durchblutung der knöchernen Hüftgelenkspfanne. *Z. Orthop* 133: 7-13
32. Kim HT, Woo SH, Lee JS, Cheon SJ (2009) A dual anteroposterior approach to the Bernese periacetabular osteotomy. *J Bone and Joint Surg* 91-B: 877-882
33. Klaue K, Durnin CW, Ganz R (1991) The Acetabular Rim Syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* 73-B: 423-429
34. Ko JY, Wang CJ, Lin CFJ, Shih CH (2002) Periacetabular osteotomy through a modified ollier transtrochanteric approach for treatment of painful dysplastic hips. *J Bone Joint Surg* 84-A: 1594-1604
35. Larson CM, Swaringen J, Morrison G (2005) A review of Hip Arthroscopy and its role in the management of adult hip pain. *The Iowa Orthopaedic Journal* 25: 172-179
36. Le Coeur P (1965) Corrections des défauts d'orientation de l'articulation coxo-fémorale par ostéotomie de l'isthme iliaque. *Rev Chir Orthop* 51: 211-212
37. Leunig M, Ganz R (1998) Berner periazetabuläre Osteotomie. *Orthopäde* 27: 743-750
38. Leunig M, Siebenrock KA, Ganz R (2004) Periazetabuläre Osteotomie (PAO) nach Ganz. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 77-181
39. Lequesne MG, Laredo JD (1998) The faux profil (oblique view) of the hip in the standing position. Contribution to the evaluation of osteoarthritis of the adult hip. *Ann Rheum Dis* 57: 676-681

40. Maquet P (1999) Biomechanics of Hip Dysplasia. *Acta Orthopaedica Belgica* 65: 302-314
41. Matthiessen HD (2004) Hüftreifungsstörungen, Wachstum und Reifung. In: Tschauner C (ed) *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte*. Thieme, Stuttgart, New York, pp 120-133
42. Merle d'Aubigné R, Postel M (1954) Functional results of hip arthroplasty with acrylic prosthesis. *J Bone Joint Surg* 36-A: 451-475
43. Merle d'Aubigné R (1990) Cotation chiffrée de la fonction de la hanche. *Rev Chir Orthop* 76: 371-374
44. Mohtadi NGH, Griffin DR, Pedersen ME, Chan D, Safran MR, Parsons N, Sekiya JK, Kelly BT, Werle JR, Leunig M, Mc Carthy JC, Martin HD, Byrd JWT, Philippon MJ, Martin RL, Guanche CA, Clohisy JC, Sampson TG, Kocher MS, Larson CM (2012) The Development and Validation of Self-Administered Quality-of-Life Outcome Measure for Young, Active Patients with Symptomatic Hip Diseases: The International Hip Outcome Tool (iHOT-33). *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 28: 595-610
45. Murphy SB, Ganz R, Müller ME (1995) The prognosis in untreated dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* 77-A: 985-989
46. Pauwels F (ed) (1973) *Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte*. Springer, Berlin
47. Peters CL, Erickson JA, Hines JL (2006) Early results of the Bernese periacetabular osteotomy: the learning curve at an academic medical centre. *J Bone Joint Surg* 88-A: 1920-1926
48. Pogliacomi F, Stark A, Wallensten R (2005) Periacetabular Osteotomy. *Acta Orthopaedica* 76:67-74
49. Renner L, Perka C, Zahn R (2014) Komplikationen nach Beckenosteotomien. *Orthopäde* 43: 16-23
50. Salter RB (1961) Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *J Bone Joint Surg* 43-B: 518-539
51. Schünke M, Schulte E, Schumacher U (eds) (2007) *Prometheus Lernatlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat*. Thieme, Stuttgart, New York

52. Siebenrock KA, Schöll E, Lottenbach M, Ganz R (1999) Bernese periacetabular osteotomy. *Clinical Orthopaedics And Related Research* 363: 9-20
53. Siebenrock KA, Kalbermatten DF, Ganz R (2003) Effect of Pelvic Tilt on Acetabular Retroversion: A Study of Pelves from Cadavers. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 407: 241-248
54. Siebenrock KA, Schoeninger R, Ganz R (2003) Anterior femoro-acetabular Impingement due to acetabular retroversion: Treatment with periacetabular osteotomy. *J Bone Joint Surg* 85-A:278-286
55. Steel HH (1973) Triple-Osteotomy of the innominate bone. *J Bone Joint Surg* 55-A: 343-350
56. Steppacher SD, Tannast M, Ganz R, Siebenrock KA (2008) Mean 20-year follow-up of Bernese Periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 466: 1633-1644
57. Sutherland DH, Greenfield R (1977) Double innominate osteotomy. *J Bone and Joint Surg* 59-A: 1082-1091
58. Tönnis D, Behrens K, Tscharani F (1981) Eine neue Technik der Dreifachosteotomie zur Schwenkung dysplastischer Hüftpfannen bei Jugendlichen und Erwachsenen. *Z Orthop* 119: 253-265
59. Tönnis D, Behrens K, Tscharani F (1981) A modified technique of the triple pelvic osteotomy: early results. *J Pediatr Orthop* 1: 241-249
60. Tönnis D (1984) Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. Springer Berlin
61. Tönnis D, Arning A, Bloch M, Heinecke A, Kalchschmidt K (1994) Triple Pelvic Osteotomy. *Journal of Pediatric Orthopaedics Part B* 3: 54-67
62. Tönnis D, Kalchschmidt K, Heinecke A (1998) Hüftpfannenschwenkung durch Dreifachosteotomie des Beckens nach Tönnis. *Orthopäde* 27: 733-742
63. Troelsen A, Elmengaard B, Soballe K (2009) Medium-Term Outcome of Periacetabular Osteotomy and predictors of conversions to total hip replacement. *J Bone Joint Surg* 91-A: 2169-2179
64. Tschauner C, Hofmann S, Czerny C (1997) Hüftdysplasie: Morphologie, Biomechanik und therapeutische Prinzipien unter Berücksichtigung des Labrum acetabulare. *Orthopäde* 26: 89-108

65. Tschauner C, Hofmann S (2004) Residuelle Hüftdysplasie: Restdysplasie und Dysplasiecoxarthrose. In: Tschauner C (ed) Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Becken, Hüfte. Thieme, Stuttgart, New York, pp 156-169
66. Uhthoff HK (1990) The Embryology of the Human Locomotor System. Springer, Berlin. Zitiert nach Schünke et al 2007
67. Van Bergayk AB, Garbuz DS (2002) Quality of life and sports-specific outcomes after Bernese periacetabular osteotomy. *J Bone Joint Surg* 84-B: 339-343
68. Von Bremen-Kühne R, de la Vega-Salgado H, Steffen R (2006) Die Dreifachbeckenosteotomie nach Tönnis und Kalchschmidt in der Behandlung der Pfannendysplasie - Mittelfristige Ergebnisse. *Z Orthop* 144: 484-491
69. Wagner H (1973) Erfahrungen mit der Pfannenosteotomie bei Korrektur der dysplastischen Hüftgelenkspfanne. *Der Orthopäde* 2: 253-259
70. Ware JE, Gandek B (1998) Overview of the SF-36 health survey and the International Quality Of Life Assessment (IQOLA) project. *J Clin Epidemiol* 51: 903-912
71. Weber M, Ganz R (2002a) Die Berner periazetabuläre Osteotomie. *Operat Orthop Traumatol* 14: 99-121
72. Weber M, Ganz R (2002b) Der vordere Zugang zu Becken und Hüftgelenk. *Operat Orthop Traumatol* 14: 265-279
73. Zahedi AR, Kalchschmidt K, Katthagen BD (2013) Dreifache Beckenosteotomie nach Tönnis und Kalchschmidt. *Oper Orthop Traumatol* 25: 457-468
74. Zaltz I, Kim YJ, Schoenecker P, Trousdale R, Sierra R, Sucato D, Sink E, Beaulé P, Millis MB, Podeszwa D, Clohisy JC (2014) Complications associated with the periacetabular osteotomy. *J Bone Joint Surg* 96-A: 1967-1974
75. Zebala LP, Schoenecker PL, Clohisy JC (2007) Anterior Femoroacetabular Impingement: A diverse disease with evolving treatment options. *The Iowa Orthopaedic Journal* 27: 71-81
76. Zhu J, Chen X, Cui Y, Shen C, Cai G (2013) Mid-term results of Bernese periacetabular osteotomy for developmental dysplasia of hip in middle-aged patients. *International Orthopaedics (SICOT)* 37: 589-594

8. Publikation

Dienst M., Goebel L., Birk S., Kohn D. Bernese Periacetabular Osteotomy through a double approach – Simplification of a surgical technique. Akzeptiert zur Publikation in Operative Orthopädie und Traumatologie

9. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Kohn und Herrn Professor Dienst für die Möglichkeit der Promotion in diesem interessanten Themenbereich. Insbesondere für die herausragende Unterstützung in jeder Phase der Promotionsarbeit möchte ich ein herzliches Dankeschön aussprechen.

Darüber hinaus danke ich meinen lieben Eltern Elisabeth und Thomas Holkenbrink sowie meinem Ehemann Fabian für die ständige Rücksichtnahme, einem immer offenen Ohr und ermutigenden Worten.