

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. J. Eulert

**Langzeitergebnisse und Migrationsanalyse sphärischer Pressfit-
Pfannen in Kombination mit einer Pfannendachplastik**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Isabella Webering
aus Würzburg

Würzburg, November 2002

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. C. Hendrich

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. R. Thull

Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 25.04.2003

Die Promovendin ist Ärztin

Meinen Eltern.

Verzeichnis der Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AP	anterior-posterior
BÜS	Beckenübersicht
bzw.	beziehungsweise
CD-ROM	Compact-Disc-Read-only-Memory
EBRA	Einbildröntgenanalyse
etc.	et cetera
HG	Harris-Galante-(Pfanne)
Ki	Konfidenzintervall
mm	Millimeter
MW	Mittelwert
NUZ	Nachuntersuchungszeitraum
OP	Operation
PDP	Pfannendachplastik
PM	Parhofer-Mönch-(Prothesensystem)
RSA	Stereoröntgenphotogrammetrie
TEP	Totalendoprothese
TIF	Tagged-Image-File
TTMMJJ	Tag-Tag-Monat-Monat-Jahr-Jahr-(Datumsformat)
vs.	versus

Inhalt

1. Einleitung.....	1
2. Material und Methoden.....	5
2.1 Patientenkollektiv.....	5
2.2 Klassifikation.....	5
2.3 Diagnosen	6
2.4 Nachuntersuchungszeit	7
2.5 Praeoperative Basisdaten.....	7
2.6 Operation und postoperativer Verlauf.....	7
2.7 Operationsverfahren	8
2.8 Klinische Untersuchung.....	9
2.9 Harris-Hip-Score	10
2.10 Radiologische Untersuchung.....	10
2.11 Lockerungsdiagnose.....	11
2.12 Bestimmung des Schweregrads der Dysplasie	12
2.13 Einteilung der acetabulären Dysplasie nach Crowe.....	12
2.14 Einteilung nach Hartofilakidis.....	13
2.15 Bestimmung des Rotationszentrums	14
2.16 Die Einbildröntgenanalyse (EBRA).....	15
2.17 Hard- und Softwarevoraussetzungen	16
2.18 Der Messvorgang	16
2.19 Auswertung der EBRA.....	19
2.20 Messgenauigkeit.....	19
2.21 Statistik	20
3. Ergebnisse.....	21
3.1 Prothesenschicksal.....	21
3.2 Überlebenszeitanalyse	22
3.3 Intraoperative Komplikationen	24
3.4 Klinische Untersuchung.....	25
3.5 Harris-Score	25
3.6 Konventionelle Röntgenuntersuchung.....	25
3.7 Auswertung der Dysplasiedefekte	26
3.9 Einteilung der kongenitalen Hüfterkrankung nach Hartofilakidis.....	27

3.10 Rotationszentren.....	27
3.11 EBRA.....	28
3.12 Lockerung und Wanderung	29
3.13 Beispiel eines gewanderten und gewechselten Patienten.....	30
3.14 Beispiel eines nicht gewanderten Patienten	31
3.15 Horizontale Migration im Gesamtkollektiv.....	32
3.16 Vertikale Migration im Gesamtkollektiv	33
3.17 Unterschiedliche Typen der Implantatmigration.....	34
3.18 Überlebensrate und Implantatmigration.....	35
3.19 Statistische Analyse.....	39
4. Diskussion	40
5. Zusammenfassung	45
6. Literatur	47

1. Einleitung

Charnley stellte 1961 erstmals eine künstliche Hüftpfanne aus Polytetrafluorethylen her, nachdem er drei Jahre zuvor bei einer Thompson-Prothese eine Schaftverankerung mit Zement vorgenommen hatte⁵. Dies war die Geburtsstunde des künstlichen Hüftgelenkes. Seitdem wurden die Hüftprothesen kontinuierlich verbessert, was gleichzeitig zu einer Ausweitung der Operationsindikation führte.

Für die zementfreie Verankerung von Hüftgelenkpfannen werden verschiedene Prinzipien verwendet. Im König-Ludwig-Haus wird seit 1987 die sphärische Pressfit-Pfanne nach Harris-Galante für verschiedene Indikationen verwendet. Vor allem wird sie für den primären Hüftgelenksersatz benutzt, aber auch bei komplexen Hüftgelenkrekonstruktionen oder für Wechseloperationen. Die häufigsten Ursachen einer Pfannendachinsuffizienz sind die Pfannendachdysplasie oder Pfannendachzysten, coxitische Osteoporosen, spontane oder versteifte Hüften oder instabile Pfannen mit Osteolysen⁴⁵.

Die Versorgung der Dysplasiecoxarthrose stellt trotz moderner Techniken nach wie vor eine Herausforderung für die rekonstruktive Chirurgie dar¹³. Verschiedene Techniken werden bei der Dysplasiecoxarthrose-Therapie angewendet. So kommen zur Behandlung des Erkerdefektes eine Pfannendachstützschale oder ein acetabulärer Verstärkungsring zur Anwendung¹². Eine weitere Möglichkeit ist die Appositionsplastik aus dem Femurkopfresektat³¹. Je nach Defektgröße können impaktierte Knochenchips („impaction bone grafting“) oder Knochenblöcke („bulk grafts“) genutzt werden³⁵.

Weitere Möglichkeiten sind die Verwendung von zementierten Implantaten im falschen Acetabulum^{39;48}, die Defektauffüllung mit Zement^{34;43}, eine gezielte mediale Protrusion^{9;16}, oder die Akzeptanz eines hohen Hüftzentrums^{1;7}.

1977 beschrieb Harris zum ersten Mal die Verwendung eines Femurkopfstückes zur Defektrekonstruktion¹⁵. Dabei wird ein autologes oder allogenes Hüftkopfsegment mit Pfahlschrauben am dysplastischen Pfannenrand fixiert. Der Femurkopf eignet sich

auf Grund der Größe und Festigkeit besonders gut als acetabuläre Pfannendachplastik.

Seit ihrer Erstbeschreibung hat die Defektrekonstruktion mit einer autologen oder homologen Pfannendachplastik eine weite Verbreitung erlangt¹⁵. Verschiedene Autoren berichten über gute bis sehr gute Frühergebnisse^{47;52}.

Dem gegenüber erscheinen bereits die mittelfristigen Ergebnisse des Inaugurators mit 20% Revisionen nach 7 Jahren allenfalls noch akzeptabel¹¹, die Langzeitergebnisse mit 46% Lockerung nach 12 Jahren³⁶, bzw. mit 61% Versagen nach 16,5 Jahren⁴⁶ fallen dem gegenüber deutlich ab. Auch andere Autoren beschreiben ein zunehmendes Versagen der strukturellen Transplantate zwischen 5 und 10 Jahren (70% Survival bei 102 Implantaten³²). Inao et al.²⁵ beschrieben bei 20 Pfannendachplastiken nach 13 Jahren eine Lockerungsrate von 15%. Iida et al.²² fanden nach 12,3 Jahren bei 133 Pfannendachplastiken ein 96%iges Implantatüberleben, allerdings nur ein Survival von 83%, wenn als Endpunkt die radiologische Lockerung festgelegt wurde. Rodriguez et al.⁴³ fanden bei 35 Pfannen nach 11 Jahren 38% radiologische Lockerungen.

Während es sich bei diesen Arbeiten ausschließlich um zementierte Implantate in Kombination mit der Pfannendachplastik handelte, liegen für zementfreie Implantate mit Pfannendachplastik nur wenige mittelfristige Ergebnisse vor. Cameron et al.⁴ beschrieben bei 26 Pfannendachplastiken eine Lockerung nach 3,5 Jahren. Morsi et al.³⁵ beobachteten bei 33 zementfreien Pfannen nach 6,6 Jahren 2 Misserfolge. Hasegawa et al.¹⁷ sahen nach 58 Monaten bei 25 Implantaten keine Lockerung. Spangehl et al.⁴⁹ beobachteten 44 Pfannen über durchschnittlich 7,5 Jahre, in denen 5 Implantate revidiert wurden, eines davon wegen einer Lockerung, ein anderes wegen Implantatbruch. Zusätzlich bestand bei einem weiteren Implantat eine radiologische Lockerung im Sinne einer Implantatmigration mit Schraubenbruch. Hintermann und Morscher¹⁹ fanden bei 39 Pfannen nach 7,6 Jahren 2 Lockerungen, sie gaben allerdings bei 29 Implantaten eine mittlere Wanderung von 1,8 mm nach medial und 4,2 mm nach cranial an, die mit einer manuellen Messmethode ermittelt wurde.

Insgesamt fehlen daher Langzeitergebnisse von zementfreien Pfannen in Kombination mit Pfannendachplastik, die Rolle der Implantatmigration bei dieser Art der Versorgung ist ebenfalls unklar.

Eine besondere Schwierigkeit bei der Verwendung der Pfannendachplastik ist die Rekonstruktion des anatomischen Rotationszentrums. Aufgrund der dysplastischen Veränderung des Acetabulums kommt es zu einer Verlagerung des Drehzentrums, die, um gute Langzeitergebnisse des Implantates zu erhalten, intraoperativ wieder korrigiert werden soll. Dearborn und Harris⁷ versuchten dies mit einem hohen Hüftzentrum zu lösen. Andere Autoren empfahlen, das Acetabulum so weit wie möglich inferior und medial zu positionieren^{42,53}. Prinzipiell soll die acetabuläre Komponente so nah wie möglich an der anatomischen Position eingebaut werden. So zeigen Implantate, die außerhalb des anatomischen Acetabulum liegen, eine höhere Rate von Lockerungen als Implantate, die nahe der anatomischen Position liegen^{40,53}.

Bester Röntgenparameter für die Stabilität einer Prothese stellt die Implantatmigration dar. Die Beurteilung der Migration an Nativröntgenbildern wird durch das Problem der Vergleichbarkeit der Ausgangskollektive erschwert. Es gibt verschieden Möglichkeiten zur Migrationsanalyse, wie zum Beispiel die RSA, die Methode nach Sutherland oder Wetherell, die Sulzer-Methode oder die EinBildRöntgenanalyse²³. Die genannten Methoden unterscheiden sich voneinander, was die Ausführung, den Aufwand und die Präzision der jeweiligen Methode anbelangt.

Sowohl bei der Methode nach Sutherland als auch bei der Methode nach Wetherell handelt es sich um nicht computergesteuerte, manuelle Messmethoden. Vorteil dieser Methode ist die einfache Ausführung mittels Bleistift und Lineal, die schnell zu erlernen und durchzuführen ist. Es gibt jedoch keinen eingebauten Kontrollmechanismus für die Vergleichbarkeit der zu messenden Röntgenbilder. Insgesamt decken diese beiden Methoden nur größere Implantatwanderungen auf und sind daher nicht zur Erkennung von frühen Wanderungen geeignet²³.

Die Sulzer-Methode ist eine Zeit beanspruchende Messmethode, bei der ein PC und ein Scanner benötigt werden. Die im Vergleich zur RSA und EBRA geringere

Genauigkeit rechtfertigt den hohen zeitlichen Aufwand dieser Methode nicht. Einen weiteren Nachteil stellt die subjektive Wahl der Knochenmarkierungen dar²³.

Eine präzisere Messmethode stellt die computerunterstützte Stereoröntgenphotogrammetrie dar, die eine dreidimensionale Erfassung der Implantatwanderung ermöglicht. Nachteilig sind hierbei jedoch eine hohe Strahlenbelastung und die Notwendigkeit der Implantation metallischer Markierungen (Tantalum Marker) im Beckenknochen, die einen Einsatz an einer größeren Patientenpopulation nicht zulassen²³.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Röntgenmaterial mit der computergesteuerten EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) untersucht²⁹. Diese Messmethode wurde ausgewählt, da sie neben der RSA die höchste Genauigkeit in der Analyse der Pfannenmigration zeigt. Die EBRA-Methode ist zudem für ein größeres Patientenkollektiv in pro- und retrospektiven Studien als quantitativer Parameter für Implantatmigration geeignet²³.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse der eigenen Ergebnisse der zementfreien Harris-Galante-Pfanne, Typ I, in Kombination mit einer Pfannendachplastik anhand eines prospektiv erfassten Patientenkollektives. Besonderes Augenmerk galt dabei der Rolle der Implantatmigration, die mit dem digitalen Messverfahren EBRA dokumentiert wurde. Insbesondere sollte dabei der Zusammenhang zwischen Implantatmigration, Prothesenlockerung und dem Rotationszentrum analysiert werden.

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Von 1987 bis 1992 wurden in der Orthopädischen Universitätsklinik Würzburg insgesamt 65 Pfannendachplastiken in Kombination mit der zementfreien Pfanne nach Harris-Galante, Typ I (Zimmer Inc., Warsaw, Indiana, USA), durchgeführt. Sämtliche Implantate wurden prospektiv klinisch und radiologisch dokumentiert.

Von 65 Patienten wurden neun Patienten (13,8%) beidseitig versorgt. Es handelte sich um 46 weibliche und 10 männliche Patienten (82,1% vs. 17,9%).

Das mittlere Alter bei der Operation betrug $52,3 \pm 11,9$ Jahre. 36 Implantate wurden auf der rechten, 29 auf der linken Seite implantiert.

Als Nachuntersuchungsmethoden wurden die klinische Untersuchung (einschließlich Harris-Hip-Score), eine konventionelle Röntgenauswertung und die EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) gewählt.

2.2 Klassifikation

Die Indikation für die Pfannendachplastik wurde grundsätzlich gestellt, wenn 20% der Pfanne keine knöcherne Überdachung aufwies. Die Klassifikation der Defekte erfolgte primär nach der Einteilung von Hartofilakidis¹⁸. Insgesamt 8mal (12,3%) lag eine Dysplasie (= Typ I), 41mal (= 63,1%) eine Subluxation (= Typ II) und 16mal (= 24,6%) eine hohe Hüftluxation (=Typ III) vor.

2.3 Diagnosen

Es handelte sich in 56 Fällen (= 86,2%) um Hüftdysplasien und bei neun Patienten (13,8%) um eine TEP-Lockerung/Revision.

Die Verteilung der Diagnosen ist in Abbildung 1 dargestellt:

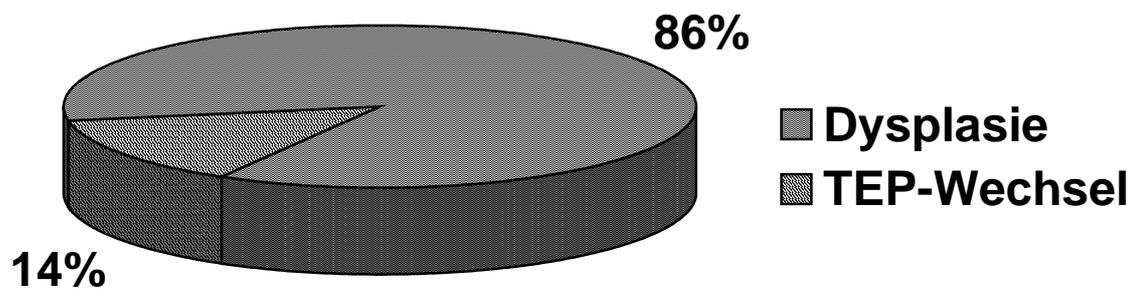


Abbildung 1: Tortendiagramm zur Diagnosenverteilung von 65 Patienten mit Hüftprothese und PDP. Dysplasie n= 56, TEP-Wechsel n = 9.

2.4 Nachuntersuchungszeit

Alle 56 Patienten mit insgesamt 65 Hüftprothesen wurden erreicht.

Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei $122,4 \pm 35,1$ Monaten ($10,2 \pm 2,9$ Jahren). Alle Patienten wurden zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung klinisch und radiologisch untersucht. Die Beckenübersichtsaufnahmen wurden digitalisiert und mit der EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) vermessen.

Die erste Röntgenkontrolle erfolgte unmittelbar postoperativ, alle weiteren zwei Wochen postoperativ und bei den Nachuntersuchungen drei Monate, ein Jahr, zwei, fünf, sieben, bzw. zehn Jahre nach der Operation.

Vier Patienten mit fünf Prothesen waren im Nachuntersuchungszeitraum verstorben.

2.5 Praeoperative Basisdaten

Die Stammdaten der Patienten konnten aus den Krankenakten entnommen werden. Hierzu zählten die Diagnosen, Operationsalter und –seite sowie frühere Hüftoperationen. An Allgemeindaten kamen Vorerkrankungen, die Gehfähigkeit, eventuelle Hilfsmittel, Medikation (Schmerzmittel) und Schmerzangaben hinzu. Zu den Schmerzangaben gehörten der Leistendruck- und Trochanterklopfeschmerz, Gesäßschmerzen, Stauch-, Rüttel- und Zugschmerzen.

2.6 Operation und postoperativer Verlauf

Dem Operationsbericht wurden alle operationstechnischen Daten wie Pfannengröße, Schraubenanzahl, Kopf- und Schaffttyp und Pfannendachplastik entnommen. Der Krankheitsverlauf und eventuelle peri- und postoperativen Komplikationen wurden der Krankenakte entnommen.

2.7 Operationsverfahren

Alle Patienten wurden in Rückenlage operiert. Es wurde ausnahmslos ein transglutealer Zugang nach Bauer verwendet².

Eine perioperative Antibiotikaprophylaxe von 3 x 2 g Cefazolin wurde gegeben. Bei allen Patienten erfolgte eine vollständige Kapselexzision. Die Präparation des Acetabulum erfolgte mit Lexer-Meißeln und Raffelfräsen in aufsteigender Reihenfolge, wobei der Durchmesser der letzten Fräse dem Außendurchmesser der definitiven Pfanne entsprach (line-to-line reaming). Der acetabuläre Defekt wurde dargestellt und von Weichgewebe befreit. Bei den 56 Primäreingriffen wurde aus dem resezierten autologen Kopf und Hals, bei den 9 Revisionen aus bei – 70° C frisch kryokonservierten Kopf-/Halsresektaten ein passendes Transplantat mit der oszillierenden Säge und dem Luer angepasst. Die spongiöse Seite des Transplantates wurde dem Pfannenimplantat zugewandt. Nach provisorischer Fixation mit Kirschner-Drähten wurden für die endgültige Fixation 2 möglichst lange AO-Kortikalis- oder Malleolarschrauben mit oder ohne Unterlegscheibe eingesetzt. Anschließend wurde das Acetabulum und das Transplantat noch einmal mit der letzten Raffelfräse nachbearbeitet. In den Pfannengrund und in verbleibende Zwischenräume wurde eine reichliche Spongiosaplastik aus gemahlenem Knochen eingebracht. Die Pfanne wurde mit minimalem Pressfit eingesetzt und durch im Mittel 4,4 Kortikalisschrauben (minimal 2, maximal 7) gesichert.

Je nach Defekt des Pfannendaches diente als Pfannendachplastik ein zurechtgeschnittenes Knochenstück, das aus dem Hüftkopf des Patienten (=autolog) oder aus einem Hüftkopf aus der Knochenbank (=homolog) konfektioniert wurde. Zur Deckung des Erkerdefektes wurden bei allen 56 Primärimplantaten autologe, bei den 9 Prothesenwechseln jeweils homologe Pfannendachplastiken verwendet.

Die verwendeten Pfannengrößen betragen bei den Primärimplantaten 48mm (n=9), 50mm (n=14), 52mm (n=11), 54mm (n=12), 56mm (n=8) und 58mm (n=2); bei den Prothesenwechseln 48mm (n=1), 52mm (n=1), 54mm (n=1), 56mm (n=2), 60mm (n=2), 62mm (n=1) und 64mm (n=1). Die Verankerung am Os Ilium erfolgte mit minimalem Pressfit und durch im Mittel 4,3 Spongiosaschrauben, wobei minimal zwei

und maximal sieben Schrauben verwendet wurden. Abschließend wurden die Schrauben der Pfannendachplastik nachgezogen.

Nach Abtragung osteophytärer Randaufbauten wurden das Inlay in den Schnappmechanismus eingesetzt. Es wurden unterschiedliche Schaftimplantate verwendet (zementfreier Alcat-Schaft, n = 24; zementfreier PM- und Bikontakt-Schaft n = 22; zementfreie verschiedene Schäfte, n = 4; zementierter Müller-Geradschaft, n = 8; zementierter Weller-Schaft, n = 7). Für die Primärimplantation wurden 32 mm Keramikköpfe verwendet, bei den Revisionen 32 mm Metallköpfe. Die postoperative Mobilisation erfolgte am 1. Tag, anschließend wurden für 12 Wochen 20 kg Teilbelastung und die Verwendung von 2 Unterarmgehstützen empfohlen.

2.8 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung erfolgte praeoperativ, nach 3 Monaten, 1, 2, 5, 7 und 10 Jahren gemäß den Kriterien der Consensus-Study-Group²⁷.

Routinemäßig wurde zuerst das Gangbild (kein, mäßiges, starkes oder Duchenne-Hinken) beschrieben. Danach wurde der Beckengeradstand und das Ausmaß einer etwaigen Beinverkürzung untersucht. Es folgte der Trendelenburgtest. Der Lokalbefund umfasste Narbenrötung, Druckschmerz, Schwellung oder Überwärmung. Der Bewegungsumfang wurde nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert. Eine etwaige Beugekontraktur wurde durch den Thomas-Handgriff ausgeglichen. Dokumentiert wurden beidseits Extension/Flexion, Abduktion/Adduktion sowie Außen- und Innenrotation bei gestrecktem Hüftgelenk. Zusätzlich sollte jeder Patient einen standardisierten Hüftfragebogen ausfüllen, um subjektive Angaben über Schmerzen anzugeben. Gefragt wurde beispielsweise nach dem Auftreten von Schmerzen, nach ausführbaren Tätigkeiten, nach der Leistungsfähigkeit (Socken und Schuhe anziehen, Treppe hinaufsteigen, von einem Stuhl aufstehen), nach der Benutzung von Gehhilfen, nach bewältigten Gehstrecken und nach bequemem Sitzen. Daneben wurden die Patienten noch über ihre Selbstständigkeit, wie zum Beispiel die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel und selbständiges Autofahren, Koffer tragen, in die Hocke gehen oder alleine Baden und

die Toilette benutzen befragt. Die Patienten wurden auch gefragt, ob sie mit ihrer Operation zufrieden seien, ob sich eine Verbesserung ergeben hätte, ob es bei oder nach der Operation Komplikationen gegeben hätte, ob sie Schmerzmittel einnahmen oder ob sich seit der letzten Untersuchung etwas verändert habe.

2.9 Harris-Hip-Score

Die Auswertung der klinischen Untersuchungsdaten und der subjektiven Angaben der Patienten erfolgte mit dem Harris-Hip-Score¹⁴. Maximal können 100 Punkte erreicht werden, die sich aus den Kategorien Schmerz, Bewegungsumfang, Alltagsverrichtungen und Gehstrecke zusammensetzen.

2.10 Radiologische Untersuchung

Neben der klinischen Untersuchung erfolgte eine Röntgenkontrolle, bei der jeweils eine Beckenübersichts- und Lauensteinaufnahme der Hüfte erstellt wurde.

Die Röntgenuntersuchung erfolgte als tief eingestellte Beckenübersichts-Aufnahme sowie als Lauenstein-Projektion praeoperativ, unmittelbar postoperativ, dann nach 14 Tagen, nach 3 Monaten, nach 1, 2, 5, 7 und 10 Jahren. Die Aufnahmen erfolgten mit einem fixen Film-Focus-Abstand von 115 cm in der eigenen Abteilung. Für die konventionelle Röntgenbeurteilung wurden ebenfalls die Kriterien der Consensus-Study-Group eingesetzt²⁷. Die Beurteilung der Pfannenkontur erfolgte gemäß den Zonen von DeLee und Charnley⁸, die heterotopen Ossifikationen wurden nach Brooker klassifiziert³. Eine Resorption der Pfannendachplastik wurde vermerkt. Die Ausdehnung der Pfannendachplastik wurde auf der AP-Beckenübersichtsaufnahme bestimmt und als Grad bzw. Prozent der bedeckten Pfannenzirkumferenz angegeben. Die von der Pfannendachplastik bedeckte Pfannenoberfläche betrug im Mittel $52,4 \pm 21,5^\circ$ (Minimum 14° , Maximum 104°). Weitere Messungen an den Röntgenbildern waren der CE-Winkel nach Wiberg, der AC-Winkel, der Grad der Subluxation nach Crowe⁶ und die postoperative Pfanneninklination.

2.11 Lockerungsdiagnose

Über die Diskriminierung zwischen gelockerten und nicht gelockerten Implantaten wurden die Engh-Kriterien eingesetzt¹⁰.

Eine Prothese galt als gelockert, wenn eine Wechseloperation erfolgt war oder wenn eindeutige radiologische Hinweise bestanden und gleichzeitige klinische Lockerungszeichen vorlagen.

Als radiologische Kriterien wurden definiert:

- umlaufender Lysesaum von mehr als 2 mm Breite im Pfannenbereich
- Sinterung des Schaftes
- Ausgedehnte Osteolysen.

Die klinischen Kriterien waren:

- Leistendruckschmerz, Trochanterklopfschmerz, Stauchungsschmerz und Zugschmerz,
- Innenrotationsschmerz, Außenrotationsschmerz
- Einschränkung in Rotation und Flexion.

Von den radiologischen Kriterien mussten alle vorhanden sein, von den klinischen Kriterien waren mindestens 3 nachzuweisen.

2.12 Bestimmung des Schweregrads der Dysplasie

Um den Dysplasieschweregrad eines jeden Patienten bestimmen zu können, wurden jeweils das letzte praeoperative und das erste postoperative Röntgenbild manuell vermessen.

Zum Einzeichnen der Hilfslinien und Winkel im Röntgenbild dienten ein Durchleuchtungstisch der Marke NESTLER Florett M und eine einfache Zeichenmaschine. Gezeichnet wurde mit einem weichen Bleistift der Stärke 7B.

Zunächst erfolgte das Einzeichnen der Köhlerschen Tränenfigur mit den dazu senkrechten Tangenten als horizontale und vertikale Bezugslinien zum Zentrum. Nun wurde das tatsächliche Rotationszentrum des Hüftkopfes bestimmt, indem eine Schablone mit horizontalen Kreisen markiert wurde. Anschließend wurde die horizontale und vertikale Distanz zwischen dem Rotationszentrum und der Köhlerfigur gemessen. Danach wurden der CE-Winkel (praeoperativ), der AC-Winkel (prae- und postoperativ) und der postoperative Inklinationswinkel eingezeichnet und gemessen. Die fehlende Pfannenüberdachung als Maß für die Schwere der Dysplasie wurde im praeoperativen Röntgenbild abgelesen. Im postoperativen Röntgenbild konnte mittels einer Schablone das Winkelmaß der Pfannendachplastik bestimmt werden, das wiederum als Prozentwert der Gesamtüberdachung ausgedrückt wurde.

2.13 Einteilung der acetabulären Dysplasie nach Crowe

Um den Grad der Subluxation bestimmen zu können benötigt man drei Punkte am Becken. Erstens die Höhe des Beckens, zweitens die „Kopf-Hals-Verbindung“ an der dysplastischen Hüfte und drittens den oberen Rand der Tränenfigur, die als Referenzlinie dient. Crowe et al. teilen die acetabuläre Dysplasie in vier Gruppen ein⁶. Dabei zeigt Gruppe I eine Subluxation weniger als 50% an, Gruppe II eine Subluxation zwischen 50 und 75%, die Gruppe III zwischen 75 und 100% und die Gruppe IV eine Subluxation von über 100%.

2.14 Einteilung nach Hartofilakidis

Nach Hartofilakidis et al. werden drei verschiedenen Typen der kongenitalen Hüfterkrankung im Erwachsenenalter beschrieben¹⁶. Diese Einteilung beruht auf der Beziehung zwischen dem Femurkopf und dem wahren und falschen Acetabulum, die radiologisch ausgewertet wird.

Als Typ I wird die Dysplasie bezeichnet. Hierbei wird der Femurkopf, abgesehen von wenigen Grad Subluxation, noch vollständig vom Acetabulum überdacht.

Als Subluxation wird der Typ II bezeichnet, bei dem der Femurkopf mit einem falschem Acetabulum artikuliert, das teilweise das echte Acetabulum überdeckt. Radiologisch erkennt man dabei zwei sich überlappende Acetabula.

Bei Typ III, einer hohen Dislokation, ist der Femurkopf nach superior und posterior gewandert. Das wahre Acetabulum liegt inferior und anterior.



Abbildung 2: Typ I und Typ III der Einteilung nach Hartofilakidis.

2.15 Bestimmung des Rotationszentrums

Die Ermittlung des virtuellen Rotationszentrums erfolgte wie von Ranawat 1980 und Pagnano 1996 beschrieben^{40,42}. Dabei werden zwischen dem praeoperativen reellen, dem virtuellen anatomischen Rotationszentrum und dem postoperativen reellen Rotationszentrum unterschieden.

Dann wird die acetabuläre Region in ein rechtwinkliges Dreieck eingeschlossen, dessen kurze Seiten vertikal bzw. horizontal zur Köhler-Linie liegen. Die Länge der kurzen Seite beträgt 20% der Beckenhöhe. Die kaudale Spitze des Dreiecks liegt 5 mm lateral des tiefsten Punktes der Köhlerschen Tränenfigur. Der Mittelpunkt der Hypotenuse des Dreiecks wird als virtuelles anatomisches Rotationszentrum definiert. 1 cm lateral und kranial ist das Zentrum eines Quadrantenkreuzes, nach dem eine Einteilung des Rotationszentrums in 4 Zonen erfolgt. Die Zone 1 liegt inferior-medial, die Zone 2 superior und medial, die Zone 3 superior-lateral und die Zone 4 inferior-lateral.

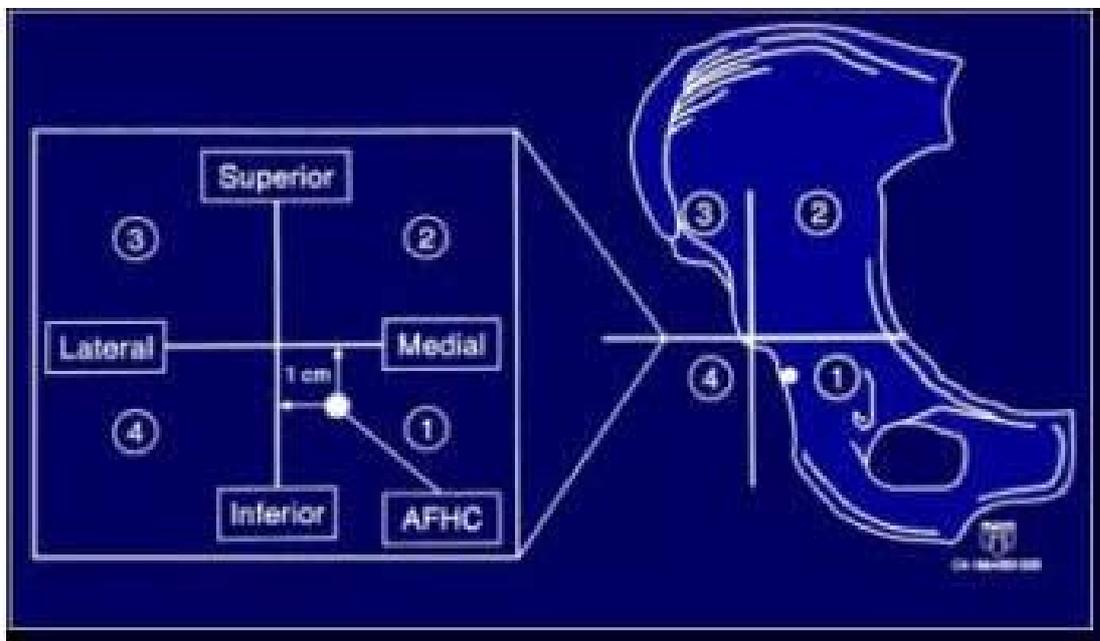


Abbildung 3: Einteilung des Rotationszentrums in 4 Zonen nach Ranawat und Pagnano.

2.16 Die Einbildröntgenanalyse (EBRA)

Zur Messung der Implantatmigration diente das Verfahren der Einbild-Röntgenanalyse EBRA. Die Messung der Migration wurde retrospektiv den Studienkriterien beigelegt.

Die EBRA ist eine computergestützte Methode zur Messung von Implantatwanderungen bei Hüfttotalendoprothesen in Standard-AP-Röntgenbildern des Beckens. Das Verfahren wurde 1984 an der Universität Innsbruck/Österreich in einer Kooperation zwischen der Universitätsklinik für Orthopädie und dem Institut für Mathematik und Geometrie entwickelt und 1988 erstmals publiziert (W. Russe, Universitätsklinik für Orthopädie, J.P. Tschupik und P. Mayrhofer, Abteilung für Geometrie des Instituts für Mathematik und Geometrie an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Architektur).

EBRA beruht auf dem geometrischen Vergleich eines Passpunktsystems des Beckens mit der Kopf- und Pfannenkontur im Zeitverlauf. Durch einen sogenannten Vergleichbarkeitsalgorithmus wird das virtuelle Zentrum des Beckens mit dem errechneten Mittelpunkt von Kopf und Pfanne verglichen und die Vergleichbarkeit der zu Grunde liegenden Röntgenbilder sichergestellt.

Nach Erfassung der Datensätze werden diese in einem anderen Programmmodul aufgerufen und weiter analysiert. Der Vergleichbarkeitsalgorithmus überprüft die Abweichung der eingelesenen Röntgenaufnahmen und schließt ungeeignete Projektionen aus. Entscheidend dabei ist die Regressionsberechnung aus den Rohdaten zu den endgültigen Messdaten nach einem statistischen Modell²⁹. Eine Wanderung wird nur zwischen miteinander vergleichbaren Röntgenbildern gemessen. Der Anwendungsbereich für dieses System liegt sowohl bei Polyäthylenpfannen mit kreisförmigem Kontrasting (z.B. Modelle nach Mathys, Charnley oder Müller), als auch bei konischen Schraubpfannen mit kreisförmigem Rand (z.B. Zweymüller-Pfanne) und sphärischen Metallpfannen. Hierzu sind auch die untersuchte Harris-Galante-Pfanne¹⁸, aber auch andere Pfannen wie die PCA- und die Protek-SL-Pfanne²⁸ zu zählen.

2.17 Hard- und Softwarevoraussetzungen

Die digitale Version von EBRA arbeitet mit einer grafischen Benutzeroberfläche. Dabei sind mindestens die Betriebssystem Microsoft Windows`95 oder NT4 erforderlich. Dies macht digitalisierte Bilddaten notwendig, unabhängig, ob sie primär aus einer digitalen Röntgenanlage exportiert oder sekundär durch einen Scanvorgang erfasst wurden. Die Röntgenbilder wurden mit einem 12 Bit CCD-Scanner (256 Grauschattierungen) eingelesen und an einer DiagnostiX 2048-base-Station (Pace-Systems, Freiburg, Deutschland) vermessen. Die maximale Auflösung betrug 2.5 Lp/mm bei einer Matrix von 2048 x 2048 Bildpunkten.

Für die universell einsetzbare Bildverarbeitungssoftware OPTIMATE wurde von den österreichischen Entwicklern das Makromodul EBRA programmiert, um an dem Bildschirm die Markierungen der jeweiligen Strukturen vorzunehmen und das als Datensatz zu bearbeitende Bild in der Ergebnisdatei zu speichern. Die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit den Programmen EBRAGRAF und SIMULGRAF. In dieser Studie erfolgte dies auf einem 17-Zoll-Monitor des Herstellers EIZO bei einer Auflösung von 1280 und 1024 Bildpunkten. Es wurde ausschließlich unter dem Betriebssystem Microsoft NT4 mit dem Programm OPTIMATE 6.1 und der EBRA-Software von 1999 gearbeitet.

2.18 Der Messvorgang

Zuerst werden die Röntgenbilder in chronologischer Reihenfolge eingescannt. Es waren insgesamt 470 Beckenübersichts-Röntgenbilder (7,23 Bilder pro Implantat). Aus der Bildarchivierung ließen sich die Bilder exportieren und als TIF-Fileformat in einem eigenen Patientenordner sichern. Danach erfolgt in dem EBRA-Programm OPTIMATE für jeden Patienten das Erstellen einer Datei, in die folgende Daten eingegeben werden: Familienname, Vorname, eine Codenummer, die zur Identifikation des Implantates oder der Kennzeichnung der Zugehörigkeit des Patienten zu einem bestimmten Studienkollektiv dient, der Implantattyp, Datum der Röntgenaufnahme im Format JJMMTT, Kopfgröße und Pfannendurchmesser, der Focusabstand in Millimetern und der Dateiname.

Anschließend werden die einzelnen Röntgenbilder einer Patientenserie in dem EBRA-Programm aufgerufen und markiert. Die Bildmarkierung erfordert große Präzision, um eine optimale Bildvergleichbarkeit zu erhalten.

Als erstes sind die Referenzlinien im Becken einzuzeichnen. Dabei beginnt man mit der gemeinsamen Tangente der beiden Foramina obturata, die die Basislinie der x-Richtung des Referenzlinienrasters liefert. Danach folgt die zweite horizontale Linie als Tangente am Ramus superior ossis pubis sowie eine dritte horizontale Linie als Tangente an einem der Foramina sacralia, wobei innerhalb einer Bilderserie immer das gleiche Foramen ausgewählt wird. Bei den vertikalen Linien erfolgt zuerst die Markierung der sogenannten F-Tangente, die ipsilateral an die Seite der Prothese am Foramen obturatorium anzulegen ist. Nun lässt sich die vertikale Mittellinie (entspricht der y-Richtung) einzeichnen, die in der Mitte der Symphysis pubica liegt. Dabei ist darauf zu achten, dass die F-Linie immer näher zu der Prothese liegt als die dazu parallele Mittellinie, damit das Auswertungsprogramm erkennt, auf welcher Seite sich die Prothese befindet. Die letzten zu markierenden Beckenlinien bestehen aus der rechten und linken vertikalen Tangente, die rechts und links am Diameter transversum anliegen.

Nach den Referenzlinien am Becken erfolgt die Markierung am Implantat. Am Kopf und an der Pfannenkontur müssen mindestens vier Referenzpunkte gesetzt werden.

Am Ende jeder Bildmarkierung werden die Eingaben als Datensatz gespeichert. Dieser Datensatz kann nun im EBRA-Auswertungsprogramm weiterverarbeitet werden.

Die Abbildung 4 zeigt eine vollständig vermessene Beckenübersichtsaufnahme mit der EBRA-Methode.



Abbildung 4: Durchführung der Messung der Implantatmigration mit der EBRA-Methode. Die Referenzlinien am Becken und am Implantat sind rot dargestellt.

2.19 Auswertung der EBRA

Der Datensatz des einzelnen Patienten wird im Programmmodul EBRAGRAF aufgerufen. In EBRAGRAF sind die Wanderungsparameter in Form von vier Diagrammen und einer Tabelle dargestellt, die den Beobachtungszeitraum in Monaten, die Pfannen- und Gelenkkopfwanderung entlang der x- und y-Achse, sowie Antetorsion und Inklination und den Abrieb des Polyethyleninlays entlang der horizontalen (mediale und laterale) und vertikalen (cranialen) Richtung enthalten. Das Programm SIMULGRAF zeigt eine schematische Darstellung der Wanderung in einem zweidimensionalen Koordinatensystem, in der die Prothesenpfanne in Halbkugelform und der Verlauf der Wanderung mit einer gestrichelten Linie dargestellt werden (siehe Ergebnisse). Dabei werden die Zeit- und Vergleichbarkeitsschranken von EBRAGRAF übernommen.

2.20 Messgenauigkeit

Eine Wanderung ist nur zwischen miteinander vergleichbaren Röntgenbildern messbar. Daher enthält die EBRA-Software den sogenannten Vergleichbarkeitsalgorithmus, der einzelne Bilder bei mangelnder Vergleichbarkeit eliminiert. Um eine sinnvolle Wanderungsanalyse zu erhalten, benötigt man mindestens vier Röntgenbilder (BÜS) pro Patient. Die Aufgabe des Algorithmus ist es, Paare von untereinander vergleichbaren Röntgenbilder zu bilden, deren Raster der Beckenkontur nur in bestimmten Grenzen voneinander abweichen darf. Die sogenannte Vergleichbarkeitsschranke dieser Studie wurde konstant mit 3 gewählt, was eine maximale Kippung der Bilder von 9° in vertikaler bzw. 6° in horizontaler Richtung zulässt. Mit dieser Vorgabe wird eine Messgenauigkeit von 1mm erreicht^{23;24}.

Voraussetzung für die Vermessung einer Röntgenbildserie ist neben der Mindestanzahl an Röntgenbildern vor allem eine gleichbleibend gute Bildqualität. Daher können in der Regel nicht alle Patienten einer Studie mit der EBRA Methode vermessen werden. Die Zahl der nicht auswertbaren Patienten wird im Ergebnisteil gesondert angegeben.

2.21 Statistik

Die Ergebnisse wurden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Die Datenanalyse erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows 10.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Für alle statistischen Untersuchungen wurde α auf 0,05 und β auf 0,8 gesetzt.

Die Überlebenszeit konnte mit Hilfe von Sterbetafeln auf der Basis von jährlichen Untersuchungen ermittelt werden. Ein Vergleich der Überlebenszeit zwischen den Einzelgruppen erfolgte als nicht-parametrische Auswertung mit dem Gehan-Test durchgeführt. Die Vertrauensintervalle wurden wie von Murray empfohlen berechnet³⁸. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ galt als signifikant bezeichnet.

Eine Korrelationsanalyse zwischen Implantatmigration und den bekannten Faktoren wie Implantatlockerung, Patientenalter, Art der Pfannendachplastik (autolog vs. homolog), praeoperativer CE-Winkel, Grad der Subluxation bezogen auf Hartofilakidis und Crowe und anderen Faktoren, wie dem Rotationszentrum nach Ranawat und Pagnano, dem postoperativen Inklinationwinkel und der prozentualen Überdachung der Pfanne durch die Pfannendachplastik wurde mit Hilfe von Spearmans rho erstellt.

3. Ergebnisse

3.1 Prothesenschicksal

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes, durchschnittlich $10,2 \pm 2,9$ Jahren, waren insgesamt 4 Patienten verstorben.

Bei einem dieser Patienten erfolgte auf beiden Seiten eine Hüft-TEP mit Pfannendachplastik, so dass es sich um 5 Hüfttotalendoprothesen handelte.

Bei den überlebenden Patienten wurde in 5 Fällen ein Pfannenwechsel durchgeführt. Bei zwei weiteren Implantaten bestand nach den unter Material und Methoden genannten Kriterien eine Lockerung. Beiden Patienten wurde eine Prothesenwechseloperation empfohlen.

Die übrigen 58 Patienten zeigten nach klinischen und konventionellen radiologischen Kriterien keinen Lockerungsverdacht.

Bei den gelockerten Implantaten handelte es sich um einen männlichen und 6 weibliche Patienten mit einem mittleren Alter von $45 \pm 10,63$ Jahren. Als Diagnose handelte es sich in 6 Fällen um eine Dysplasiecoxarthrose und einmal um eine Implantatlockerung mit Prothesenwechsel. Im Vergleich zu nicht gewechselten Implantaten lag der mittlere Nachuntersuchungszeitraum mit $102 \pm 35,10$ Monaten niedriger.

Aus der Gruppe der nicht gewechselten Implantate ohne Lockerungsverdacht waren 4 Patienten mit 5 Implantaten verstorben. Die Gesamtgruppe bestand aus 10 männlichen und 48 weibliche Patienten. Das mittlere Patientenalter betrug $52,47 \pm 11,81$ Jahren. Als Diagnose handelte es sich in dieser Gruppe in 50 Fällen um eine Dysplasiecoxarthrose und in 8 Fällen um einen Prothesenwechsel. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei $124,82 \pm 34,58$ Monaten.

3.2 Überlebenszeitanalyse

Für das Gesamtkollektiv wurde eine Überlebenszeitanalyse errechnet. In der Abbildung 5 ist die Überlebensfunktion für den Endpunkt Lockerung, bzw. Revision dargestellt. Die 11-Jahres-Überlebensrate (25 Implantate unter Beobachtung) beträgt 88% für das Endpunktkriterium Lockerung und 90% für das Kriterium Revision. Die Sterbetafel sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

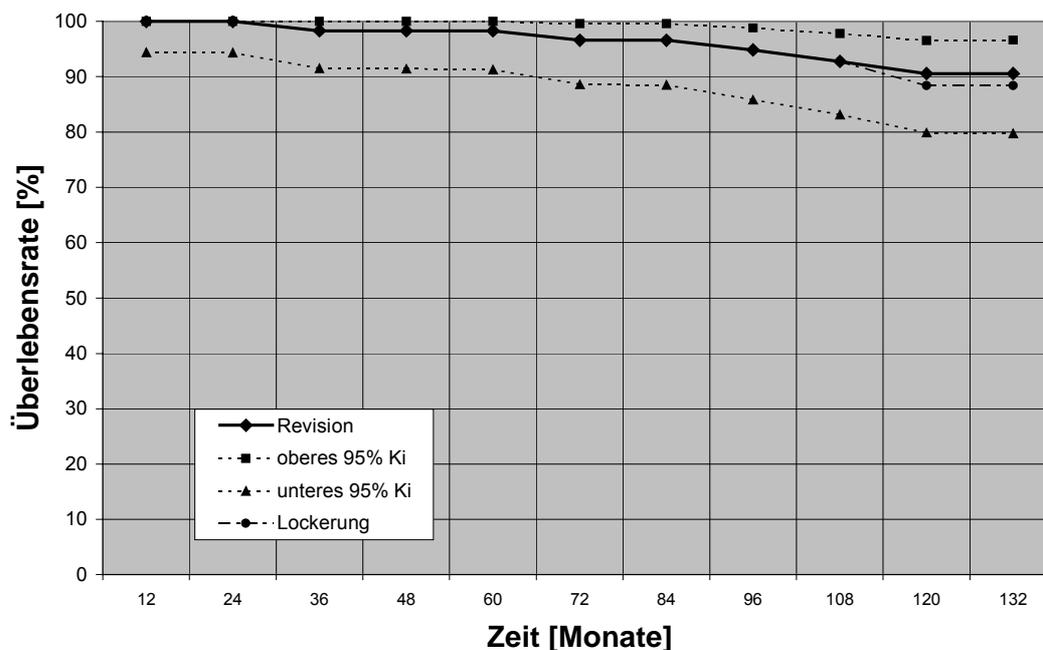


Abbildung 5: Überlebensfunktion der Harris-Galante-Pfanne mit Pfannendachplastik. Auf der Ordinate ist die kumulative Überlebenswahrscheinlichkeit in [%], auf der Abszisse die Zeit in [Monate] dargestellt. Die Revision, bzw. Lockerung der Implantate wurden als Endpunkte definiert. Die mediane Überlebenszeit für alle Pfannen beträgt 168 Monate.

Tabelle 1: Sterbetafel der HG-Pfanne mit Pfannendachplastik mit dem Endpunkt Revision.

Monate	Anzahl zu Beginn	Verloren	Anzahl unter Risiko	Versager	Jährliches Versagen (%)	Jährlicher Erfolg (%)	Überlebensrate (%)
12	65	1	64,5	0	0	100	100
24	64	2	63	0	0	100	100
36	62	0	62	1	2	98	98,4
48	61	2	60	0	0	100	98,4
60	59	1	58,5	0	0	100	98,4
72	58	2	57	1	2	98	96,6
84	55	1	54,5	0	0	100	96,6
96	54	2	53	1	2	98	94,8
108	51	5	48,5	1	2	97	92,8
120	45	8	41	2	5	95	90,6
132	35	19	25,5	0	0	100	90,6

Tabelle 2: Sterbetafel der HG-Pfanne in Kombination mit Pfannendachplastik mit dem Endpunkt Lockerung.

Monate	Anzahl zu Beginn	Verloren	Anzahl unter Risiko	Versager	Jährliches Versagen (%)	Jährlicher Erfolg (%)	Überlebensrate (%)
12	65	1	64,5	0	0	100	100
24	64	2	63	0	0	100	100
36	62	0	62	1	2	98	98,4
48	61	2	60	0	0	100	98,4
60	59	1	58,5	0	0	100	98,4
72	58	2	57	1	2	98	96,6
84	55	1	54,5	0	0	100	96,6
96	54	2	53	1	2	98	94,8
108	51	5	48,5	1	2	97	92,8
120	45	8	41	2	5	95	88,3
132	35	19	25,5	0	0	100	88,3

3.3 Intraoperative Komplikationen

In 8 Fällen trat eine intraoperative Komplikation auf. In 7 Fällen handelte es sich um Schafffissuren und einmal um einen Trochanterabriss.

3.4 Klinische Untersuchung

30 Patienten zeigten kein feststellbares Hinken, 22 ein leichtes Hinken, 4 ein mäßig ausgeprägtes hinkendes Gangbild, sowie 4 Patienten ein starkes Hinken. Sämtliche Lokalbefunde wiesen regelrechte Operationsnarben auf. Bei 37 Patienten zeigten sich ausgleichbare Beckenschiefstände, bei 16 Patienten war eine Brettchenunterlage von 1 cm notwendig und bei 7 Patienten war mehr als 1,5 cm Brettchenunterlage erforderlich.

Der Bewegungsumfang in der Sagittalebene betrug $92 \pm 19^\circ$. Eine Beugekontraktur betrug nie mehr als 30° , in keinem Fall lag eine Adduktionskontraktur oder Innenrotationskontraktur von über 10° vor.

Beim Anziehen der Schuhe gaben 37 Patienten keine Schwierigkeiten und 21 Patienten leichte Schwierigkeiten an. Zwei Patienten konnten nicht selbständig die Schuhe anziehen.

56 (=93%) der Patienten gaben bei ihrer letzten Untersuchung an, mit dem Ergebnis der Prothesenoperation zufrieden zu sein.

3.5 Harris-Score

Aus den subjektiven und objektiven Parametern wurde der Harris-Score ermittelt. Der Harris-Score zeigte bei einem Ausgangsbefund von $36,8 \pm 11,7$ Punkten zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung einen Mittelwert von $85,2 \pm 14,2$ Punkten (Minimum von 40,1, Maximum von 100 Punkte).

3.6 Konventionelle Röntgenuntersuchung

In der Zone I zeigten 75% der Pfannen keinen Lysesaum. 25% der Pfannen wiesen einen mittleren Lysesaum von $0,72 \pm 0,26$ mm auf.

In der Zone II zeigten 91% der Pfannen keinen Lysesaum, bei 9% betrug der mittlere Lysesaum $1 \pm 0,55$ mm.

In der Zone III fanden sich bei 80% der Pfannen keinen Lysesaum, die übrigen Pfannen zeigten einen mittleren Lysesaum von $1,12 \pm 0,92$ mm.

In der Zone IV zeigten 54% der Pfannen keinen Lysesaum, bei den übrigen 46% betrug der mittlere Lysesaum $1 \pm 0,97$ mm.

40% der Implantate präsentierten keine Resorptionszeichen der Pfannendachplastik. 46,2% zeigten eine partielle Resorption im unbelasteten Anteil und 13,8% im belasteten Anteil der Pfannendachplastik.

Heterotope Ossifikationen zeigten sich bei 7,8% der Patienten (zweimal Brooker II, zweimal Brooker III und einmal Brooker IV).

Dreimal fand sich ein Schraubenbruch, einmal ein Bruch der Trochanter-major-Zuggurtung und einmal ein Inlay-Abrieb.

In dem Patientenkollektiv waren in der Zwischenzeit fünf Pfannen gewechselt und bei vier Prothesen ein Schaftwechsel durchgeführt worden.

3.7 Auswertung der Dysplasiedefekte

Der Ausgangs-CE-Winkel praeoperativ lag bei dem Patientenkollektiv im Mittel bei $18,6 \pm 12,6^\circ$, mit einem maximalen CE-Wert von 53° und einem Minimalwert von 0° .

Der durchschnittliche Dysplasiedefekt betrug $38,52 \pm 18,7^\circ$. Die größte fehlende Überdachung lag bei 86° , das Minimum bei 0° .

Postoperativ wurde eine mittlere Pfannendachplastik von $52,42 \pm 21,5^\circ$ angebracht. Dabei betrug das Maximum 104° und das Minimum 14° .

Die Inklination betrug im Mittel $36,42 \pm 8,4^\circ$ mit einem Maximum von 53° und einem Minimum von 19° .

3.8 Einteilung nach der Crowe-Klassifikation

Nach Crowe ließ sich die acetabuläre Dysplasie in vier Gruppen einteilen. Von den 65 Implantaten lag 33mal ein acetabulärer Defekt vom Typ Crowe I vor, 16mal der Typ Crowe II, 13mal der Typ Crowe III und 3mal der Typ Crowe IV.

3.9 Einteilung der kongenitalen Hüfterkrankung nach Hartofilakidis

Gemäß der drei unterschiedlichen Typen nach Hartofilakidis ließen sich 8 Implantate (12,3%) dem Typ I zuordnen. 41mal (63,1%) lag der Typ II vor. Bei 16 Implantaten (24,6%) zeigte sich eine hohe Dislokation, Typ III.

3.10 Rotationszentren

Die Rotationszentren wurden gemäß der im Material- und Methodenteil beschriebenen Einteilung in 4 Zonen ausgewertet. Dabei liegt das virtuelle, anatomische Rotationszentrum, das dem ungefähren Femurkopf-Zentrum entspricht, immer in der optimalen Zone 1, die inferior und medial liegt.

Präoperativ lagen 6 reelle Rotationszentren in der Zone 1, 2 in Zone 2, 33 Rotationszentren in Zone 3 und 24 in Zone 4. Das bedeutet, dass 87,7% der reelle Rotationszentren sich im lateralen Bereich befanden, während nur 12,3% sich im optimalen medialen Bereich befanden.

Postoperativ lagen 76,9% im medialen Bereich und nur noch 23,1% im lateralen Anteil. Im einzelnen befanden sich 35 reelle Rotationszentren in Zone 1, 15 in Zone 2, 7 Rotationszentren in Zone 3 und 8 Stück in Zone 4.

Vor der Operation befanden sich die reellen Rotationszentren im Mittel $2,15 \pm 1,09\text{mm}$ lateral und $1,43 \pm 1,25\text{mm}$ cranial vom virtuellen, anatomischen Rotationszentrum entfernt. Nach der Operation verkleinerte sich der Abstand auf $0,63 \pm 0,56\text{mm}$ lateral und $0,68 \pm 0,69\text{mm}$ cranial.

3.11 EBRA

Bei insgesamt 65 Implantaten ließ sich in 62 Fällen (95,4%) eine Migrationsanalyse mit EBRA durchführen. In der EBRA war bei 24 Implantaten eine Wanderung über 1 Millimeter nachzuweisen (Abbildung 6). 3 Fälle waren auf Grund ungenügenden Bildmaterials nicht mit diesem System auswertbar und bei 38 Pfannen lag keine messbare Wanderung vor.

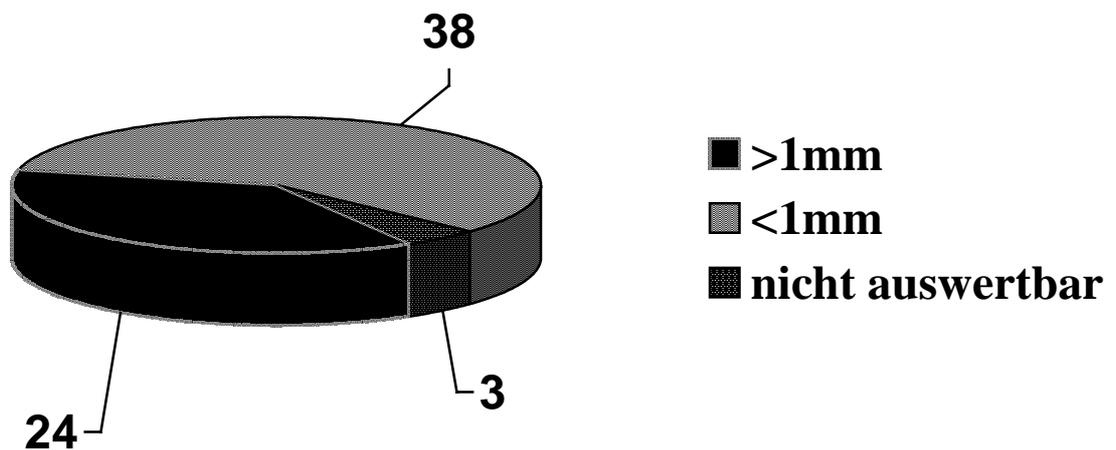


Abbildung 6: Tortendiagramm zur Migration.

24 Implantate zeigten eine messbare Migration über 1 mm, 3 Pfannen waren nicht auswertbar. 38 Implantate zeigten keine messbare Migration über 1mm.

3.12 Lockerung und Wanderung

Die Anzahl der gewanderten, nicht gewanderten und nicht auswertbaren Implantate sind in Tabelle 3 der diagnostizierten Lockerung gegenüber gestellt.

In der EBRA zeigten 24 Implantate eine Wanderung von über 1 Millimeter, bei 38 Implantaten war keine Wanderung nachweisbar.

Alle 7 gelockerten Implantate zeigten auch in der EBRA eine messbare Wanderung (durchschnittlich $2,2 \pm 1,8$ mm in horizontale und $1,1 \pm 1,5$ mm in craniale Richtung).

Von den nicht gelockerten und auch nicht gewechselten Implantaten zeigten 17 Pfannen eine Migration über 1 Millimeter (durchschnittlich $2,1 \pm 0,9$ mm in horizontale und $0,6 \pm 0,6$ mm in craniale Richtung).

38 nicht gelockerte Implantate zeigten auch in der EBRA keine Migration über 1 Millimeter (durchschnittlich $0,4 \pm 0,3$ mm horizontal und $0,1 \pm 0,2$ mm cranial).

Die drei Implantate, die mit der EBRA nicht auswertbar waren, zeigten klinisch und radiologisch keine Lockerungszeichen.

	gelockert (n=7)	nicht gelockert (n=58)
gewandert	7	17
nicht gewandert	0	38
nicht auswertbar	0	3

Tabelle 3: Lockerung und Wanderung von HG-Pfannen mit Pfannendachplastik

3.13 Beispiel eines gewanderten und gewechselten Patienten

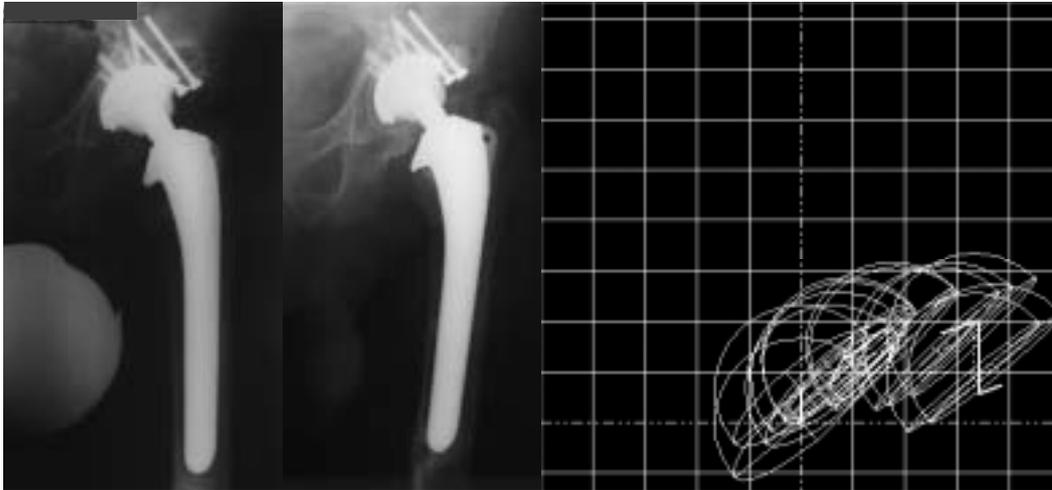


Abbildung 7: Röntgenverlauf und SIMULGRAF-Wanderungsdiagramm eines Patienten mit HG-Prothese und PDP rechts bei einem TEP-Wechsel. In der Grafik entspricht ein Quadrat einem mm^2 , die Position des Implantates ist durch das Pfannensymbol dargestellt. Links ein Röntgenbild von 1988, rechts von 1998. Das Wanderungsdiagramm zeigt, dass bei dem Pfannenimplantat über 10 Jahre eine Migration nach lateral um 3,6 mm stattgefunden hat. Bei der Wechseloperation wurde eine Lockerung festgestellt.

3.14 Beispiel eines nicht gewanderten Patienten

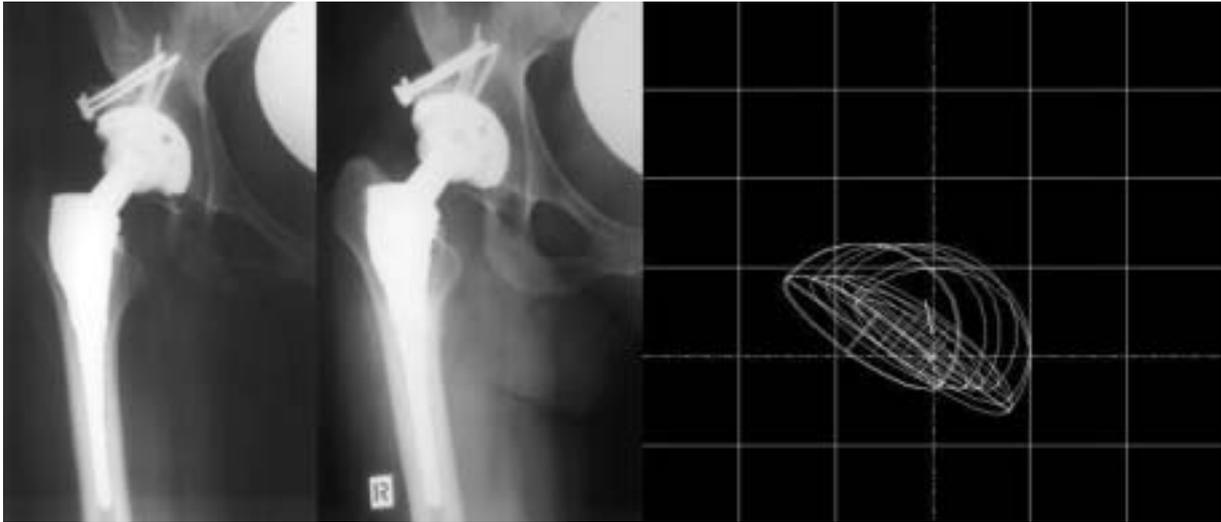


Abbildung 8: Röntgenverlauf und SIMULGRAF-Wanderungsdiagramm eines Patienten mit HG-Prothese rechts bei einer Dysplasiecoxarthrose. Ein Quadrat entspricht einem mm^2 . Die Position des Implantates ist durch das Pfannensymbol dargestellt. Links ein Röntgenbild von 1990, rechts von 1997. Das Wanderungsdiagramm unten zeigt, dass bei dem Pfannenimplantat über den Beobachtungszeitraum von 10 Jahren keine Migration außerhalb des Messbereichs von $\pm 1 \text{ mm}$ nachweisbar war.

3.15 Horizontale Migration im Gesamtkollektiv

In den folgenden Abbildungen ist die Implantatmigration aller Implantate in horizontaler und vertikaler Richtung dargestellt. Die gelockerten Implantate sind durch schwarze Quadrate hervorgehoben.

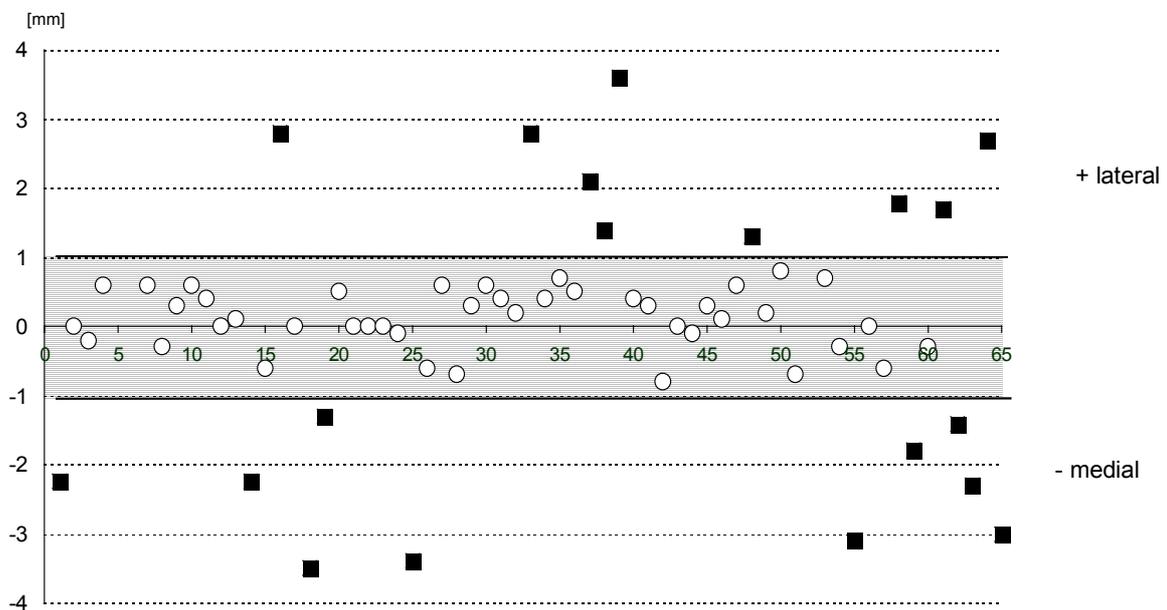


Abbildung 9: Punktwolkendiagramm zur horizontalen Implantatwanderung im Gesamtkollektiv.

Auf der Abszisse ist die laufende Nummer der Patienten, auf der Ordinate die Wanderungsstrecke in [mm] angegeben. Die nicht gelockerten Implantate sind als weiße Kreise, die gelockerten als schwarze Quadrate markiert.

3.16 Vertikale Migration im Gesamtkollektiv

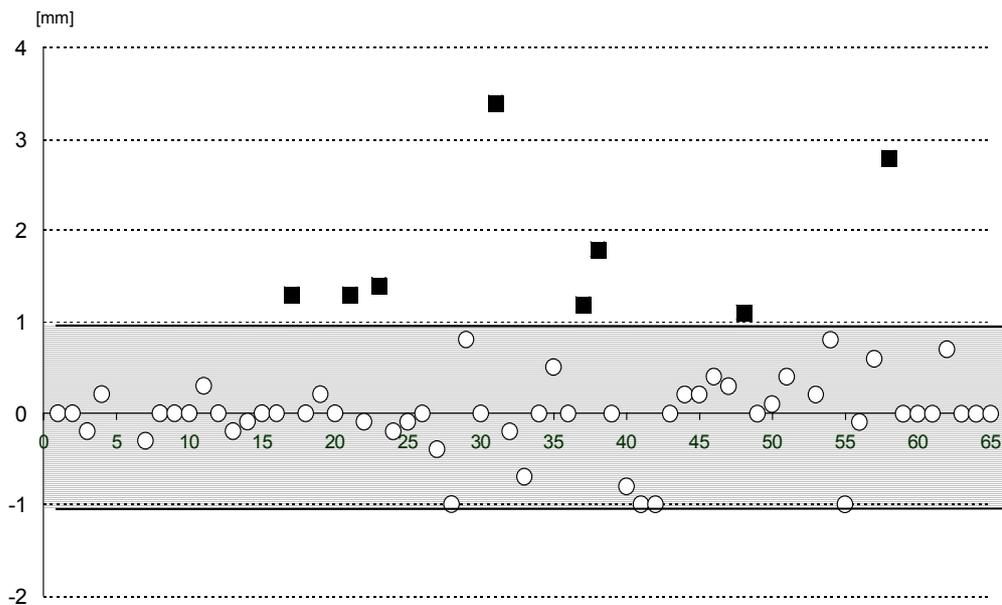


Abbildung 10: Punktwolkendiagramm zur cranalen Implantatwanderung im Gesamtkollektiv.

Auf der Abszisse ist die laufende Nummer der Patienten, auf der Ordinate die Wanderungsstrecke in [mm] angegeben. Die nicht gelockerten Implantate sind als weiße Kreise, die gelockerten als schwarze Quadrate markiert.

3.17 Unterschiedliche Typen der Implantatmigration

Innerhalb des Patientenkollektivs ließen sich vier Typen der Implantatmigration differenzieren:

I) Stabil:

Aus dem Gesamtkollektiv waren über einen Beobachtungszeitraum von 100 ± 30 Monaten (last contact: 125 ± 34 Monaten) insgesamt 38 Implantate stabil ohne Wanderung in der EBRA. Es handelte sich um 6 Männer und 32 Frauen mit einem mittleren Alter von 53 ± 12 Jahren. Die Diagnosen ergaben 35 mal Dysplasiecoxarthrose und 3 mal eine Wechsel-TEP-Operation. 5 Patienten starben im Untersuchungszeitraum. Die mittlere Gesamtwanderung der nicht gewanderten, stabilen Implantate betrug $0,4 \pm 0,3$ mm in horizontaler Richtung und $0,1 \pm 0,2$ mm in cranialer Richtung. Die jährliche Wanderungsrate betrug für diese Patienten $0,1 \pm 0,1$ mm/Jahr.

Keine Prothese in dieser Gruppe war gelockert.

II) Spät gewandert:

Über insgesamt 109 ± 22 Monaten (last contact: 124 ± 19 Monaten) zeigten 8 Implantate eine Wanderung, die frühestens nach mehr als 5 Jahren messbar wurde. Dabei handelte es sich um einen männlichen und um sieben weibliche Patienten. Das mittlere Alter betrug 56 ± 10 Jahre. Bei den Diagnosen handelte es sich um 6 mal Dysplasiecoxarthrosen und 2 Wechsel-TEP-Operationen. Die mittlere Gesamtwanderung lag bei $1,6 \pm 1,2$ mm in horizontaler Richtung und bei $0,7 \pm 1,0$ mm in cranialer Richtung. Die mittlere Wanderungsrate dieser Implantate betrug $0,2 \pm 0,1$ mm/Jahr.

In dieser Gruppe zeigten sich vier Prothesen gelockert.

III) Verzögert gewandert:

Zu diesem Typ zählen 8 Implantate. Eine Beobachtung erfolgte in einen Zeitraum von 112 ± 21 Monaten (last contact: 139 ± 20 Monaten). Die Wanderungen wurden zwischen dem dritten und fünften Jahr messbar. Das Alter des männlichen und der sieben weiblichen Patienten betrug 51 ± 8 Jahre. Die Diagnosen waren 7 mal Dysplasiecoxarthrose und eine Wechsel-TEP-Operation. Die Gesamtwanderung lag

im Mittel bei $2,1 \pm 0,7$ mm horizontal und $0,5 \pm 0,7$ mm cranial. Die mittlere Wanderungsrate wurde mit $0,3 \pm 0,1$ mm/Jahr errechnet.

In dieser Gruppe waren keine Prothesen gelockert.

IV) Früh gewandert:

Insgesamt 8 Implantate zeigten eine frühe Wanderung in den ersten beiden Jahren. Es handelte sich um einen Mann und sieben Frauen. Die Nachbeobachtungszeit betrug 76 ± 33 Monaten (last contact: 98 ± 51 Monaten). Das Alter der Patienten lag im Mittel bei 50 ± 16 Jahren. Die Diagnosen ergaben 7 Dysplasiecoxarthrosen und eine Wechsel-TEP-Operation. Die Gesamtwanderung betrug $2,5 \pm 1,2$ mm in horizontaler Richtung und $0,4 \pm 0,6$ mm in cranialer Richtung. Die mittlere Wanderungsrate lag bei $2,2 \pm 2,7$ mm/Jahr.

Drei Prothesen waren in dieser Gruppe gelockert.

3.18 Überlebensrate und Implantatmigration

Um den Zusammenhang zwischen Implantatmigration und Lockerung zu ermitteln, wurden für die Gruppe der gewanderten und die Gruppe der nicht gewanderten Implantate Überlebenszeitanalysen durchgeführt. In der Abbildung 11 sind die Überlebensfunktionen beider Gruppen dargestellt. Die 10-Jahres-Überlebensrate der nicht gewanderten Implantate beträgt 100%, die der migrierten Pfannen $70 \pm 19\%$.

Die Sterbetafeln sind in den Tabellen 4 und 5 dargestellt. Der Unterschied zwischen den Überlebenszeiten beider Gruppen beträgt $p = 0,001$.

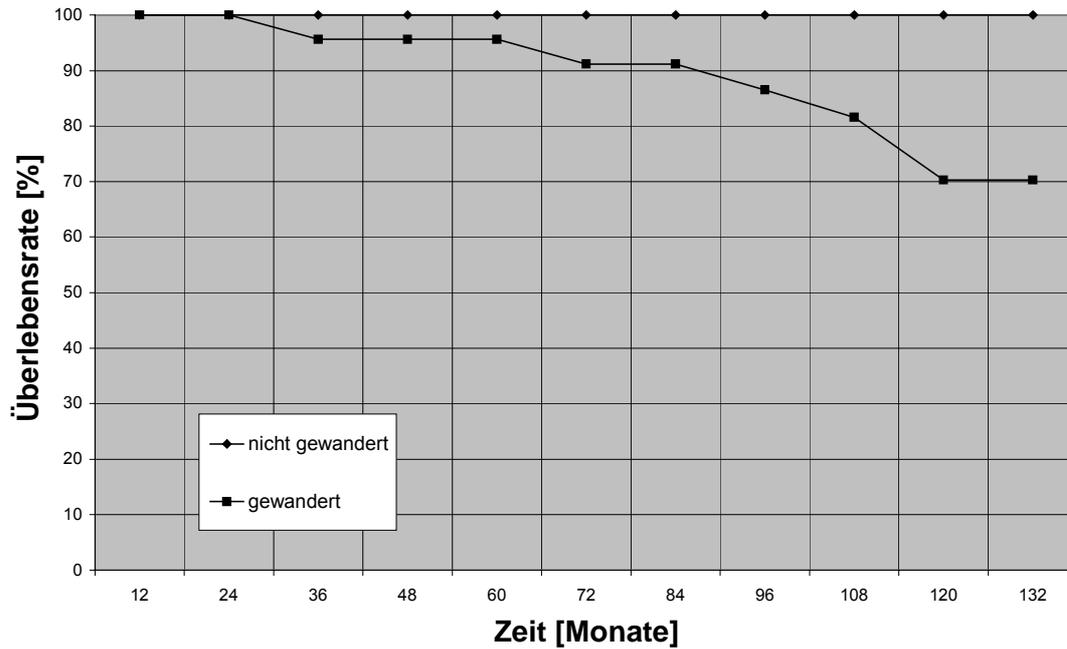


Abbildung 11: Überlebensfunktionen der gewanderten und nicht gewanderten HG-Pfannen.

Auf der Ordinate ist die kumulative Überlebenswahrscheinlichkeit in [%], auf der Abszisse die Zeit in [Monaten] dargestellt. Die mediane Überlebenszeit sowohl in der gewanderten wie auch in der nicht gewanderten Gruppe beträgt jeweils 168 Monate.

Tabelle 4: Sterbetafel der nicht gewanderten Harris-Galant-Pfannen mit Pfannendachplastik.

Monate	Anzahl zu Beginn	Verloren	Anzahl unter Risiko	Versager	Jährliches Versagen (%)	Jährlicher Erfolg (%)	Überlebensrate (%)
12	38	0	38	0	0	100	100
24	38	2	37	0	0	100	100
36	36	0	36	0	0	100	100
48	36	1	35,5	0	0	100	100
60	35	1	34,5	0	0	100	100
72	34	1	33,5	0	0	100	100
84	33	1	32,5	0	0	100	100
96	32	1	31,5	0	0	100	100
108	31	4	29	0	0	100	100
120	27	5	24,5	0	0	100	100
132	22	13	15,5	0	0	100	100

Tabelle 5: Sterbetafel der gewanderten Harris-Galante-Pfannen mit Pfannendachplastik.

Monate	Anzahl zu Beginn	Verloren	Anzahl unter Risiko	Versager	Jährliches Versagen (%)	Jährlicher Erfolg (%)	Überlebensrate (%)
12	24	1	23,5	0	0	100	100
24	23	0	23	0	0	100	100
36	23	0	23	1	4	96	96
48	22	0	22	0	0	96	96
60	22	0	22	0	0	96	96
72	22	1	21,5	1	4	96	91
84	20	0	20	0	0	100	91
96	20	1	19,5	1	5	95	87
108	18	1	17,5	1	6	94	82
120	16	3	14,5	2	14	86	70
132	11	4	9	0	0	100	70

3.19 Statistische Analyse

Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Erwartungsgemäß fand sich eine signifikante Korrelation zwischen Survival und Migration ($p < 0,001$). Für die Klassifikation nach Hartofilakidis¹⁸ und Crowe⁸, sowie den praeoperativen CE-Winkel und den prozentualen Anteil der Pfannendachplastik ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge. Die Verwendung eines homologen anstelle eines autologen Transplantates zeigten eine signifikante Korrelation zur Wanderung ($p = 0,014$). Es zeigte sich ein tendenzieller Zusammenhang zwischen postoperativem Inklinationswinkel und Implantatmigration ($p < 0,01$). Bei der Korrelation zu den vier Kategorien des Rotationszentrums nach Pagnano⁴¹ zeigte sich eine signifikante Korrelation der Migration zu den vier Kategorien in der Reihenfolge medial-caudal, lateral-caudal, medial-cranial und lateral-cranial ($p = 0,028$). Für eine gezielte Analyse der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Kategorien des Rotationszentrums und der Migration war die Patientenzahl jedoch nicht ausreichend.

Tabelle 6: Korrelationen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren und der Implantatmigration.

	Lockerung	Alter bei OP	Diagnose Revision	Hartofilakidis	Crowe	CE-Winkel	Prozentualer Anteil PDP [%]	Inklination	Pagnano
Wanderung spearman	.449 $p=0.001$.006 $p=0.966$.310 $p=0.014$	-.068 $p=0.600$	-.020 $p=0.877$	-.050 $p=0.702$.005 $p=0.970$	-.225 $p=0.086$	-.282 $p=0.028$

4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse der eigenen Langzeitergebnisse mit der zementfreien Harris-Galante-Pfanne in Kombination mit einer Pfannendachplastik. Besonderes Augenmerk galt der Analyse der Implantatmigration. Hier wurde eine spezielle digitale Messmethode mit hoher Genauigkeit eingesetzt.

Die Ergebnisse von Pfannendachplastiken werden kontrovers beurteilt. Im Gegensatz zu Primärimplantaten ohne Pfannendachplastik zeigen Implantate mit Pfannendachplastik eine ungünstigere Überlebensrate. Das liegt zum einen an den anatomischen Besonderheiten der dysplastischen Hüfte, die zu der Notwendigkeit einer Pfannendachplastik führen, zum anderen liegt die Problematik der Beurteilung auch an der Messung der Wanderung.

Obwohl die Pfannendachplastik seit der Erstbeschreibung durch Harris 1977¹⁵ eine weite Verbreitung erlangt hat, liegen erstaunlich wenig echte Langzeitergebnisse vor. Für die zementierten Implantate beschreibt der Inaugurator ein zunehmendes Implantatversagen nach 7 Jahren, so dass nach 16 Jahren nur noch 30% der Implantate ohne Revision sind⁴⁶. Iida et al.²² beschreiben bei einer Überlebensrate von 97% nach 10 Jahren mit der Revision als Endpunkt zwar bessere Ergebnisse. Wird jedoch die radiologische Lockerung als Endpunkt gewählt, verschlechtert sich das Ergebnis auf 83%. Lee et al.³² beschreiben bei der Verwendung autologer und homologer Transplantate eine 10-Jahres-Überlebensrate von 70%. Insgesamt sind die Langzeitergebnisse nach Pfannendachplastik damit teilweise unbefriedigend. Auf Grund der Zunahme der Lockerung sind für die Beurteilung des Verfahrens Mindestbeobachtungszeiten von über 7 Jahren erforderlich. Für zementfreie Implantate sind die Berichte über Pfannendachplastiken eher noch seltener. Hasegawa et al.¹⁷ beschreiben bei 25 Implantaten keine Lockerung über 4,9 Jahren. Morsi et al.³⁵ beobachteten bei 33 Implantaten in 6,6 Jahren 2 Lockerungen. Hintermann und Morscher¹⁹ beschreiben 2 Lockerungen bei 39 Pressfit-Pfannen über 7,6 Jahren, geben aber eine hohe Rate an Implantatmigrationen an. Spanghel et al.⁴⁹ berichten bei 44 Implantaten mit einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 7,5 Jahren über 5 Revisionen, davon einen Wechsel. 10-Jahres-Ergebnisse liegen mit den zitierten Arbeiten über zementfreie Implantate bisher nicht vor. In der

vorliegenden vollständigen eigenen Serie von 1987 bis 1992 finden wir bei 65 vollständig nachuntersuchten Pfannen über 10,2 Jahre 5 Wechsel und 2 Lockerungen. Die errechnete Überlebensrate der Revision bzw. Lockerung als Endpunkt beträgt entsprechend 90,4 bzw. 88%. Bis zu einer Nachbeobachtungszeit von 11 Jahren sind dabei 25 Implantate unter Beobachtung, so dass eine valide Survivorship-Analyse möglich ist³⁸.

Zementfreie Alternativen zur Pfannendachplastik sind die Verwendung eines hohen Hüftzentrums oder der Einsatz einer Stützschale. Für das hohe Hüftzentrum geben Anderson und Harris¹ bei 24 Implantaten über 6,9 Jahre keine Lockerung an, dabei wiesen 9 Implantate ein extrem hohes Hüftzentrum von 35 mm über der Köhler-Linie auf. Bei der Verwendung einer Stützschale geben Gill et al.¹² bei 96 Implantaten 8 Pfannenrevisionen (sechsmal septisch bedingt) und 6 radiologische Lockerungen nach durchschnittlich 9,4 Jahren an.

Dem stehen bei zementierten Implantaten einige Berichte gegenüber, die entweder eine Defektfüllung mit Zement oder eine Zementierung ohne Defektaufbau angestrebt haben. Bei einer Defektfüllung mit Zement zeigt sich bei MacKenzy et al.³⁴ eine 10-Jahres-Überlebensrate von 90%. Bei direktem Zementieren in das falsche Acetabulum zeigen sich Ergebnisse zwischen 64% (Porsch und Siegel⁴¹, n = 34), 80% (Pagnano et al.³⁹, n = 145), > 90% (Hirakawa et al.²⁰, n = 75), 87 bis 93% (Numair et al.³⁹, n = 198) bis zu 97% (Sochart and Porter⁴⁸, n = 58). Allerdings ist ein direkter Vergleich all dieser Ergebnisse nicht möglich, da insbesondere die Einschlusskriterien und Endpunktdefinitionen der Survivorship-Analyse und die Klassifikation der Dysplasiedefekte erheblich voneinander abweichen. Trotz dieser Einschränkungen haben die vorliegenden Langzeitergebnisse bestätigt, dass es speziell nach 7-10 Jahren zu einer deutlichen Zunahme der Lockerungsereignisse kommt. So ist die Zahl der Implantate mit röntgenologischen Lockerungszeichen deutlich höher als die Zahl der revidierten^{22;36;43}. Als röntgenologischer Lockerungsparameter wird dabei vorwiegend der umlaufende Lysesaum um den Zementsockel oder ein diskontinuierlicher Lysesaum von mehr als 2 mm gewertet, bzw. eine Implantatmigration von über 5 mm mit manuellen Messverfahren^{21;43}. Für die zementfreien Implantate ist die Interpretation der Lysesäume wesentlich schwieriger als bei zementierten^{7;51}. Der Implantatmigration kommt damit eine

besondere Bedeutung für die röntgenologische Beurteilung zu. Neben der Dokumentation der Überlebensrate wurde in der vorliegenden Arbeit eine Migrationsanalyse mit dem Verfahren der Einbildröntgenanalyse (EBRA) durchgeführt²⁹. Die EBRA darf als genauestes Messverfahren an konventionellem Bildmaterial angesehen werden^{23;24}. Bezüglich der prospektiven Bedeutung der EBRA-Daten zeigt eine Studie von Krismer³⁰, dass Pfannen mit einer Migration von 1 mm innerhalb der ersten beiden Jahre im Verlauf von 7 Jahren eine signifikant höhere Lockerungsrate aufweisen. Der prädiktive Wert einer Migration von über 1 mm in den ersten beiden Jahren für eine Lockerung innerhalb von 7 Jahren wird mit über 70% angegeben. In der vorliegenden Arbeit bestätigt sich dieser prospektive Wert der Implantatmigration. Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen der Implantatmigration und dem Implantatüberleben ($p < 0,001$). Während die Überlebensrate der nicht gewanderten Implantate bis 12 Jahre 100% beträgt, fällt sie für die gewanderten Pfannen auf 70% ab. Die Implantatmigration stellt damit den entscheidenden röntgenologischen Parameter für die Beurteilung einer zementfreien Pfanne dar⁷.

Mit der Migrationsanalyse bestand trotz des zahlenmäßig begrenzten Kollektivs eine Möglichkeit zur Analyse der aus der Literatur bekannten Einflussfaktoren auf das Langzeitverhalten der Acetabulumrekonstruktion. Wurde die Implantatmigration mit dem praeoperativen CE-Winkel, den Klassifikationen Hartofilakidis¹⁶ oder Crowe⁶ sowie der prozentualen Überdachung der Pfanne durch die Pfannendachplastik korreliert, so zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang. Im Gegensatz dazu scheint für zementierte Implantate der Grad der Subluxation eine gewisse Rolle zu spielen^{33;50}. Eine hohe Pfanneninklination wurde bei zementierten Pfannen ebenfalls als Risikofaktor für ein Versagen beschrieben²⁰. In unserem Kollektiv konnte ein Trend gefunden werden, der das Signifikanzniveau knapp verfehlt ($p = 0,08$). Wurde die Verwendung eines homologen Transplantates, bzw. die Ausgangsdiagnose TEP-Lockerung mit der Implantatmigration korreliert, so zeigte sich hier ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,014$). Während Jasty und Harris²⁶ für Rekonstruktionen mit frisch gefrorenem Allograft noch ungünstigere Ergebnisse als mit autologen Transplantaten fanden¹¹, sahen Lee et al.³² zwischen autologen und homologen Transplantaten keine signifikanten Unterschiede in der Überlebensrate.

Als weiterer Einflussfaktor wird in der Literatur ein junges Operationsalter beschrieben^{32;34;41}. Im Gegensatz zeigt gerade die Arbeit von Sochart et al.⁴⁸ bessere Ergebnisse bei Patienten unter 40 Jahren, während die Arbeit von Numair et al.³⁹ aus derselben Institution für das Gesamtkollektiv der Dysplasien schlechtere Ergebnisse beschreibt. In unserer Arbeit zeigt ein junges Operationsalter keine signifikante Korrelation zur Wanderung.

Der entscheidende Gegenstand kontroverser Diskussionen ist jedoch der Einfluss des Rotationszentrums auf die Langzeitfunktion des Implantates. Während aufgrund des Versagens der Pfannendachplastik mit guten mittel- bis langfristigen Ergebnisses das hohe Hüftzentrum empfohlen wird^{1;7;44}, und auch MacKenzie et al.³⁴ keinen Einfluss des Rotationszentrums auf die Lockerung sahen, postulieren mehrere Arbeiten einen negativen Einfluss eines hohen oder lateralisierten Rotationszentrums^{20;22;40;50} bei zementierten Pfannen. Speziell die Klassifikation des Rotationszentrums nach Ranawat⁴² und Pagnano⁴⁰ mit 4 Quadranten unterschiedlicher Lockerungshäufigkeit korreliert in unserem Kollektiv schwach signifikant mit der Implantatmigration ($p = 0,028$). Allerdings reichte die Patientenzahl unseres Kollektivs nicht aus, um den Einfluss der 4 Quadranten einzeln zu untersuchen. Die endgültige Bewertung des Einflusses des Rotationszentrums auf die Stabilität zementfreier Pfannen wird daher größeren Beobachtungseinheiten vorbehalten bleiben.

Insgesamt stellt unsere Arbeit erstmals 10-Jahres-Ergebnisse sphärischer Pressfit-Pfannen in Kombination mit einer Pfannendachplastik dar. Im Vergleich zu zementierten Implantaten scheinen sich günstigere Ergebnisse abzuzeichnen. Dies ist allerdings unter der Einschränkung der mangelnden Vergleichbarkeit der zu Grunde liegenden Defektsituation zu sehen. Die günstige Überlebensrate, selbst mit dem Kriterium der Lockerung als Endpunkt und dem Einschluss von 9 Wechseloperationen, darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit 38% gewanderten Implantaten eine mehr als dreimal so hohe Wanderungsrate wie bei der Primärimplantation mit 11% Wanderungsrate vorliegt¹⁸. Auf Grund der hohen Korrelation von Wanderung und Lockerung muss davon ausgegangen werden, dass es in den nächsten Jahren zu einer Zunahme der Revisionen kommt. Eine sekundäre

Stabilisierung nach einmal eingetretener Wanderung stellt nach den vorliegenden Ergebnissen eher eine Rarität dar.

5. Zusammenfassung

Die Versorgung acetabulärer Defektsituationen stellt eine besondere chirurgische Herausforderung dar. Die bisher vorliegenden Ergebnisse der Pfannendachplastik mit zementierten Pfannen zeigen ein zunehmendes Versagen der Versorgung nach mehr als 7 Jahren. Im Gegensatz dazu liegen für zementfreie Pfannen in Kombination mit einer Pfannendachplastik bisher nur begrenzte Ergebnisse vor. Ziel der vorliegenden Studie war die Analyse der eigenen Ergebnisse und eine röntgenologische Wanderungsmessung mit dem Verfahren der Einbildröntgenanalyse (EBRA).

Zwischen 1987 und 1992 wurden in unserer Institution 65 Pfannendachplastiken bei 56 Patienten (w:m = 46:10, mittleres Alter $52,3 \pm 11,9$ Jahre) in Kombination mit der zementfreien Harris-Galante-Pfanne, Typ I, durchgeführt. Diagnosen waren Dysplasiecoxarthrose (n = 56) und Pfannenlockerung (n = 9). Die Klassifikation nach Hartofilakidis lautete Dysplasie (Typ 1 - n = 8), Subluxation (Typ 2 – n = 41) und hohe Dislokation (Typ 3 – n = 16). Alle Implantate wurden nach prospektiven klinischen und radiologischen Kriterien regelmäßig nachuntersucht. Die Implantatmigration wurde retrospektiv mit dem digitalen Messverfahren der Einbildröntgenanalyse (EBRA) mit einer Messgenauigkeit von 1 mm dokumentiert.

Nach $10,2 \pm 2,9$ Jahren waren 4 Patienten mit insgesamt 5 Prothesen verstorben. Von den überlebenden Patienten wurden 5 Implantate gewechselt. Bei 2 weiteren Implantaten bestand ein Lockerungsverdacht. Die Survivorship-Analyse mit dem Kriterium der Revision bzw. der Lockerung ergab eine 11-Jahres-Überlebensrate von 90,4 bzw. 88%. Die Migrationsanalyse zeigte, dass alle gelockerten Implantate im Mittel $2,2 \pm 1,8$ mm horizontal und $1,1 \pm 1,5$ mm nach cranial gewandert waren. Von den 58 nicht gelockerten Implantaten zeigten 17 weitere Pfannen Implantatmigrationen von $2,1 \pm 0,9$ mm in horizontaler Richtung und $0,6 \pm 0,6$ mm in cranialer Richtung. 38 nicht gelockerte Implantate zeigten eine mittlere Migration von $0,4 \pm 0,3$ mm horizontal und $0,1 \pm 0,2$ mm cranial. 3 Implantate ohne Lockerungszeichen konnten nicht vermessen werden. Wurde eine Überlebenszeitanalyse für die nicht gewanderten bzw. gewanderten Implantate durchgeführt, so zeigte sich ein 100%iges Überleben der nicht gewanderten

Implantate über 12 Jahre, wohingegen die gewanderten Pfannen eine Überlebensrate von 70% aufwiesen ($p=0,001$). Korrelationen der Implantatmigration zu dem Alter bei Operation, zum praeoperativen CE-Winkel, der Einteilung nach Hartofilakidis bzw. Crowe, der prozentualen Überdachung durch das Transplantat und der Pfanneninklination zeigten keine signifikanten Zusammenhänge. Dagegen bestehen für die Verwendung eines homologen Transplantates ($p = 0,014$) und die Einteilung des Rotationszentrums nach Ranawat bzw. Pagnano ($p = 0,028$) signifikante Korrelationen zur Implantatmigration.

Die vorliegende Arbeit beschreibt günstige 10-Jahresergebnisse sphärischer Pressfitpfannen in Kombination mit einer Pfannendachplastik. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Implantatmigration und Überlebensrate. Die im Vergleich zur Implantation ohne Pfannendachplastik deutlich höhere Migrationsrate lässt allerdings in den nächsten Jahren eine Zunahme der Revisionen in diesem Kollektiv erwarten.

6. Literatur

1. Anderson MJ, Harris WH: Total hip arthroplasty with insertion of the acetabular component without cement in hips with total congenital dislocation or marked congenital dysplasia: J Bone Joint Surg Am. 1999; 81(3):347-354.
2. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S, Oberthaler W: The transgluteal approach to the hip joint. Arch Orthop Trauma Surg. 1979;95:47-49.
3. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH, Jr: Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. J Bone Joint Surg Am. 1973;55:1629-1632.
4. Cameron HU, Botsford DJ, Park YS: Influence of the Crowe rating on the outcome of total hip arthroplasty in congenital hip dysplasia. J Arthroplasty. 1996; 11(5):582-587.
5. Charnley J: Arthroplasty of the hip. A new operation. Lancet. 1961;1:1129-1132.
6. Crowe JF, Mani VJ, Ranawat CS: Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip. J Bone Joint Surg Am. 1979; 61(1):15-23.
7. Dearborn JT, Harris WH: High placement of an acetabular component inserted without cement in a revision total hip arthroplasty. Results after a mean of ten years. J Bone Joint Surg Am. 1999; 81(4):469-480.
8. DeLee JG, Charnley J: Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. Clin Orthop. 1976;20-32.
9. Dorr LD, Tawakkol S, Moorthy M, Long W, Wan Z: Medial protrusio technique for placement of a porous-coated, hemispherical acetabular component without cement in a total hip arthroplasty in patients who have acetabular dysplasia. J Bone Joint Surg Am. 1999; 81(1):83-92.

10. Engh CA, Bobyn JD, Glassman AH: Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69:45-55.
11. Gerber SD, Harris WH: Femoral head autografting to augment acetabular deficiency in patients requiring total hip replacement. A minimum five-year and an average seven-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1986; 68(8):1241-1248.
12. Gill TJ, Sledge JB, Muller ME: Total hip arthroplasty with use of an acetabular reinforcement ring in patients who have congenital dysplasia of the hip. Results at five to fifteen years. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80(7):969-979.
13. Haddad FS, Masri BA, Garbuz DS, Duncan CP: Primary total replacement of the dysplastic hip. *Instr Course Lect.* 2000;49:23-39.
14. Harris WH: Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:737-755.
15. Harris WH, Crothers O, Oh I: Total hip replacement and femoral-head bone-grafting for severe acetabular deficiency in adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1977; 59(6):752-759.
16. Hartofilakidis G, Stamos K, Karachalios T, Ioannidis TT, Zacharakis N: Congenital hip disease in adults. Classification of acetabular deficiencies and operative treatment with acetabuloplasty combined with total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78(5):683-692.
17. Hasegawa Y, Iwata H, Iwase T, Kawamoto K, Iwasada S: Cementless total hip arthroplasty with autologous bone grafting for hip dysplasia. *Clin Orthop.* 1996;(324):179-186.

18. Hendrich C, Bahlmann J, Eulert J: Migration of the uncemented Harris-Galante acetabular cup: results of the einbildroentgenanalyse (EBRA) method. *J. Arthroplasty*. 1997;12:889-895.
19. Hintermann B, Morscher EW: Total hip replacement with solid autologous femoral head graft for hip dysplasia. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1995; 114(3):137-144.
20. Hirakawa K, Mitsugi N, Koshino T, Saito T, Hirasawa Y, Kubo T: Effect of acetabular cup position and orientation in cemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop*. 2001;(388):135-142.
21. Hodgkinson JP, Shelley P, Wroblewski BM: The correlation between the roentgenographic appearance and operative findings at the bone-cement junction of the socket in Charnley low friction arthroplasties. *Clin Orthop*. 1988;105-109.
22. Iida H, Matsusue Y, Kawanabe K, Okumura H, Yamamuro T, Nakamura T: Cemented total hip arthroplasty with acetabular bone graft for developmental dysplasia. Long-term results and survivorship analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 2000; 82(2):176-184.
23. Ilchmann T, Franzen H, Mjoberg B, Wingstrand H: Measurement accuracy in acetabular cup migration. A comparison of four radiologic methods versus roentgen stereophotogrammetric analysis. *J Arthroplasty*. 1992;7:121-127.
24. Ilchmann T: Radiographic assessment of cup migration and wear after hip replacement. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1997;276:1-26.
25. Inao S, Matsuno T: Cemented total hip arthroplasty with autogenous acetabular bone grafting for hips with developmental dysplasia in adults: the results at a minimum of ten years. *J Bone Joint Surg Br*. 2000; 82(3):375-377.
26. Jasty M, Harris WH: Salvage total hip reconstruction in patients with major acetabular bone deficiency using structural femoral head allografts. *J Bone Joint Surg Br*. 1990;72:63-67.

27. Johnston RC, Fitzgerald RH, Jr., Harris WH, Poss R, Muller ME, Sledge CB: Clinical and radiographic evaluation of total hip replacement. A standard system of terminology for reporting results. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:161-168.
28. Krismer M, Fischer M, Mayrhofer P: A prospective study of the migration of two acetabular components. PCA versus RM cups. *Int. Orthop.* 1994;18:23-28.
29. Krismer M, Bauer R, Tschupik J, Mayrhofer P: EBRA: a method to measure migration of acetabular components. *J Biomech.* 1995;28:1225-1236.
30. Krismer M, Stockl B, Fischer M, Bauer R, Mayrhofer P, Ogon M: Early migration predicts late aseptic failure of hip sockets. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78:422-426.
31. Küsswetter W, Hartwig CH: Die Appositionsarthroplastik aus dem Femurkopfresektat beim alloplastischen Hüftgelenkersatz. *Operative Orthopädie und Traumatologie.* 1994;(4):267-275.
32. Lee BP, Cabanela ME, Wallrichs SL, Ilstrup DM: Bone-graft augmentation for acetabular deficiencies in total hip arthroplasty. Results of long-term follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1997; 12(5):503-510.
33. Linde F, Jensen J: Socket loosening in arthroplasty for congenital dislocation of the hip. *Acta Orthop Scand.* 1988;59:254-257.
34. MacKenzie JR, Kelley SS, Johnston RC: Total hip replacement for coxarthrosis secondary to congenital dysplasia and dislocation of the hip. Long-term results. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78(1):55-61.
35. Morsi E, Garbuz D, Gross AE: Total hip arthroplasty with shelf grafts using uncemented cups. A long-term follow-up study. *J Arthroplasty.* 1996;11:81-85.

36. Mulroy RD, Jr., Harris WH: Failure of acetabular autogenous grafts in total hip arthroplasty. Increase incidence: a follow-up note. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72(10):1536-1540
37. Mulroy WF, Harris WH: Acetabular and femoral fixation 15 years after cemented total hip surgery. *Clin Orthop.* 1997;(337):118-128.
38. Murray DW, Carr AJ, Bulstrode C: Survival analysis of joint replacements. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75:697-704.
39. Numair J, Joshi AB, Murphy JC, Porter ML, Hardinge K: Total hip arthroplasty for congenital dysplasia or dislocation of the hip. Survivorship analysis and long-term results. *J Bone Joint Surg Am.* 1997; 79(9):1352-1360.
40. Pagnano MW, Hanssen AD, Lewallen DG, Shaughnessy WJ: The effect of superior placement of the acetabular component on the rate of loosening after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78(7):1004-1014.
41. Porsch M, Siegel A: Artificial hip replacement in young patients with hip dysplasia-long-term outcome after 10 years. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1998;136(6):548-553.
42. Ranawat CS, Dorr LD, Inglis AE: Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(7):1059-1065.
43. Rodriguez JA, Huk OL, Pellicci PM, Wilson PD, Jr: Autogenous bone grafts from femoral head for treatment of acetabular deficiency in primary total hip arthroplasty with cement. Long-term results. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:1227-1233.
44. Russotti GM, Harris WH: Proximal placement of the acetabular component in total hip arthroplasty. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:587-592.

45. Schneider R: Die Biomechanik der Pfannenverankerung, operationstechnische Konsequenzen. In Schneider R: Die Totalprothese der Hüfte, Huber, Bern. 1987;21-44.
46. Shinar AA, Harris WH: Bulk structural autogenous grafts and allografts for reconstruction of the acetabulum in total hip arthroplasty. Sixteen-year-average follow-up. J Bone Joint Surg Am. 1997; 79(2):159-168.
47. Silber DA, Engh CA: Cementless total hip arthroplasty with femoral head bone grafting for hip dysplasia. J Arthroplasty. 1990;5:231-240.
48. Sochart DH, Porter ML: The long-term results of Charnley low-friction arthroplasty in young patients who have congenital dislocation, degenerative osteoarthritis, or rheumatoid arthritis. J Bone Joint Surg Am. 1997; 79(11):1599-1617.
49. Spanghel MJ, Berry d, Trousdale RT, Cabanela ME: Uncemented acetabular components with bulk femoral head autograft for acetabular reconstruction in developmental dysplasia of the hip : results at five to twelve years. J Bone Joint Surg Am. 2001; 83-A(10):1484-1489.
50. Stans AA, Pagnano MW, Shaughnessy WJ, Hanssen AD: Results of total hip arthroplasty for Crowe Type III developmental hip dysplasia. Clin Orthop. 1998;(348):149-157.
51. Sumner DR, Jasty M, Jacobs JJ, Urban RM, Bragdon CR, Harris WH, Galante JO: Histology of porous-coated acetabular components. 25 cementless cups retrieved after arthroplasty. Acta Orthop Scand. 1993;64:619-626
52. Wolfgang GL: Femoral head autografting with total hip arthroplasty for lateral acetabular dysplasia. A 12-year experience. Clin Orthop. 1990;(255):173-185.
53. Yoder SA, Brand RA, Pedersen DR, O`Gorman TW: Total hip acetabular component position affects component loosening rates. Clin Orthop. 1998;(228):79-87.

Anhang

Danksagung

Dem Direktor der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg, Herrn Professor Dr. med. J. Eulert, danke ich für die Möglichkeit, diese Dissertation in seiner Klinik durchführen zu dürfen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Thull, Lehrstuhl der Funktionswerkstoffe in Medizin und Zahnheilkunde, danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Meinem Doktorvater, Herrn Oberarzt Priv.-Doz. Dr. med. C. Hendrich, danke ich für die Überlassung des interessanten Themas. Vor allem bedanke ich mich für seine stetige kompetente und kritische Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit. Er hatte stets Zeit und Geduld für mich.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Assistenzarzt Dr. med. S. Kirschner für die statistische Beratung und Betreuung.

Herrn Assistenzarzt U. Sauer danke ich im Speziellen für die Beratung bei Fragen und Problemen der Hard- und Software sowie bei der Durchführung der Einbildröntgenanalyse.

Daneben möchte ich mich bei den Ärzten und Mitarbeitern des König-Ludwig-Hauses bedanken, insbesondere bei den Mitarbeitern des Röntgenarchivs.

Der größte Dank jedoch gilt meiner Familie. Sie hat mich immerzu unterstützt und motiviert. Ihre Liebe begleitet mich stets auf meinem Lebensweg.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name	Webering
Vorname	Isabella
Geburtsdatum	25.07.1975
Geburtsort	Mainz
Familienstand	ledig

Ausbildung:

1982 bis 1986	Grundschule Königshofen
1986 bis 1995	Martin-Schleyer-Gymnasium, Lauda-Königshofen, Abschluss mit der Allgemeinen Hochschulreife
1995 bis 2002	Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
06.06.2002	Abschluss mit dem 3. Staatsexamen
seit 01.07.2002	Ärztin im Praktikum in der orthopädischen Universitätsklinik König-Ludwig-Haus, Würzburg

Würzburg, den 20.11.2002