

Aus dem
Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
Klinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Carsten Perka
Geschäftsführender Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Michael Schütz

Habilitationsschrift

Die Hüftarthroskopie - Etablierung einer neuen minimalinvasiven Operationstechnik

zur Erlangung der Lehrbefähigung
für das Fach Orthopädie und Unfallchirurgie

vorgelegt dem Fakultätsrat der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von
Dr. med. Jörg Hartmut Schröder
geboren in Berlin

Eingereicht: 04/2018
Dekan: Prof. Dr. med. Axel R. Pries
1. Gutachter: Prof. Dr. Klaus-Peter Günther, Dresden
2. Gutachter: Prof. Dr. Claudio Dora, Zürich

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Verzeichnis der relevanten Abkürzungen	V
1. Einleitung	6
1.1 Die Schwierigkeiten der Hüftarthroskopie	6
1.2 Verständnis der präarthrotischen Deformitäten des Hüftgelenks	9
1.3 Femoroazetabuläres Impingement (FAI)	10
1.3.1 Konzept des FAI	10
1.3.2 Bedeutung des FAI für die Hüftarthroskopie	13
1.3.3 Diagnostik und Indikationsstellung beim FAI	13
1.4 Extraartikuläre Impingementformen	14
1.5 Möglichkeiten der arthroskopischen Knorpeltherapie	16
2. Ergebnisse	18
2.1 Ein neues radiologisches Zeichen zur Identifikation eines relevanten femoroazetabulären Impingement-Mechanismus	18
2.2 Identifikation einer Hypertrophie der Spina iliaca anterior inferior in der konventionell radiologischen Diagnostik	26
2.3 Langzeitergebnisse nach gelenkerhaltender Therapie bei villonodulärer Synovialitis des Hüftgelenkes	34
2.4 Arthroskopische Behandlung der bakteriellen Koxitis beim Erwachsenen	42
2.5 Mittelfristige Ergebnisse nach arthroskopischer Korrektur eines femoroazetabulären Impingements	51
2.6 Erste Ergebnisse nach arthroskopischer autologer Chondrozyten-transplantation bei vollschichtigen azetabulären Knorpeldefekten	58

3. Diskussion	67
3.1 Radiologische Methoden zur Verbesserung der Diagnostik	67
3.2 Die Hüftarthroskopie in der Therapie von synovialen Erkrankungen und der bakteriellen Koxitis	69
3.3 Die Hüftarthroskopie in der Therapie des femoroazetabulären Impingements	71
3.4 Erweiterte arthroskopische Therapiemöglichkeiten am Hüftgelenk	73
3.5 Probleme und Limitationen der Hüftarthroskopie	75
4. Zusammenfassung und Ausblick	76
5. Literaturverzeichnis	78
6. Anhang	91
6.1 Danksagung	91
6.2 Eidesstattliche Versicherung	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Setting bei der Hüftarthroskopie

Abbildung 2: Pathomechanismus des Cam-Impingement

Abbildung 3: Pathomechanismus des Pincer-Impingement

Verzeichnis der relevanten Abkürzungen

3D	dreidimensional
ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
AIIS	Anterior inferior iliac spine
AP	anterior-posterior
ASK	Arthroskopie
BV	Bildverstärker
CT	Computertomografie
FAI	Femoroazetabuläres Impingement
Hüft-ASK	Hüftarthroskopie
M.	Musculus
MACT	matrixassoziierte autologe Chondrozytentransplantation
MRT	Magnetresonanztomografie
PVNS	pigmentierte villonoduläre Synovialitis
RSO	Radiosynoviorthese
SIAI	Spina iliaca anterior inferior
TEP	Totalendoprothese

1. Einleitung

1.1 Die Schwierigkeiten der Hüftarthroskopie

Während die arthroskopische Chirurgie im Bereich des Knie- und Schultergelenkes seit den 80er Jahren eine weite Verbreitung gefunden und offene Techniken dort weitestgehend abgelöst hat, waren arthroskopische Operationen am Hüftgelenk lange selten durchgeführte Eingriffe, die weltweit nur in wenigen spezialisierten Zentren angeboten wurden.

Große, offene chirurgische Eingriffe im Bereich der Hüfte gehören hingegen zu den orthopädischen Standardoperationen. Der endoprothetische Ersatz und auch aufwendige offene gelenkerhaltene Eingriffe wie komplexe Umstellungsoperationen des Beckens oder femorale Osteotomien sind akzeptierte operative Eingriffe.

Damit klaffte im Behandlungsalgorithmus des Hüftgelenkes eine Lücke zwischen der konservativen Therapie und großen invasiven offenen Eingriffen (1).

Die Vorteile der arthroskopischen Technik sind offensichtlich: durch minimalinvasive Zugänge über nur kleine Hautschnitte kann ein Gelenk hochauflösend inspiziert und dynamische Abläufe direkt visualisiert werden. Zudem können therapeutisch präzise operative Korrekturen vorgenommen werden, ohne das Gelenk komplett zu eröffnen. Arthroskopische Eingriffe zeichnen sich daher durch eine deutlich reduzierte Zugangsmorbidität, weniger Komplikationen (2,3), eine verkürzte Rehabilitationsdauer (4) sowie ein verbessertes kosmetisches Ergebnis aus.

Die verzögerte Entwicklung im Vergleich zu anderen Gelenken der Hüftarthroskopie lässt sich zum einen mit den Schwierigkeiten im technischen Bereich erklären.

Das Hüftgelenk bietet als tief gelegenes und sehr kongruentes Gelenk mit einem starken Kapsel-Band-Komplex ungünstige Voraussetzungen für ein arthroskopisches Vorgehen, zumal für die Separation der Gelenkflächen relativ hohe Traktionskräfte erforderlich sind. Einer der Pioniere der Arthroskopie, Michael Burman, untersuchte bereits 1931 an Kadavern verschiedene Gelenke, darunter auch 20 Hüftgelenke arthroskopisch und verglich anschließend die arthroskopische Visualisierung mit der offenen Sektion (5). Burman erkannte

bereits die Vorteile, welche die Distension mit Flüssigkeit und die Traktion für die Visualisierung der Gelenksstrukturen mit sich brachte. Es gelang ihm jedoch damals nicht, die Gelenkflächen der Hüftgelenke zu separieren und machte hierfür die ungünstigen anatomischen Voraussetzungen verantwortlich. Zudem artikulierte er bereits die instrumentellen Probleme, welche die anatomisch tiefe Lage des Hüftgelenkes mit sich bringt. Er schlussfolgerte daher, dass es unmöglich sei, eine Nadel zwischen dem Hüftkopf und dem Azetabulum einzubringen und dass der einzige visualisierbare Anteil des Hüftgelenkes dem heutigen peripheren Kompartiment mit dem Schenkelhals und Anteilen des Hüftkopfes entsprach. Die von Burman beschriebenen Probleme ließen eine Weiterentwicklung der Hüftarthroskopie zunächst stagnieren.

Später wurden durch verschiedene Arbeitsgruppen unter Verwendung von speziellen Vorrichtungen zur Traktion und Etablierung von Portalen zu den unterschiedlichen Anteilen des Gelenkes eine standardisierte Operationstechnik und spezielle Instrumente für die Hüftarthroskopie entwickelt und somit die Voraussetzungen für eine breitere Anwendung dieser Technik geschaffen. Hervorzuheben sind hier in den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts die Pioniere Ejner Eriksson aus Schweden, der die nötigen Traktionskräfte für eine adäquate Hüftdistraktion untersuchte (6) und die Nordamerikaner James Glick, Thomas Sampson (7) und Thomas Byrd (8) sowie Richard Villar (9) aus England. Zu diesem Zeitpunkt wurde einem Operationsabschnitt ohne Traktion wenig Bedeutung beigemessen. Nach Berichten der französischen Kollegen Henri Dorfmann und Thierry Boyer über die Arthroskopie unterschiedlicher Abschnitte des Gelenkes mit und ohne Traktion (10) wurde diese heutige Form der Arthroskopie wesentlich von Michael Dienst weiterentwickelt und etabliert (11,12).

Die Hüftarthroskopie bleibt aber bis heute technisch wesentlich aufwendiger als andere Arthroskopien, da neben einem eigenen Instrumentarium eine andere Optik (70° Optik), ein spezieller Operationstisch (Extensionstisch mit Extensionsmodulen für beide Beine), stets ein Bildverstärker und möglichst eine gute Pumpe zur Aufrechterhaltung eines stabilen Spülflüssigkeitsdruckes im Gelenk vorhanden sein müssen (Abbildung 1). Zudem ist die Operationstechnik anspruchsvoller als die Arthroskopie anderer Gelenke und selbst für einen bereits erfahrenen Arthroskopeur anderer Gelenke mit einer langen Lernkurve verbunden (1,13).

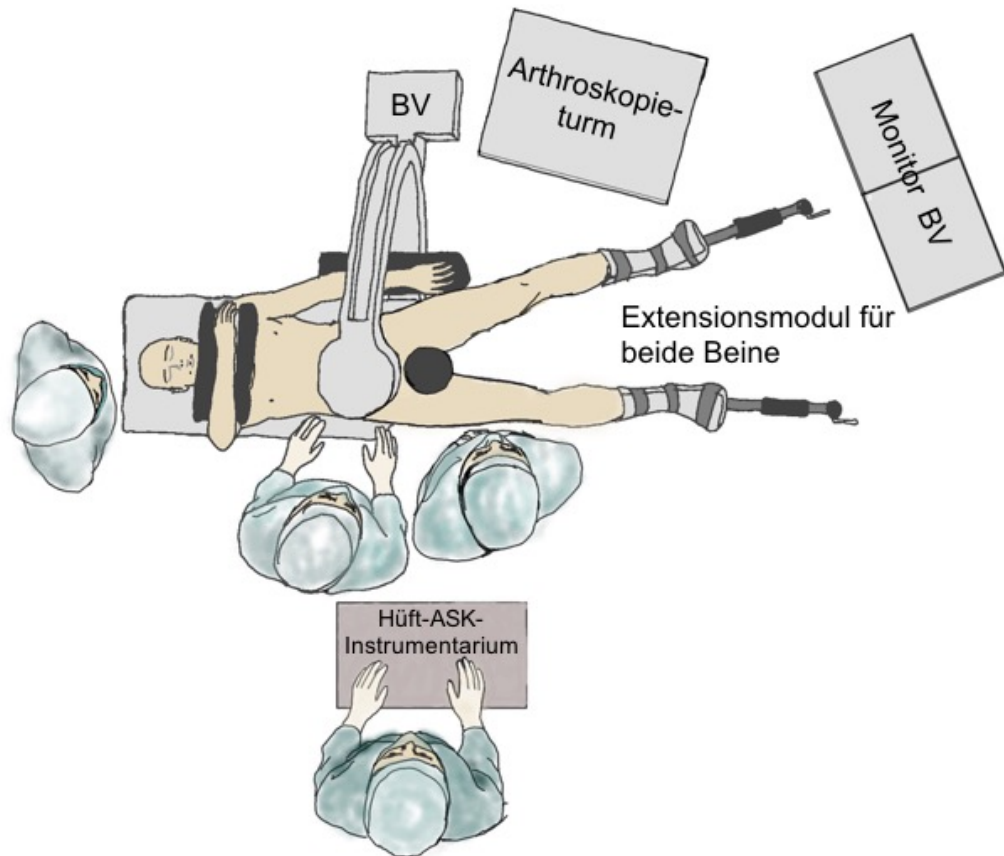


Abbildung 1: Setting bei der Hüftarthroskopie. Neben einem speziellen Hüft-Arthroskopie (Hüft-ASK) Instrumentarium ist ein Extensionstisch mit zwei Extensionsmodulen und speziellen Polsterungen sowie ein Bildverstärker (BV) erforderlich. (Modifiziert nach: Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2010, C Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München (12))

Der andere wesentliche Grund für die ausbleibende Entwicklung der Hüftarthroskopie lag an dem Mangel an bekannten guten Indikationen für einen solchen Eingriff bzw. an der fehlenden Möglichkeit, diese bildgebend darzustellen (14). Diagnosen wie freie Gelenkkörper, Labrumläsionen oder synoviale Erkrankungen als klassische Indikationen der Arthroskopie waren erst mit der Weiterentwicklung der MRT-Bildgebung zuverlässig zu stellen (15). Zudem wurde mit der späten Beschreibung des Femoroazetabulären Impingements (FAI) erst vor weniger als 20 Jahren eine arthroskopisch korrigierbare intraartikuläre präarthrotische Deformität bekannt, die den Bedarf und die Entwicklung der arthroskopischen Technik entscheidend beschleunigte.

1.2 Verständnis der präarthrotischen Deformitäten des Hüftgelenkes

Die Koxarthrose stellt eine Volkskrankheit dar und betrifft jeden vierten Menschen in seinem Leben (16). Trotzdem blieb die Ursache für die Mehrheit der Koxarthrosen lange unbekannt und wurden unter der Gruppe der idiopathischen oder primären Koxarthrose zusammengefasst. Auch wenn dieses Konzept bereits früh durch namenhafte Autoren angezweifelt wurde (17,18), gab es lange Zeit keinen Erkenntnisgewinn über präarthrotische Deformitäten des Hüftgelenkes und deren gelenkerhaltenden Chirurgie, während sich der Gelenkersatz rasch zu einem der am häufigsten durchgeführten Eingriffe entwickelte (19). Eine entscheidende Ursache hierfür liegt in der anatomisch komplexen Gefäßversorgung des Hüftkopfes, die bei deren Unkenntnis zu einer hohen Rate an Femurkopfnekrosen führt. Die Problematik wurde von Crock noch 1996 in seinem Buch über die vaskuläre Anatomie des Menschen beschrieben (20):

“Theoretically a method is required by which the human hip joint can be dislocated atraumatically in the early phases of disease so that the blood supply of the upper end of the femur can be preserved. This would open the way for the use of new methods of surface replacement of articular cartilage based on developments in tissue culture and molecular biology. Rather than relying on prosthetic replacement of the hip to treat significant intra-articular pathology, a treatment philosophy based on biologic and physiologic principles could be more routinely used.”

Durch intensives Studium der Gefäßanatomie (21) gelang es Reinhold Ganz ein Operationsverfahren zu entwickeln, das unter Respektierung der Blutversorgung eine gefahrlose Luxation des Hüftgelenkes ermöglichte: die chirurgische Hüftluxation (22). Bei der chirurgischen Hüftluxation gelingt es, das Gelenk unter sicherem Erhalt der Gefäßversorgung nach ventral zu luxieren und damit sowohl eine fast zirkumferente Darstellung des Hüftkopfes und des Schenkelhalses als auch eine komplette Visualisierung des Azetabulums zu erreichen. Die chirurgische Hüftluxation ermöglicht die gefahrenlose Inspektion beider Gelenkpartner, sowie die offen dynamische Untersuchung und schlussendlich die operative Therapie. Somit revolutionierte dieser Eingriff die hüftgelenkerhaltende Chirurgie und bereitete den Weg für ein deutlich erweitertes Verständnis des Hüftgelenkes, welches zur Darstellung des femoroazetabulären Impingement (FAI) als neues Krankheitsbild führte.

1.3 Femoroazetabuläres Impingement (FAI)

1.3.1. Konzept des FAI

Das von Reinhold Ganz entwickelte Konzept des femoroazetabulären Impingements beruht auf einem intraartikulären dynamischen Konflikt zwischen Schenkelhals und Pfannenrand, der aufgrund kleiner anatomischen Veränderungen entsteht. Dabei erfolgt die Schädigung des Gelenkes über zwei verschiedene Pathomechanismen: dem femoral bedingten Cam-Impingement und dem in der Regel azetabulär bedingten Pincer-Impingement.

Beim Cam-Impingement besteht eine Asphärizität im Bereich des femoralen Kopf-Hals-Überganges, die bei Beugung und Innenrotation eine Scherwirkung auf den azetabulären Knorpel im Pfannenrandbereich verursacht. Hierdurch wird im Laufe der Zeit in einem ersten Schritt der Knorpel von der knöchernen Unterlage abgeschoben (Delamination). Im weiteren Verlauf reißt dann der chondrolabrale Übergang ein und führt zu einer instabilen Lappenbildung des azetabulären Knorpels (Abbildung 2).

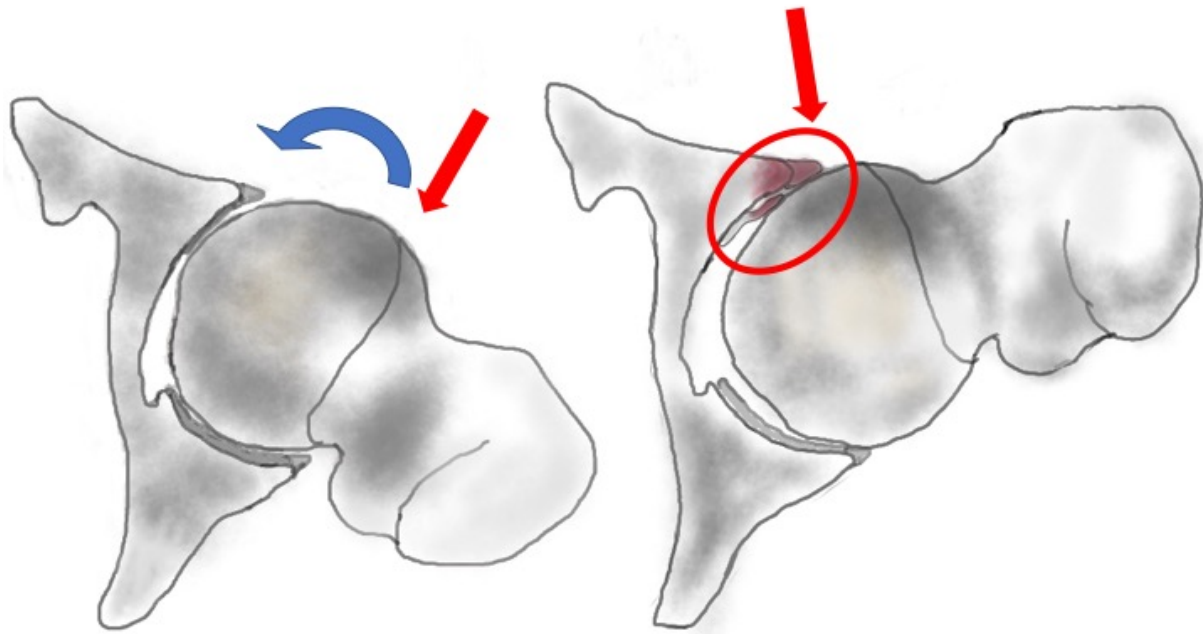


Abbildung 2: Pathomechanismus des Cam-Impingement. Durch die Asphärizität des Kopf-Hals-Überganges (roter Pfeil) entsteht bewegungsabhängig (blauer Pfeil) eine Scherwirkung auf den azetabulären Knorpel im Pfannenrandbereich mit Schädigung und im Verlauf Einriss und Lappenbildung des Knorpels (Modifiziert nach: Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2010, C Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München (12)).

Diese bereits früh im Krankheitsverlauf einsetzende Knorpelschädigung führt letztlich zur Entwicklung einer Koxarthrose und macht das Cam-Impingement zu einer relevanten präarthrotischen Deformität, die einen wesentlichen Anteil der zuvor als idiopathisch betrachteten Koxarthrosen erklärt (23).

Beim Pincer-Impingement liegt ein linearer Konflikt zwischen Pfannenrand und Schenkelhals vor, der in der Regel durch einen zu weit vorragenden Pfannenrand bedingt wird. Hierdurch entsteht zum einen eine Kompression des Labrums, welches sich im weiteren Verlauf abrundet, entzündlich verändert und ossifiziert (Abbildung 3).

Zum anderen kommt es zu einer Hebelwirkung auf den Hüftkopf mit zentralen und kaudalen Knorpelschäden (Contre Coup Läsion). Die Rolle des Pincer-Impingements als präarthrotische Deformität ist aber weniger gut belegt als die des Cam-Impingements (24).

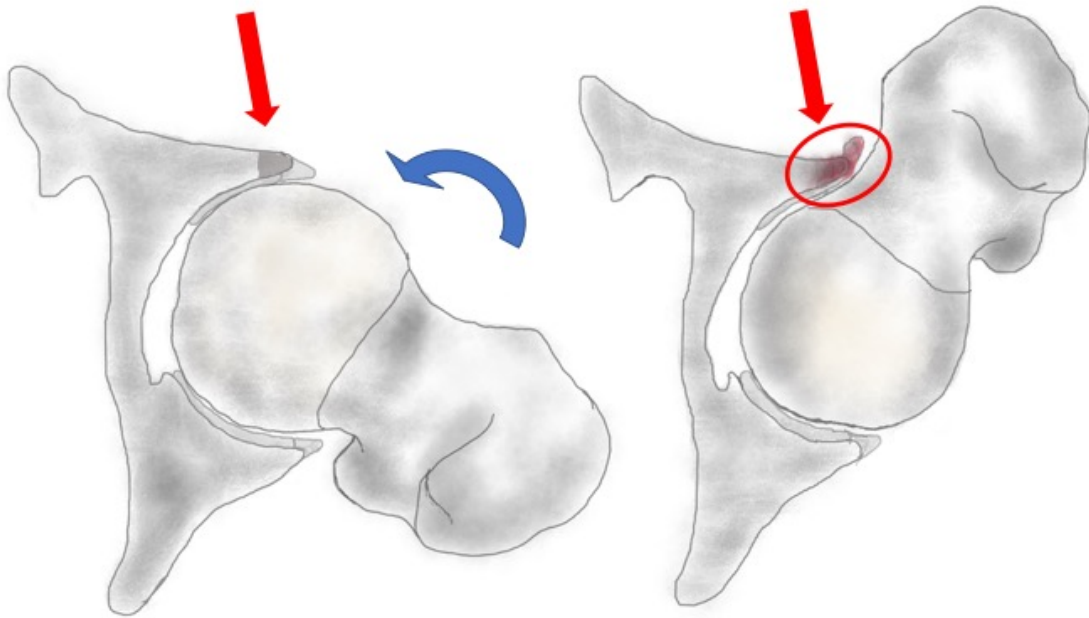


Abbildung 3: Pathomechanismus des Pincer-Impingement. Durch einen zu weit vorragenden Pfannenrand (roter Pfeil) kommt es bewegungsabhängig (blauer Pfeil) zur Kompression, Inflammation und Ossifikation des Labrums (Modifiziert nach: Dienst, Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie, 1. Auflage 2010, C Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München (12)).

Diese beiden Schädigungstypen können isoliert vorliegen, treten aber wesentlich häufiger (60-90%) in einer Kombination, dem so genannten gemischten Typ auf (25-27).

Die Therapie besteht beim Cam-Impingement in der Entfernung des überschüssigen Knochens und Wiederherstellung der Sphärizität im Bereich des Kopf-Hals-Überganges, beim Pincer-Impingement wird dieser im Bereich des Pfannenrandes möglichst unter Erhalt des Labrums reseziert.

Das femoroazetabuläre Impingement gilt heute als die häufigste Ursache für Gelenkbeschwerden beim jungen Erwachsenen (28,29) und als bedeutender Faktor für die Entstehung der Koxarthrose (18,30-32).

1.3.2. Bedeutung des FAI für die Hüftarthroskopie

Die Technik der Hüftarthroskopie, die zuvor nur vereinzelt zur rein debridierenden Labrum- oder Knorpeltherapie genutzt wurde, erhielt durch die Beschreibung dieses intraartikulären Krankheitsbildes den entscheidenden Entwicklungsschub.

Nach Etablierung des Konzeptes und klinisch erfolgreicher Therapie mittels des relativ invasiven Verfahrens der chirurgischen Hüftluxation bot die Arthroskopie die Möglichkeit einer minimalinvasiveren Korrektur der Deformitäten und Behandlung der Folgeschäden. Dabei entfällt bei der Hüftarthroskopie sowohl die trigastrische Trochanterosteotomie und die hiermit verbundene Osteosynthese, die Mobilisation der betroffenen Muskelgruppen als auch die komplette Luxation des Kopfes mit Durchtrennung des Ligamentum capitis femoris. Zudem ermöglicht das arthroskopische Operationsverfahren eine hochauflösende und sehr präzise Diagnostik und Therapie der chondrolabralen Begleitschäden.

Die Verwendung der arthroskopischen Operationstechnik ist dabei zunächst extrem skeptisch betrachtet worden (15).

Voraussetzung für das erfolgreiche Etablieren dieser neuen operativen Technik war neben einer korrekten Operationstechnik eine präzise Diagnostik (33-39) und eine sorgfältige Indikationsstellung (40-44) für die erforderliche Selektion des Patientengutes. Weiterhin muss die neue Technik bei mindestens gleich guter Qualität Vorteile in den klinischen Ergebnissen im Krankheitsverlauf für die Patienten bringen (45,46).

1.3.3. Diagnostik und Indikationsstellung FAI

Die Indikationsstellung gestaltet sich beim femoroazetabulären Impingement oft schwierig, da sich die typischen, hierfür verantwortlichen Deformitäten bei großen Anteilen der Population (15-20%) radiologisch nachweisen lassen, aber offenbar längst nicht bei jedem Patienten klinisch wirksam werden und zu chondrolabralen Schäden führen (32,47,48).

Daraus ergibt sich, dass aus dem bloßen Nachweis einer radiologischen Deformität noch keine für das Gelenk relevante Pathologie abgeleitet werden kann. Vielmehr bedarf es einer Trias aus Deformität, typischer klinischer Symptomatik und passendem klinischen Untersuchungsbefund (49).

Zudem kommen als Differentialdiagnose des Leitsymptoms Leistenschmerz eine Vielzahl von vertebragenen, inguinalen, gynäkologisch / urologisch oder abdominell bedingten Pathologien und Insertionstendinopathien in Betracht (1,40). Diese können jedoch recht unspezifisch sein und stellen die behandelnden Ärzte vor differenzialdiagnostische Probleme (50). So ergaben Untersuchungen, dass in bis zu 60% der Fälle zunächst eine andere Schmerzursache vermutet wurde (51) und durchschnittlich 3,1 Jahre vergingen und 4,2 verschiedene Kollegen konsultiert werden mussten, bevor die korrekte Diagnose gestellt wurde. Dies muss kritisch vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass alle gelenkerhaltenden chirurgischen Maßnahmen umso erfolgreicher sind, je früher sie im Krankheitsverlauf erfolgen, hier also kostbare Zeit für den Patienten verloren geht (52).

Dies macht die gründliche Suche nach der richtigen zugrundeliegenden Pathologie enorm wichtig.

In der Literatur existieren zudem radiologische Hinweise auf die Wirksamkeit eines femoroazetabulären Impingements, wie dem sogenannten Herniation Pit, eine im Schenkelhalsbereich befindliche zystische Läsion, welche durch den auftretenden mechanischen Konflikt entsteht und sich in dessen "Epizentrum" befindet (52). Ein solcher Herniation Pit findet sich aber nur in ca. 20% der FAI-Patienten (53-55).

Daher ist die Suche nach weiteren radiologischen, pathognomonischen Zeichen für ein relevantes FAI von großem Interesse (38).

1.4 Extraartikuläre Impingementformen

Neben dem intraartikulären Cam- und Pincer-Impingement wurden in der Folgezeit weitere Formen des intra- aber auch extraartikulären Impingements beschrieben (35,56-61).

Das sogenannte Subspine-Impingement stellt eine wesentliche extraartikuläre Impingementform dar. Bei dieser tritt in Hüftbeugung ein mechanischer Konflikt zwischen der Spina iliaca anterior inferior (SIAI) und dem inferioren Schenkelhals auf. Die Ursache ist eine prominente SIAI, welche in Hüftbeugung zu einem reduzierten Raum und damit zum Impingement der hier befindlichen Weichteile (anteriore Gelenkkapsel, M. rectus, M. iliocapsularis) führt (62).

Dieser mechanische Konflikt ist bei ausgeprägten Formen bereits früher im Rahmen offener Korrekturen erstmals 1964 beschrieben worden (63). Allerdings können auch kleinere Hypertrophien der SIAI eine Symptomatik erzeugen (64,65).

Ätiologisch ist eine Avulsion des M. rectus femoris entweder in der Adoleszenz als häufigste pelvine Apophysenverletzung oder im Erwachsenenalter mit nachfolgender Ossifikation ursächlich (66-69).

In der Literatur gibt es Hinweise für eine Assoziation des Subspine-Impingements mit bestimmten Sportarten (Fußball) (70) sowie der Cam-Deformität (71). So findet man diese Pathologie nur selten isoliert und in der Regel in Kombination mit einem intraartikulären Impingement.

Das Subspine Impingement wurde 2013 von Hetsroni basierend auf 3D-CT-Rekonstruktionen in die Typen I-III klassifiziert (72).

Die zunehmende Schwere des Typs korreliert mit einer signifikanten Reduktion der Flexion und Innenrotation, wobei insbesondere der Typ III eine klinische Bedeutung hat. Der Typ II ist wesentlich häufiger (73,74), seine Relevanz aber abhängig von der Beckeninklination (75-77), der femoralen Konfiguration (78) und von den individuellen Anforderungen des Patienten an den Bewegungsumfang des Hüftgelenkes.

Aufgrund der anatomischen Nähe zum vorderen Pfannenrand und dem Pathomechanismus kann die Differenzialdiagnose zum intraartikulären Impingement schwierig sein. Außerdem gibt es keinen spezifischen klinischen Test für diese Pathologie (79).

Dies ist besonders für arthroskopische Korrekturen von Bedeutung, da hier keine Visualisierung des extraartikulären Raumes stattfindet (62,73) und ein nicht korrigiertes Subspine-Impingement als Risikofaktor für postoperativ persistierende Beschwerden identifiziert wurde (80-82).

Die präoperative Computertomografie (CT) besitzt die höchste Sensitivität, ist aber mit einer deutlich erhöhten Strahlenexposition für den in der Regel jungen Patienten verbunden (83) und damit für den routinemäßigen Einsatz in der präoperativen Diagnostik kritisch zu bewerten.

Daher wäre eine Identifikation in der routinemäßig erfolgenden konventionellen Bildgebung von Interesse, um in Zusammenschau mit einer sorgfältigen und gezielten klinischen Untersuchung entsprechende Fälle zu identifizieren oder den Personenkreis für die Durchführung eines CT möglichst weit einzuschränken (37).

1.5 Möglichkeiten der arthroskopischen Knorpeltherapie

Im Rahmen der optimalen Behandlung von präarthrotischen Deformitäten stellt sich neben der essentiellen Korrektur der Pathomorphologie zwangsläufig auch die Herausforderung einer optimalen Behandlung der Folgeschäden, insbesondere des Knorpels. Diesen kommt eine besondere Bedeutung zu, da zahlreiche Studien gezeigt haben, dass das Ausmaß der Knorpelschäden der wichtigste prädiktive Faktor für das postoperative Outcome ist (84-93). Im Hüftgelenk befinden sich diese Knorpelschäden bei den beiden häufigsten präarthrotischen Deformitäten Dysplasie und FAI in überwiegender Form im Bereich des Azetabulums. Wesentlich seltener treten behandlungspflichtige Knorpelschäden im Bereich des Hüftkopfes auf, hier meist in Zusammenhang mit einer Durchblutungsstörung, der Protrusion, traumatischer oder iatrogenen Ursachen.

Im Gegensatz zu den anderen Gelenken der unteren Extremität, insbesondere dem Kniegelenk, gibt es trotz der hohen Inzidenz der Koxarthrose bisher nahezu keine wissenschaftlichen Erkenntnisse über die optimale Behandlung von Knorpelschäden am Hüftgelenk. Daher werden aktuell die Erkenntnisse aus dem Bereich des Kniegelenkes auf das Hüftgelenk übertragen.

Prinzipiell kann man auch am Hüftgelenk knochenmarksstimulierende Techniken und Transplantationsverfahren unterscheiden.

Zu den knochenmarksstimulierenden Techniken zählt die Abrasionsplastik, die Mikro- und Nanofrakturierung, jeweils mit und ohne Verwendung additiver Materialien wie Membranen. Diese eigentlich einfacheren Maßnahmen der Knorpeltherapie sind allerdings am Hüftgelenk oft technisch schwierig, da der oft stark sklerosierte Knochen die kontrollierte perpendikuläre Perforation durch eine Ahle erschwert und ein unkontrolliertes Abrutschen droht. Zudem konnte gezeigt werden, dass diese Verfahren einen mechanisch nur inadäquat belastbaren Faserknorpel induzieren (94).

Eine biologische Rekonstruktion der Gelenkflächen hingegen stellt eine interessante Alternative dar, die eine langfristig erfolgreiche Gelenkrekonstruktion möglich erscheinen lassen (94). Als Transplantationstechnik stehen prinzipiell der osteochondrale Transfer und die autologe Chondrozytentransplantation (ACT) zur Verfügung. Der osteochondrale Transfer ist am Hüftgelenk nur offen und nur im Bereich des Hüftkopfes bei osteochondralen Defekten

unter Inkaufnahme der Entnahmedefekte und der erhöhten Komplikationsrate der chirurgischen Hüftluxation möglich. Aufgrund der anatomischen Begebenheiten des Azetabulums besteht hier technisch praktisch keine Möglichkeit der Anwendung dieser Technik.

Bei der ACT wird aus dem Gelenk aus einem möglichst wenig belasteten Bereich gesunder Knorpel entnommen. Aus diesem entnommenen Knorpel werden Knorpelzellen isoliert und angezüchtet, um diese im Rahmen eines zweiten operativen Eingriffes direkt in den Knorpeldefekt einzubringen. Die Technik der ACT hat sich im Laufe der Jahre wesentlich verändert. In der ersten Generation war noch die Entnahme eines Knochenhautlappens erforderlich, welcher wasserdicht in den Defekt eingenäht und mit der Knorpelzellsuspension unterspritzt wurde. Entscheidender Nachteil dieser Technik war die vom Periostlappen ausgehende Transplantathypertrophie als häufigste Komplikation (95). Daher wurde in der zweiten Generation anstatt des Periostlappens eine Kollagenmembran verwendet. Diese Techniken haben sich aber im Bereich des Hüftgelenkes aufgrund ihres invasiven Charakters bei dem zweizeitigen Eingriff nicht durchgesetzt.

Die dritte Generation der ACT brachte eine Assoziation der Zellen mit einem Biomaterial, die matrixgekoppelte ACT (MACT). Auch wenn diese Technik eine Vereinfachung der Anwendung, eine Reduktion der unerwünschten Nebenwirkungen wie eine Transplantathypertrophie und bessere histologische Ergebnisse mit sich brachte, ist auch diese Technik im Bereich des Hüftgelenkes nicht optimal. So kann zwar eine arthroskopische Applikation von zellbesiedelten Trägermaterialien erfolgen, dies ist aber technisch schwierig und mit der Gefahr einer Dislokation der Membran verbunden.

Die aktuelle Weiterentwicklung mit injizierbaren Präparaten ermöglicht hingegen eine wesentlich vereinfachte arthroskopische Anwendung im Bereich des Hüftgelenkes auch an schwierigen Defektlokalisationen (96). Hierbei werden kultivierte Chondrozyten in Form von dreidimensionalen Sphäroiden (Zell-Matrix-Kugeln) oder in situ polymerisierenden Hydrogelen appliziert.

Die Technik der Hüftarthroskopie in Kombination mit der injizierbaren ACT könnte die Knorpeltherapie am Hüftgelenk selbst für größere Defekte auf ein neues Niveau heben und damit die Ergebnisse der gelenkerhaltenden Chirurgie weiter verbessern.

2. Ergebnisse

2.1. Ein neues radiologisches Zeichen zur Identifikation eines relevanten femoroazetabulären Impingement- Mechanismus und einer erworbenen Mikroinstabilität

The 'hip vacuum sign' - a radiographic phenomenon indicating a femoroacetabular impingement mechanism

Schröder JH, Marschalek N, Hufeland M, Perka C

J Hip Preserv Surg (2016) 3 (4): 346-351

<https://doi.org/10.1093/jhps/hnw018>

Das femoroazetabuläre Impingement (FAI) ist eine wichtige präarthrotische Deformität, welche bereits in jungen Jahren durch Leistenschmerzen auffällig werden kann.

Neben einer ausführlichen Anamnese und der klinischen Untersuchung stellt die radiologische Diagnostik einen wesentlichen Baustein in der Diagnosestellung dar. Dabei sind radiologische Zeichen eines FAI aber auch in der asymptomatischen Bevölkerung weit verbreitet.

In der Standarddiagnostik wird neben der Beckenübersicht auch eine seitliche konventionelle Röntgenaufnahme des Hüftgelenkes angefertigt. In der von uns verwendeten Lauensteinaufnahme beschrieben wir ein neues radiologisches Zeichen in Form eines Vakuumphänomens im Bereich des Gelenksspaltes.

In unserer Arbeit untersuchten wir die Prävalenz dieses radiologischen Zeichens bei Patienten unter 50 Jahren mit Hüftgelenkerkrankungen, die jedoch keine Koxarthrose aufwiesen.

Es zeigte sich, dass in unserem Kollektiv dieses radiologische Phänomen mit einer Prävalenz von 15% ausschließlich bei Patienten mit einem symptomatischen femoroazetabulären Impingement zu finden war. Wir werten das Auftreten des Vakuumphänomens als eine Subluxation bzw. Distraction des Hüftkopfes durch einen Hebelmechanismus zwischen Azetabulum und Schenkelhals im Rahmen des femoroazetabulären Impingements.

Herauszustellen ist, dass sich dieses Phänomen in einer statischen alltäglichen Position beim wachen Patienten am ansonsten als inhärent stabil geltenden Hüftgelenk ausprägt. Daher könnte eine durch das FAI erworbene Mikroinstabilität die Ursache dieses neuen radiologischen Zeichens sein.

Mit dem Nachweis des Vakuumphänomens in der konventionellen Lauensteinaufnahme gelingt zum einen der direkte Nachweis eines funktionell relevanten FAI, zum anderen das Vorliegen einer erworbenen Mikroinstabilität. Nach der operativen Therapie ließ sich das radiologische Phänomen in den postoperativen Röntgenaufnahmen nicht mehr nachweisen.

2.2. Identifikation einer Hypertrophie der Spina iliaca anterior inferior in der konventionell radiologischen Diagnostik

Is the evaluation of the anterior inferior iliac spine (AIIS) in the AP pelvis possible?

Analysis of conventional x-rays and 3D-CT reconstructions

Krueger DR, Windler M, Geßlein M, Schuetz M, Perka C, **Schroeder JH**

Arch Orthop Trauma Surg. 2017 Jul;137(7):975-980

<https://doi.org/10.1007/s00402-017-2694-y>

Neben den bekannten intraartikulären Ursachen eines femoroazetabulären Impingements (FAI) sind zuletzt auch extraartikuläre Formen in den Fokus gerückt. Bei zunehmendem Trend zur arthroskopischen Korrektur des FAI spielt die präoperative Diagnostik dieser extraartikulären Pathologien eine besondere Bedeutung, da sie arthroskopisch intraoperativ nur schwer detektiert und damit leicht übersehen werden können. Neben einer unvollständigen Korrektur des intraartikulären Impingements sind nicht adressierte extraartikuläre Impingementformen als wichtige Ursache für postoperativ persistierende Beschwerden identifiziert worden.

Das sogenannte Subspine-Impingement wird durch eine hypertrophe Spina iliaca anterior inferior (SIAI) hervorgerufen und führt zu einer signifikanten schmerzhaften Einschränkung der Beugung als auch der Innenrotation im betroffenen Hüftgelenk (72).

Das einzige bisher publizierte Klassifikationssystem des Subspine-Impingements beruht auf 3D-CT Rekonstruktionen und setzt damit den Einsatz dieser strahlenbelastenden Bildgebung am typischerweise jungen Patientengut voraus. Eine Evaluation der SIAI in der Beckenübersicht findet bisher routinemäßig keine Anwendung (97).

Mit unserer Untersuchung wollten wir überprüfen, in welcher Form bereits aus der konventionellen Beckenübersicht als erster, obligater Schritt in der bildgebenden Diagnostik eine Aussage über eine mögliche Hypertrophie der SIAI getroffen werden kann.

Dabei wurde die Projektion der SIAI in Relation zur azetabulären Gelenkfläche und zum vorderen Pfannenrand in der Beckenübersicht untersucht und in drei verschiedene Projektionsformen eingeteilt. Anschließend wurde in den entsprechenden 3D-CT

Rekonstruktionen die SIAI entsprechend der Klassifikation nach Hetsroni eingeteilt und mit der Projektion in der konventionellen Beckenübersicht korreliert.

Es konnte gezeigt werden, dass im Falle einer Projektion der SIAI in der Beckenübersicht über den vorderen Pfannenrand hinaus bei allen Patienten eine hypertrophe SIAI (Hetsroni Typen II + III) im 3D-CT vorlag. Daher sollte bei der systematischen Beurteilung einer Beckenübersicht auch die SIAI berücksichtigt werden.

Eine genaue Differenzierung der SIAI gelingt jedoch nur in der 3D-CT Bildgebung.

2.3. Langzeitergebnisse nach gelenkerhaltender Therapie bei villonodulärer Synovialitis des Hüftgelenkes

Long-term outcome of pigmented villonodular synovitis of the hip after joint preserving therapy

Hufeland M, Gesslein M, Perka C, **Schröder JH**

Arch Orthop Trauma Surg. 2017 Dec 27

<https://doi.org/10.1007/s00402-017-2864-y>

Die pigmentierte villonoduläre Synovialitis (pVNS) ist eine seltene gelenkzerstörende synoviale Erkrankung. Aufgrund ihres invasiv wachsenden Charakters führt sie insbesondere am Hüftgelenk relativ früh zu osteochondralen Läsionen, die eine gelenkerhaltende Therapie massiv erschweren oder unmöglich machen und damit die Prognose wesentlich verschlechtern. Daher wird in der Literatur die Möglichkeit einer gelenkerhaltenden Therapie angezweifelt (98).

Die modernen Möglichkeiten in der Diagnostik und der gelenkerhaltenden Chirurgie stellen jedoch bessere Ergebnisse in der Behandlung dieses schwierigen Krankheitsbildes in Aussicht. Die Arbeit umfasst alle in unserem Zentrum gelenkerhaltend behandelten Patienten mit der Diagnose einer pVNS am Hüftgelenk. Dabei wurde bei MR-tomografischen Verdacht die Diagnose mittels arthroskopischer Biopsie gesichert und anschließend mittels chirurgischer Hüftluxation oder Arthroskopie eine Synovektomie durchgeführt. Im Falle einer diffusen Form wurde 6-8 Wochen postoperativ additiv eine Radiosynoviorthese (RSO) durchgeführt.

Nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von acht Jahren zeigte sich unter diesem Behandlungsregime bei fünf von sechs Patienten ein rezidivfreier Verlauf mit sehr gutem klinischen Ergebnis. Bei einer Patientin, die zum Zeitpunkt der Diagnosestellung bereits eine osteochondrale Invasion der pVNS aufwies, kam es zu einem Rezidiv mit nachfolgender Implantation einer Hüft-TEP.

Gelingt es, die Erkrankung frühzeitig vor einer osteochondralen Beteiligung zu diagnostizieren, sind mit modernen gelenkerhaltenden Maßnahmen gute und rezidivfreie Langzeitergebnisse möglich.

2.4. Arthroskopische Behandlung der bakteriellen Koxitis beim Erwachsenen

Arthroscopic therapy for primary septic arthritis of the hip in adults

Schröder JH, Krüger D, Perka C, Hufeland M

Adv Orthop. 2016;2016:8713037. Epub 2016 Oct 5.

<http://dx.doi.org/10.1155/2016/8713037>

Mit der Weiterentwicklung der arthroskopischen Technik am Hüftgelenk erscheint es auch möglich, die Indikation auf einige bisher nur offen chirurgisch behandelte Krankheitsbilder auszudehnen.

Ein Beispiel hierfür ist die bakterielle Koxitis des Erwachsenen, die unbehandelt oder insuffizient behandelt rasch in einer Gelenksdestruktion mündet.

Ermutigt von Behandlungsergebnissen der Koxitis im Kindesalter (99-102) haben wir begonnen, auch beim Erwachsenen die isolierte septische Arthritis des Hüftgelenkes arthroskopisch zu behandeln.

Dabei erarbeiteten wir bei Verdacht auf eine bakterielle Koxitis in der klinischen Untersuchung und den Standardlaborparametern einen diagnostischen und therapeutischen Algorithmus.

Bei Bestätigung eines Gelenksergusses in der Sonografie wurde die konventionell radiologische Bildgebung sowie eine MRT-Untersuchung zur Verifizierung der septischen Arthritis und Evaluation der Ausbreitung der Infektion durchgeführt. Im Falle einer bereits eingetretenen Gelenkdestruktion erfolgte die zweizeitige endoprothetische Versorgung nach initialer Anlage einer Girdlestone-Situation. Bei erhaltenem Gelenkspalt aber bereits nachweisbaren osteochondralen Läsionen, Osteomyelitis oder extraartikulärer Infektausbreitung erfolgte die offen chirurgische Intervention mit Adressierung der extra- und intraartikulären Infektmanifestation. Zeigt die MRT ein auf das Gelenk beschränktes Infektgeschehen, wurde der Patient umgehend der arthroskopischen Therapie mit Débridement und Lavage im peripheren und zentralen Kompartiment sowie der Einlage von Drainagen zugeführt.

Nach diesem Algorithmus konnten zwischen 2007 und 2013 13 Patienten in unserer Klinik behandelt werden, von denen sieben arthroskopisch behandelt wurden. Eine zweite

arthroskopische Etappenrevision war bei drei Patienten mit einem Gächter-Stadium 3 erforderlich. Alle Patienten wurden additiv mit einer Antibiose behandelt.

Nach einem Follow-up von 26 Monaten zeigte keiner der Patienten eine persistierende oder rezidivierende Infektion. Alle Patienten mit einer zuvor unbeeinträchtigten Hüftfunktion zeigten bei der Nachuntersuchung sehr gute klinische Resultate.

Bei früher Diagnosestellung und rein intraartikulären Infektausdehnung bietet die arthroskopische Technik eine schonende, minimalinvasive Option zur erfolgreichen Therapie einer bakteriellen Koxitis des Erwachsenen.

2.5. Mittelfristige Ergebnisse nach arthroskopischer Korrektur eines femoroazetabulären Impingements

Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement shows persistent clinical improvement in the mid-term

Hufeland M, Krüger D, Haas NP, Perka C, **Schröder JH**

Arch Orthop Trauma Surg 2016; 136:5, 687-91

<https://doi.org/10.1007/s00402-016-2427-7>

Das Konzept des femoroazetabulären Impingements wird inzwischen allgemein als eine relevante präarthrotische Deformität anerkannt. Die chirurgische Korrektur über die chirurgische Hüftluxation stellte lange den Goldstandard der operativen Therapie dar, hierfür wurden Langzeitergebnisse mit anhaltend guten zehnjährigen Ergebnissen publiziert.

Arthroskopische Techniken stellen eine attraktive Alternative zum invasiven offenen Vorgehen dar und bieten neben einer schnelleren Rehabilitation deutlich niedrigere Komplikationsraten. Aufgrund der späten Entwicklung der Hüftarthroskopie liegen jedoch kaum mittel- bis langfristige Ergebnisse über die arthroskopische Korrektur des FAI vor.

Ziel dieser Arbeit war daher, die mittelfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse nach arthroskopischer Korrektur eines FAI zu evaluieren.

Um eine möglichst lange Nachuntersuchungszeit zu erreichen, untersuchten wir unsere ersten 50 arthroskopischen FAI-Korrekturen. Nach 5,5 Jahren zeigte diese Gruppe eine anhaltend signifikante Verbesserung in den klinischen Scores und der subjektiven Einschätzung des Hüftgelenkes. Bei fünf Patienten, die schon präoperativ ein höheres Alter und eine größere Hüftgelenksdegeneration aufwiesen, musste nach durchschnittlich 28 Monaten eine Hüftendoprothese implantiert werden. Bei den übrigen Patienten zeigte sich im Verlauf kein Progress einer möglichen Koxarthrose.

Die arthroskopische Korrektur des femoroazetabulären Impingements zeigte eine anhaltende Verbesserung der Beschwerden und der subjektiven Einschätzung des Hüftgelenkes ohne Progress der degenerativen Veränderungen in der überwiegenden Mehrheit der Patienten. Bei Vorliegen einer fortgeschrittenen Gelenkdegeneration und bei höherem Patientenalter

sollte die Indikation für eine arthroskopische Korrektur nur mit besonderer Vorsicht gestellt werden.

2.6. Erste Ergebnisse nach arthroskopischer autologer Chondrozytentransplantation bei vollschichtigen azetabulären Knorpeldefekten

Injectable autologous chondrocyte transplantation for full thickness acetabular cartilage defects: early clinical results

Schröder JH, Hufeland M, Schütz M, Haas NP, Perka C, Krüger D

Arch Orthop Trauma Surg. 2016 Oct;136(10):1445-51

<https://doi.org/10.1007/s00402-016-2510-0>

Bei einem großen Teil der Patienten mit einem symptomatischen femoroazetabulären Impingement finden sich azetabuläre Knorpeldefekte. Da sich diese Defekte auch nach der operativen Therapie der zugrundeliegenden Deformität nicht erholen (103) und sie der wichtigste prognostische Faktor bei gelenkshaltenden Eingriffen sind, ist deren optimale Behandlung von großer Bedeutung.

Da es noch keine ausreichende Datenlage über die Behandlung von Knorpeldefekten am Hüftgelenk gibt, werden aktuell die von der Behandlung des Kniegelenkes bekannten Therapieprinzipien auf das Hüftgelenk übertragen (104). Im Bereich des Kniegelenkes hat sich die ACT bei größeren Knorpeldefekten als überlegene Behandlungsmethode herausgestellt.

Die Entwicklung der injizierbaren matrixassoziierten autologen Chondrozytentransplantation bietet insbesondere für das Hüftgelenk eine neue zellbasierte minimalinvasiv applizierbare Therapieoption für größere Knorpeldefekte als Ergänzung zu den klassischen knochenmarksstimulierenden Verfahren.

Wir haben in dieser Arbeit die frühen Ergebnisse dieses innovativen Therapieverfahrens bei jungen Patienten mit einem isolierten, vollschichtigen azetabulären Knorpeldefekt größer als 2 cm² und einem mittleren Follow-up von zwölf Monaten untersucht.

Die injizierbare ACT am Hüftgelenk erwies sich als sichere, zweizeitige arthroskopische Prozedur mit signifikanter Verbesserung der klinischen Ergebnisse auch bei größeren Knorpeldefekten in dem jungen und anspruchsvollen Patientengut. Es zeigte sich eine nicht

signifikante Korrelation der operativen Ergebnisse mit der Größe des Knorpeldefektes, während das Patientenalter die Ergebnisse in dieser Kohorte nicht beeinflusste.

Die Arbeit zeigte, dass bei jungen Patienten in Abwesenheit einer Osteoarthrose (Tönnis <1) nach Korrektur der zugrundeliegenden Deformität auch größere Knorpeldefekte arthroskopisch sicher zellbasiert mit einem guten kurzfristigen Ergebnis behandelt werden können.

Um den Stellenwert der ACT in der Behandlung der azetabulären Knorpeldefekte zu untersuchen, sind weitere Untersuchungen mit einem längeren Nachuntersuchungszeitraum erforderlich.

3. Diskussion

3.1. Radiologische Methoden zur Verbesserung der Diagnostik

Aktuell ist die häufigste Indikation für eine Hüftarthroskopie das femoroazetabuläre Impingement, welches eine wesentliche präarthrotische Deformität darstellt (30,52).

In ca. 10-15% der Bevölkerung finden sich radiologisch nachweisbare Auffälligkeiten, die den morphologischen Kriterien eines femoroazetabulären Impingement entsprechen (52). Allerdings wird nicht jeder Patient aufgrund einer Cam- oder Pincer-Morphologie tatsächlich symptomatisch, wobei bis heute die Ursache dafür nicht abschließend geklärt werden konnte (49). Aufgrund der niedrigen Spezifität des radiologischen Nachweises einer entsprechenden Impingement-Morphologie, besteht großer Bedarf für die Bestätigung von dessen klinischen Relevanz.

Eine Möglichkeit hierfür sind Software-Lösungen, die nach einer 3D-Rekonstruktion der Schnittbildgebung des Patienten durch eine Computersimulation die individuelle Funktion des Gelenkes zeigen und damit die klinische Relevanz einer Deformität bestätigen (105,106). Diese Lösungen setzen eine hochqualitative Bildgebung voraus, sind zeit- und kostenaufwendig und bedürfen Spezialwissen in der Interpretation.

Da zudem unterschiedliche Fachrichtungen an der Diagnostik dieser sich meist mit Leistenschmerzen präsentierenden Patienten beteiligt sind, galt ein besonderes Interesse der Interpretation der konventionellen radiologischen Bildgebung, die schnell und kostengünstig nahezu ubiquitär verfügbar ist und generell als erste Bildmodalität empfohlen wird (107).

So lässt ein einfaches radiologisches Zeichen in der Lauensteinprojektion den beim femoroazetabulären Impingements entstehenden Hebelmechanismus zwischen Hüftkopf und Pfanne durch die Darstellung eines Vakuumphänomens direkt sichtbar werden: das Hip Vacuum Sign.

Neben der Erstbeschreibung dieses neuen radiologischen Zeichens bestimmt die Arbeit 2.1 die inter- und intraobserver Variabilität, die Prävalenz und stellt einen Zusammenhang zu

einem bisher wenig beachteten Thema im Bereich des Hüftgelenkes, der Mikroinstabilität, her.

Das Hip Vacuum Sign erwies sich als zwar in seiner Ausdehnung variables, aber einfach und reproduzierbar erkennbares radiologisches Zeichen. In dem untersuchten Kollektiv trat es zudem spezifisch beim FAI auf, und war nach einer Korrektur der Deformität in postoperativen Kontrollen folgerichtig nicht mehr nachweisbar. Mit einer Prävalenz von 15% ist es vergleichbar mit einem anderen bekannten radiologischen Zeichen beim FAI: dem Herniation Pit (Prävalenz 18%) (108).

Bemerkenswert ist, dass die Subluxation des Femurs durch den Impingement-Mechanismus (109) sich in einer statischen Position innerhalb des physiologischen Bewegungsumfanges und beim wachen Patienten zeigt. Wir interpretieren diese Tatsache als Ausdruck einer erworbenen Mikroinstabilität des Gelenkes durch den repetitiven Hebelmechanismus im Rahmen des FAI, ein bislang wenig beachtetes Feld im Bereich des bisher als so stabil geltenden Hüftgelenkes (110).

Mit dem Hip Vacuum Sign gelingt es in einer Subpopulation des FAI, mit einer einfachen konventionellen Röntgenaufnahme das Impingement direkt über den resultierenden Subluxationsmechanismus präoperativ nachzuweisen

Weitere Arbeiten müssen die zugrundeliegende spezifische Gelenkmorphologie und klinische Auswirkungen dieses radiologischen Zeichens erarbeiten.

Neben den bekannten intraartikulären existieren auch extraartikuläre Impingementformen, die isoliert oder häufiger gemeinsam mit den intraartikulären Formen vorkommen und beachtet werden müssen (111,112). Bleiben diese unbehandelt, stellen Sie einen wesentlichen Risikofaktor für persistierende Beschwerden und Revisionseingriffe dar (80-82). Eine häufige extraartikuläre Impingementform stellt das sogenannte Subspine-Impingement dar, welches durch eine Hypertrophie der Spina iliaca anterior inferior (SIAI) verursacht wird (62,73).

Die Beckenübersicht ist eine obligatorische konventionelle radiologische Diagnostik für Hüftgelenkserkrankung (39), in der eine Vielzahl von morphologischen Parametern analysiert werden können (97). Bisher fand die Morphologie der SIAI hierbei aber wenig Beachtung.

Die Arbeit 2.2 befasst sich mit der Möglichkeit in der Beckenübersicht eine Hypertrophie der SIAI zu identifizieren und vergleicht die Ergebnisse mit dem Goldstandard, der Klassifikation nach Hetsroni in der 3D-CT Rekonstruktion des Beckens (72).

Es konnte gezeigt werden, dass eine Projektion der Spina iliaca anterior inferior in der Beckenübersicht über die Hauptbelastungszone und den vorderen Pfannenrand hinaus hochgradig mit der klinisch relevanten Hetsroni II oder III Klassifikation korreliert und sollte daher den behandelnden Arzt für ein potentielles Subspine-Impingement sensibilisieren.

Eine darüber hinausgehende differenziertere Analyse der Morphologie der SIAI ist in der konventionellen Beckenübersicht nicht möglich, sodass die Computertomografie bei dem klinischen Verdacht auf ein Subspine-Impingement erforderlich bleibt.

Die Projektion der SIAI sollte standardmäßig in der Beckenübersicht evaluiert werden, um zum einen Informationen über ein mögliches Subspine-Impingement zu sammeln und zum anderen sicherzustellen, dass die Projektion der SIAI nicht irrtümlicherweise als ein zu weit überstehender vorderer Pfannenrand gedeutet wird.

Da das Subspine-Impingement ein noch junges Krankheitsbild ist, müssen weiterführende wissenschaftliche Arbeiten in den nächsten Jahren den langfristigen Stellenwert evaluieren.

Die Arbeiten 2.1 und 2.2 sollten zudem die Relevanz der Durchführung und sorgfältigen Analyse von konventionellen Röntgenbildern als erste Stufe der radiologischen Diagnostik unterstreichen. Mit diesen gelingt es kostengünstig, flächendeckend und schnell verfügbar zahlreiche wesentliche Informationen für Indikationsstellung und Therapie zu sammeln.

3.2. Die Hüftarthroskopie in der Therapie von synovialen Erkrankungen und der bakteriellen Koxitis

In der Entwicklung der Operationstechnik der Hüftarthroskopie standen am Anfang lange technisch einfachere Eingriffe wie synoviale Biopsien (113,114) bzw. Synovektomien (115,116), Entfernung freier Gelenkkörper (114,115), arthroskopische Labrum- und Knorpelglättungen oder arthroskopische Spülungen (117).

Die Arbeit 2.3 beschäftigt sich mit der seltenen, semi-malignen synovialen Erkrankung der pigmentierten villonodulären Synovialitis (pVNS). Die Hüfte ist nach dem Kniegelenk die zweithäufigste Lokalisation der pVNS. Die unspezifische Symptomatik und die Seltenheit der

Erkrankung führen oft zu Unsicherheiten in Diagnostik und Therapie, insbesondere in der Abgrenzung anderer Synovialitiden (118).

Dabei ist bei dieser Erkrankung eine frühzeitige Diagnose essentiell, da sie im Bereich des Hüftgelenkes bereits relativ früh droht, invasiv in den Knochen einzuwachsen und damit die Diagnose wesentlich zu verschlechtern (119). Noch 2011 wurde in der Literatur aufgrund der Datenlage angezweifelt, ob ein Gelenkerhalt bei dieser Erkrankung mit der hohen Rate an knöcherner Beteiligung, Gelenkdestruktion und Rezidivneigung überhaupt möglich ist (98).

Die Hüftarthroskopie bietet hier bei dem Verdacht auf eine pVNS ein wenig invasives Instrument mit hoher Präzision für eine synoviale Biopsie. Sie stellt damit einen wichtigen Baustein im Behandlungsalgorithmus dar und ermöglicht frühzeitig die tumorchirurgisch wichtige histologische Diagnose zu erreichen, um so ggf. die Resektion zu planen. Sie verhindert zudem potentiell nicht erforderliche große operative Zugänge, da sich in einer Studie von Byrd 4 der 17 Verdachtsdiagnosen durch die arthroskopische Biopsie histologisch nicht bestätigen ließe (120).

Die Arbeit spiegelt zudem die wesentlichen Veränderungen der letzten Jahre in der Diagnostik und gelenkerhaltenden Chirurgie des Hüftgelenkes wieder. Die inzwischen großzügige Durchführung von Sonografie und MRT in der Diagnostik führt zu einer früheren Detektion der synovialen Raumforderung als in der Vergangenheit. Die Hüftarthroskopie bietet im nächsten Schritt eine minimalinvasive sichere Biopsie und damit Diagnosestellung. Dabei kann bei geeigneten fokalen Läsionen nach Schnellschnittdiagnostik in gleicher Sitzung die Resektion erfolgen (121) oder insbesondere bei diffusen Fällen über die offene chirurgische Hüftluxation ohne Gefahr einer Hüftkopfnekrose eine subtotale Synovektomie erfolgen (122). Bei diffusen Fällen wird anschließend mit einer Radiosynoviorthese (RSO) versucht, die Rezidivwahrscheinlichkeit zu senken und damit die Ergebnisse weiter zu verbessern (123).

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die neuen Möglichkeiten bei früher Diagnosestellung und fehlender ossäre Beteiligung gelenkerhaltend langfristig gute Ergebnisse erzielt werden können.

Die Arbeit 2.4 beleuchtet die Anwendung der Hüftarthroskopie beim Hüftgelenksempyem. Während sich an anderen Gelenken die arthroskopische Sanierung beim akuten Gelenkinfekt im frühen Stadium bereits länger bewährt hat (124), wurden im Bereich der Hüftgelenke lange offene Techniken präferiert (125). Diese besitzen aber eine höhere Invasivität und Komplikationsrate (4), sowie eine längere Rehabilitationsdauer und sind gerade bei

Etappenrevisionen erschwert einsetzbar. Zudem weist das Hüftgelenk durch die Abdichtung des zentralen Kompartimentes durch das Labrum einen erschwerten Zugang zur knorpeltragenden Fläche auf, die bei der Arthroskopie durch die Traktion und Subluxation des Hüftkopfes überwunden und eine direkte Spülung mit großen Flüssigkeitsmengen erlaubt.

Mit der rein arthroskopischen Technik konnte in der Arbeit in allen Fällen eine Infektsanierung mit exzellenten funktionellen Ergebnissen erreicht werden.

Bei allen Vorteilen der arthroskopischen Technik ist diese jedoch nur einsetzbar, sofern es sich um ein rein intraartikuläres Geschehen ohne begleitende Osteomyelitis handelt und wenn in der Klinik für die als Notfall zu betrachteten Operation Personal mit entsprechender Hüftarthroskopischer Erfahrung zur Verfügung steht. Anderenfalls erscheint eine Kombination aus offener Arthrotomie und arthroskopisch assistierter Inspektion und Spülung des zentralen Kompartimentes unter Traktion eine gute Ersatzlösung darzustellen (126).

Die beiden Arbeiten zeigen exemplarisch, wenn auch mit kleinen Fallzahlen bei seltenen Krankheitsbildern, wie die Etablierung der Hüftarthroskopie im klinischen Alltag eine Lücke in der gelenkerhaltenden Chirurgie schließt und durch ihre diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten bei deutlich reduzierter Invasivität die Versorgungsqualität verbessert.

3.3. Die Hüftarthroskopie in der Therapie des femoroazetabulären Impingements

Der Goldstandard für die Therapie des femoroazetabulären Impingements (FAI) war für lange Zeit die chirurgische Hüftluxation, während die arthroskopische Technik zunächst äußerst skeptisch betrachtet wurde (15). Bei allen Vorteilen der arthroskopischen Technik können nämlich keine Kompromisse in der Qualität der Korrektur der Deformität akzeptiert werden.

Mit den rasanten Verbesserungen der technischen Möglichkeiten und Fähigkeiten der Operateure wurde auch eine arthroskopische Korrektur des anterolateralen femoroazetabulären Impingements in einer vergleichbaren Qualität wie bei offenen chirurgischen Eingriffen möglich (13,127,128).

Neben der messbaren Qualität der knöchernen Korrektur muss die Arthroskopie auch bei den mittel- und langfristigen klinischen Ergebnissen überzeugen und auch hier mindestens vergleichbar gute Ergebnisse wie das offene Vorgehen zeigen.

Mit dieser Aufgabe beschäftigt sich die Arbeit 2.5 und kann zeigen, dass neben einer adäquaten arthroskopischen Korrektur auch anhaltend signifikante klinische Verbesserungen ohne Progression der degenerativen Veränderungen erzielt werden können.

Die Publikation arbeitet zudem weitere wichtige Ergebnisse heraus. So haben das Alter des Patienten sowie das Ausmaß der degenerativen Veränderungen zum Zeitpunkt der Operation einen wesentlichen Einfluss auf das postoperative Ergebnis. Patienten mit einem höheren Kellgren und Lawrence Score und einem höherem Alter zeigten eine erhöhte Konversionsrate zur Hüft-TEP. Daher ist präoperativ diesbezüglich eine sorgfältige Evaluation erforderlich und bei deren Nachweis eine realistische Aufklärung der Patienten über das zu erwartende Ergebnis (129) und eine zurückhaltende Indikationsstellung notwendig. Bei fortgeschrittener Degeneration des Gelenkes bleibt die Endoprothese der Goldstandard der Therapie.

Erfolgen beim FAI Diagnosestellung und Korrektur rechtzeitig, zeichnet sich bei geeigneten Fällen die arthroskopische Korrektur im Vergleich zu offenen Eingriffen durch vergleichbar gute mittelfristige Ergebnisse bei verkürzter Rehabilitationsdauer (130) und niedrigerer Komplikationsrate aus (4).

Einschränkend muss aber bei der Interpretation der publizierten arthroskopischen Ergebnisse und Komplikationsraten berücksichtigt werden, dass die Studien größtenteils aus Zentren mit großer Erfahrung stammen und sich daher oft die lange Lernkurve dieses Eingriffes sowie anfängliche komplikationsbehaftete Schwierigkeiten mit der Lagerung und Operationstechnik nicht in den Ergebnissen widerspiegeln.

Jedoch besitzt die Hüftarthroskopie bei der Behandlung des FAI trotz aller Fortschritte Limitationen bei der Lokalisation der Deformität im posterioren und posterolateralen Gelenkbereich, bei begleitenden Deformitäten oder bei adipösen Patienten. Daher muss weiterhin eine differenzierte Auswahl des für die individuelle Deformität am besten geeigneten operativen Zugangswegs erfolgen (131). Schließlich soll nicht unerwähnt bleiben, dass bis heute bei einigen Kollegen Zweifel an dem Konzept des femoroazetabulären Impingement existieren (132).

Es besteht aktuell Evidenz dafür, dass die Hüftarthroskopie bei intraartikulären Pathologien eine signifikante Reduktion der Beschwerden und Verbesserung der Gelenkfunktion erreicht

(133). Mit der Korrektur der Deformität ist die Hoffnung verbunden, den verfrühten degenerativen Prozess des Gelenkes zu verlangsamen oder sogar aufzuhalten. Dies ist bei der heutigen demographischen Entwicklung und einem wachsenden Anspruch an die körperliche Aktivität bis ins hohe Alter von besonderem Interesse. (134)

3.4. Erweiterte arthroskopische Therapiemöglichkeiten am Hüftgelenk

Aufgrund des nachgewiesenen negativen Einflusses von Knorpelschäden auf das postoperative Ergebnis ist deren optimale Therapie von großem Interesse für das Streben nach bestmöglichen Langzeitergebnissen.

Da zum aktuellen Zeitpunkt noch eine unzureichende Datenlage für die verschiedenen möglichen Knorpeltherapien am Hüftgelenk vorliegt, werden zunächst die Ergebnisse anderer Gelenke, insbesondere vom Kniegelenk, auf das Hüftgelenk übertragen. Hier hat sich für größere Knorpelschäden die zellbasierte Therapie der matrixassoziierten autologen Chondrozytentransplantation (MACT) histologisch und klinisch als Goldstandard etabliert (135-137).

Begünstigt wird die Anwendung der ACT auch unter den anatomisch schwierigen Begebenheiten des Hüftgelenkes durch die Entwicklung von injizierbaren Präparaten. Hiermit gelingt es technisch wesentlich einfacher und zuverlässiger (96,138) auch arthroskopisch die typischerweise azetabulären Knorpelschäden beim Cam-FAI mittels MACT zu behandeln.

Nach ersten Versuchen in unserer Anatomie und Etablierung einer entsprechenden Operationstechnik (96) haben wir als eines der ersten Zentren begonnen, bei im Rahmen der Korrektur eines FAI gesicherten großen vollschichtigen isolierten azetabulären Knorpelschäden bei jungen Patienten diese zweizeitig minimalinvasiv arthroskopisch mittels injizierbarer matrixassoziiertes ACT zu behandeln.

Die Arbeit 2.6 dokumentiert erste Ergebnisse dieser komplett erfassten Serie mit engmaschiger klinischer Nachuntersuchung.

Nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von zwölf Monaten zeigte sich bei den Patienten trotz großer Knorpeldefekte ein signifikanter Anstieg in allen klinischen Scores ohne spezifische operative Komplikationen im Rahmen der Knorpeltherapie.

Die injizierte MACT stellt damit auch am Hüftgelenk eine zuverlässige und sichere Möglichkeit der zellbasierten Knorpeltherapie bei großen vollschichtigen azetabulären Knorpeldefekten mit vielversprechenden frühen Ergebnissen dar.

Limitierend für die Arbeit ist zum einen die noch kurze Nachuntersuchungszeit, hier muss die längerfristige Nachuntersuchung klinisch und radiologisch erfolgen. Zudem ist aufgrund der verschiedenen intraoperativen Maßnahmen mit Korrektur der Deformität und Therapie der Knorpelläsion der gemessene klinische Erfolg nicht alleine auf die Knorpeltherapie zurückzuführen. Außerdem fehlen Arbeiten mit einer Kontrollgruppe, einer größeren Anzahl von Patienten und Langzeitdaten, um eine wirklich valide Aussage treffen zu können.

Auch wenn es im Bereich der Knorpeltherapie noch kein therapeutisches Verfahren gibt, das ein Regenerat mit der Haltbarkeit und den biomechanischen Eigenschaften des nativen Knorpels in der Hauptbelastungszone wiederherstellen kann, weckt diese Technik Hoffnungen, minimalinvasiv eine biologische Rekonstruktion der Gelenkfläche zu erreichen und damit auch bei größeren Knorpelschäden der oft noch sehr jungen Patienten die Degeneration des Gelenkes aufzuhalten und damit den endoprothetischen Ersatz abzuwenden oder zumindest deutlich hinauszuzögern (117).

Inzwischen empfiehlt auch die Arbeitsgemeinschaft für Geweberegeneration der DGOU, isolierte Knorpelschäden am Hüftgelenk ab einer Größe von 1,5-2 cm² mittels MACT zu behandeln (104).

3.5. Probleme und Limitationen der Hüftarthroskopie

Bei allen Möglichkeiten und Vorteilen der arthroskopischen Technik dürfen die Schwierigkeiten dieser Technik und deren Limitationen nicht unerwähnt bleiben.

Aufgrund der Anatomie des Gelenkes, des umgebenden starken Weichteilmantels und der Nähe zu neurovaskulären Strukturen ist der Eingriff technisch und materiell aufwendig und weist eine signifikante Lernkurve auf (13,139,140).

Insbesondere die Inspektion und Therapie der Gelenkflächen birgt aufgrund der erforderlichen Traktion zur Subluxation des Gelenkes spezifische Komplikationen, die einen Großteil der Komplikationen ausmachen (141-144). Daher setzt diese Technik bei der Lagerung und Durchführung der Operation des Patienten eine große Sorgfalt und Aufmerksamkeit des Operateurs voraus. Die publizierten niedrigen Komplikationsraten der Technik basieren dabei in der Regel auf erfahrene Operateure nach Abschluss der Lernkurve und sind daher auf den wenig erfahreneren Operateur nur bedingt übertragbar (134,145,146). Trotz aller Fortschritte in der Operationstechnik und den Instrumentarien bestehen weiter technische Limitationen, da einzelne Gelenkabschnitte oder extraartikuläre Pathologien nicht ausreichend visualisiert und erreicht werden können, oder erforderliche operative Maßnahmen wie Osteotomien arthroskopisch nicht umsetzbar sind. Dies setzt präoperativ eine akribische Indikationsstellung und sorgfältige Planung des Eingriffes unter Beachtung dieser Limitationen voraus. Für den Patienten stellt das arthroskopische Vorgehen nur dann einen Vorteil dar, wenn es dem herkömmlichen offenen Verfahren in Bezug auf Morbidität und Endergebnis überlegen ist (147).

Schließlich dürfen trotz der niedrigen Morbidität und Komplikationsrate bei geübten Operateuren die Möglichkeiten bei fortgeschrittener Degeneration des Gelenkes nicht überschätzt und die postoperative Rehabilitationsdauer für den Patienten nicht unterschätzt werden. Daher muss die Indikation hier besonders kritisch geprüft werden (46,91,148,149).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Habilitationsschrift spiegelt die erfolgreiche Etablierung der Hüftarthroskopie im klinischen Alltag wider.

Das Interesse an dieser minimalinvasiven Operationstechnik ist wesentlich mit der Beschreibung des Krankheitsbildes des femoroazetabulären Impingements gekoppelt. Mit dieser neuen Diagnose hat sich eine relativ häufige Indikation für die Hüftarthroskopie ergeben.

Für die erfolgreiche Etablierung eines neuen operativen Verfahrens ist neben einer akribischen Operationstechnik die sorgfältige Indikationsstellung für den Eingriff mit der korrekten und vollständigen Identifikation der ursächlichen Pathologie für die Beschwerden des Patienten notwendig. Dieses Bestreben wird in den ersten beiden Arbeiten thematisiert. In der frühen Phase der Hüftarthroskopie dominierten einfache operative Eingriffe wie Synoviabiopsien oder arthroskopische Spülungen. Die Arthroskopie ermöglicht hier minimalinvasiv mit niedriger Morbidität eine fragliche Pathologie direkt zu inspizieren, zu bioptieren und damit die Diagnose für ein weiteres operatives Vorgehen zu sichern oder direkt zu behandeln (Arbeit 2.3 und 2.4).

Damit sich die Hüftarthroskopie in der Therapie einer Indikation durchsetzt, muss sie gegenüber dem herkömmlichen offenen Verfahren mindestens gleich gute Ergebnisse bei einer Überlegenheit in Bezug auf die Morbidität aufweisen. Die Arbeit 2.5 bestätigt dieses für die wichtigste Indikation, dem FAI, und bereitet damit den Weg für eine verstärkte Anwendung der arthroskopischen Technik zur Behandlung dieses Krankheitsbildes.

Die letzte Arbeit 2.6 befasst sich schließlich mit der innovativen zellbasierten Behandlung der sekundären Knorpelschäden als wichtigsten Outcomeparameter, um so die Ergebnisse in der Behandlung des FAI weiter zu optimieren.

Bei allen Möglichkeiten und Vorteilen der Hüftarthroskopie müssen die in Kapitel 3.5 beschriebenen Schwierigkeiten und Limitationen der Technik beachtet werden und eine akribische präoperative Indikationsstellung und sorgfältige Planung des Eingriffes durchgeführt werden.

Es ist zu erwarten, dass das Wissen um Erkrankungen und gelenkerhaltende Therapiemöglichkeiten im Bereich der Hüfte in den nächsten Jahren deutlich zunimmt und sich die Hüftarthroskopie für immer mehr Indikationen zur wertvollen Alternative entwickelt. Perspektivisch werden sich neben der Erweiterung und Optimierung der intraartikulären Therapiemöglichkeiten immer mehr extraartikuläre Indikationen im peritrochantären und subglutealen Raum ergeben.

Mit dem zunehmenden Verständnis und Bewusstsein für die Erkrankungen des Hüftgelenkes ist die Hoffnung verbunden, durch ein frühzeitiges Erkennen und minimalinvasives Adressieren der Pathologien Folgeschäden zu reduzieren oder sogar abzuwenden und so die langfristigen Ergebnisse zu optimieren.

5. Literaturverzeichnis

1. Rühmann O, Börner C, Bohnsack M, Wirth CJ. Arthroscopy of the hip. *Orthopade* 2003, Aug;32(8):754-68.
2. Harris JD, McCormick FM, Abrams GD, Gupta AK, Ellis TJ, Bach BR, et al. Complications and reoperations during and after hip arthroscopy: A systematic review of 92 studies and more than 6,000 patients. *Arthroscopy* 2013, Mar;29(3):589-95.
3. Kowalczyk M, Bhandari M, Farrokhyar F, Wong I, Chahal M, Neely S, et al. Complications following hip arthroscopy: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013, Jul;21(7):1669-75.
4. Matsuda DK, Carlisle JC, Arthurs SC, Wierks CH, Philippon MJ. Comparative systematic review of the open dislocation, mini-open, and arthroscopic surgeries for femoroacetabular impingement. *Arthroscopy* 2011, Feb;27(2):252-69.
5. Burman MS. Arthroscopy or the direct visualization of joints: An experimental cadaver study. *Clin Orthop Relat Res* 1931, Sep;13(390):5-9.
6. Eriksson E, Arvidsson I, Arvidsson H. Diagnostic and operative arthroscopy of the hip. *Orthopedics* 1986, Feb;9(2):169-76.
7. Glick JM, Sampson TG, Gordon RB, Behr JT, Schmidt E. Hip arthroscopy by the lateral approach. *Arthroscopy* 1987, Jan;3(1):4-12.
8. Byrd JWT. *Operative hip arthroscopy*. Stuttgart-New York: Thieme; 1998.
9. Villar RN. *Hip arthroscopy*. Oxford; Boston: Butterworth-Heinemann; 1992.
10. Dorfmann H, Boyer T. Arthroscopy of the hip: 12 years of experience. *Arthroscopy* 1999;15(1):67-72.
11. Dienst M, Gödde S, Seil R, Hammer D, Kohn D. Hip arthroscopy without traction: In vivo anatomy of the peripheral hip joint cavity. *Arthroscopy* 2001;17(9):924-31.
12. Dienst M. *Hüftarthroskopie: Diagnostik, Technik, Indikationen*. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2013.
13. Büchler L, Neumann M, Schwab JM, Iselin L, Tannast M, Beck M. Arthroscopic versus open cam resection in the treatment of femoroacetabular impingement. *Arthroscopy* 2013, Apr;29(4):653-60.

14. Schueller G, Czerny C. Korrelation der Bildgebung mit der Arthroskopie des Hüftgelenks. *Arthroskopie* 2011, May;24(2):120-9.
15. McCarthy JC, Lee JA. The role of hip arthroscopy: Useful adjunct or devil's tool? *Orthopedics* 2002, Sep;25(9):947-8.
16. Murphy LB, Helmick CG, Schwartz TA, Renner JB, Tudor G, Koch GG, et al. One in four people may develop symptomatic hip osteoarthritis in his or her lifetime. *Osteoarthritis Cartilage* 2010, Nov;18(11):1372-9.
17. Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *Br J Radiol* 1965, Nov;38(455):810-24.
18. Harris WH. Etiology of osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 1986, Dec(213):20-33.
19. Bleß H, Kip M. Weißbuch Gelenkersatz. Versorgungssituation bei endoprothetischer Hüft- und Knieoperationen in Deutschland 2017: Available from: <https://www.bvmed.de/download/weissbuch-gelenkersatz-2016-final>. Accessed 6 February 2018.
20. Crock HV. An atlas of vascular anatomy of the skeleton and spinal cord. London: M. Dunitz; 1996.
21. Gautier E, Ganz K, Krügel N, Gill T, Ganz R. Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br* 2000, Jul;82(5):679-83.
22. Ganz R, Gill TJ, Gautier E, Ganz K, Krügel N, Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br* 2001, Nov;83(8):1119-24.
23. Agricola R, Heijboer MP, Bierma-Zeinstra SM, Verhaar JA, Weinans H, Waarsing JH. Cam impingement causes osteoarthritis of the hip: A nationwide prospective cohort study (CHECK). *Ann Rheum Dis* 2013, Jun;72(6):918-23.
24. Agricola R, Heijboer MP, Roze RH, Reijman M, Bierma-Zeinstra SM, Verhaar JA, et al. Pincer deformity does not lead to osteoarthritis of the hip whereas acetabular dysplasia does: Acetabular coverage and development of osteoarthritis in a nationwide prospective cohort study (CHECK). *Osteoarthritis Cartilage* 2013, Oct;21(10):1514-21.
25. Papalia R, Del Buono A, Franceschi F, Marinozzi A, Maffulli N, Denaro V. Femoroacetabular impingement syndrome management: Arthroscopy or open surgery? *Int Orthop* 2012, May;36(5):903-14.

26. Nepple JJ, Brophy RH, Matava MJ, Wright RW, Clohisy JC. Radiographic findings of femoroacetabular impingement in national football league combine athletes undergoing radiographs for previous hip or groin pain. *Arthroscopy* 2012, Oct;28(10):1396-403.
27. Bedi A, Kelly BT. Femoroacetabular impingement. *J Bone Joint Surg Am* 2013, Jan 2;95(1):82-92.
28. Plante M, Wallace R, Busconi BD. Clinical diagnosis of hip pain. *Clin Sports Med* 2011, Apr;30(2):225-38.
29. Jaber FM, Parvizi J. Hip pain in young adults: Femoroacetabular impingement. *J Arthroplasty* 2007, Oct;22(7 Suppl 3):37-42.
30. Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: A cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 2003, Dec(417):112-20.
31. Leunig M, Ganz R. Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis. *Unfallchirurg* 2005, Jan;108(1):9-10, 12-7.
32. Murphy NJ, Eyles JP, Hunter DJ. Hip osteoarthritis: Etiopathogenesis and implications for management. *Adv Ther* 2016, Nov;33(11):1921-46.
33. Reis AC, Rabelo ND, Pereira RP, Polesello G, Martin RL, Garcia Lucareli PR, Fukuda TY. Radiological examination of the hip - clinical indications, methods, and interpretation: A clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther* 2014, Apr;9(2):256-67.
34. Reiman MP, Mather RC, Cook CE. Physical examination tests for hip dysfunction and injury. *Br J Sports Med* 2015, Mar;49(6):357-61.
35. Sutter R, Pfirrmann CW. Atypical hip impingement. *AJR Am J Roentgenol* 2013, Sep;201(3):W437-42.
36. Ratzlaff C, Simatovic J, Wong H, Li L, Ezzat A, Langford D, et al. Reliability of hip examination tests for femoroacetabular impingement. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2013, Oct;65(10):1690-6.
37. Krueger DR, Windler M, Geßlein M, Schuetz M, Perka C, Schroeder JH. Is the evaluation of the anterior inferior iliac spine (AIIS) in the AP pelvis possible? Analysis of conventional x-rays and 3D-CT reconstructions. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017, Apr 21;137(7):975-80.

38. Schröder JH, Marschalek N, Hufeland M, Perka C. The 'hip vacuum sign'-a new radiographic phenomenon in femoro-acetabular impingement. *J Hip Preserv Surg* 2016, Jun 29;3(4):346-51.
39. Schröder J. Diagnostische infiltration. In: AGA Themenheft Diagnostik des Hüftgelenkes; 2017. p. 34-7
40. Muschaweck U, Gollwitzer H, Conze J. Sportsmen's groin. Definition, differential diagnostics and therapy. *Orthopade* 2015, Feb;44(2):173-87.
41. Byrd JW. Femoroacetabular impingement in athletes: Current concepts. *Am J Sports Med* 2014, Mar;42(3):737-51.
42. Suarez JC, Ely EE, Mutnal AB, Figueroa NM, Klika AK, Patel PD, Barsoum WK. Comprehensive approach to the evaluation of groin pain. *J Am Acad Orthop Surg* 2013, Sep;21(9):558-70.
43. Hufeland M, Gesslein M, Perka C, Schröder JH. Long-term outcome of pigmented villonodular synovitis of the hip after joint preserving therapy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017, Dec 27;138(4):471-7.
44. Schröder JH, Krüger D, Perka C, Hufeland M. Arthroscopic treatment for primary septic arthritis of the hip in adults. *Adv Orthop* 2016;2016:1-7.
45. Schroeder JH, Hufeland M, Schütz M, Haas NP, Perka C, Krueger DR. Injectable autologous chondrocyte transplantation for full thickness acetabular cartilage defects: Early clinical results. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016, Jul 11;136(10):1445-51.
46. Hufeland M, Krüger D, Haas NP, Perka C, Schröder JH. Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement shows persistent clinical improvement in the mid-term. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016, May;136(5):687-91.
47. Jung KA, Restrepo C, Hellman M, AbdelSalam H, Morrison W, Parvizi J. The prevalence of cam-type femoroacetabular deformity in asymptomatic adults. *J Bone Joint Surg Br* 2011, Oct;93(10):1303-7.
48. Leunig M, Jüni P, Werlen S, Limacher A, Nüesch E, Pfirrmann CW, et al. Prevalence of cam and pincer-type deformities on hip MRI in an asymptomatic young swiss female population: A cross-sectional study. *Osteoarthritis Cartilage* 2013, Apr;21(4):544-50.
49. Griffin DR, Dickenson EJ, O'Donnell J, Agricola R, Awan T, Beck M, et al. The warwick agreement on femoroacetabular impingement syndrome (FAI syndrome): An international consensus statement. *Br J Sports Med* 2016, Oct;50(19):1169-76.

50. Clohisy JC, Knaus ER, Hunt DM, Lesher JM, Harris-Hayes M, Prather H. Clinical presentation of patients with symptomatic anterior hip impingement. *Clin Orthop Relat Res* 2009, Mar;467(3):638-44.
51. Byrd JWT. *Operative hip arthroscopy*, 2nd ed. New York: Springer; 2005.
52. Leunig M, Beck M, Dora C, Ganz R. Femoroacetabular impingement: Trigger for the development of coxarthrosis. *Orthopade* 2006, Jan;35(1):77-84.
53. Panzer S, Augat P, Esch U. CT assessment of herniation pits: Prevalence, characteristics, and potential association with morphological predictors of femoroacetabular impingement. *Eur Radiol* 2008, Sep;18(9):1869-75.
54. Guo Z, Xu L, Su YB, Cheng XG. Correlation between the prevalence of herniation pits and the α angle of the hip: Computed tomography evaluation in healthy chinese adults. *BMC Musculoskelet Disord* 2013, Oct 9;14:288.
55. Leunig M, Beck M, Kalhor M, Kim YJ, Werlen S, Ganz R. Fibrocystic changes at anterosuperior femoral neck: Prevalence in hips with femoroacetabular impingement. *Radiology* 2005, Jul;236(1):237-46.
56. Stafford GH, Villar RN. Ischiofemoral impingement. *J Bone Joint Surg Br* 2011, Oct;93(10):1300-2.
57. Domb BG, Shindle MK, McArthur B, Voos JE, Magennis EM, Kelly BT. Iliopsoas impingement: A newly identified cause of labral pathology in the hip. *HSS J* 2011, Jul;7(2):145-50.
58. Marin-Peña Ó, Sierra-Madrid P, Lax-Pérez R, Ferrero-Manzanal F. Extrarticular hip impingement. *Hip Int* 2016, May 14;26 Suppl 1:14-6.
59. Bardakos NV. Hip impingement: Beyond femoroacetabular. *J Hip Preserv Surg* 2015, Oct;2(3):206-23.
60. de Sa D, Alradwan H, Cagnelli S, Thawer Z, Simunovic N, Cadet E, et al. Extra-Articular hip impingement: A systematic review examining operative treatment of psoas, subspine, ischiofemoral, and greater trochanteric/pelvic impingement. *Arthroscopy* 2014, May 1;30(8):1026-41.
61. Blankenbaker DG, Tuite MJ. Non-femoroacetabular impingement. *Semin Musculoskelet Radiol* 2013, Jul;17(3):279-85.

62. Hufeland M, Hartwig T, Krüger D, Perka C, Haas NP, Schröder JH. Arthroscopic correction of extra-articular subspinal impingement in the hip joint. *Orthopade* 2013, Oct;42(10):879-83.
63. Irving MH. Exostosis formation after traumatic avulsion of the anterior inferior iliac spine. Report of two cases. *J Bone Joint Surg Br* 1964, Nov;46:720-2.
64. Locks R, Utsunomiya H, Bolia I, Mannava S, Chahla J, Philippon MJ. Arthroscopic focal subspinal decompression and management of pincer-type femoroacetabular impingement. *Arthrosc Tech* 2017, Aug;6(4):e1029-34.
65. Pan H, Kawanabe K, Akiyama H, Goto K, Onishi E, Nakamura T. Operative treatment of hip impingement caused by hypertrophy of the anterior inferior iliac spine. *J Bone Joint Surg Br* 2008, May;90(5):677-9.
66. Rajasekhar C, Sampath Kumar K, Bhamra S. Avulsion fractures of the anterior inferior iliac spine: The case for surgical intervention. *Int Orthop* 2001, Feb 16;24(6):364-5.
67. Schuett DJ, Bomar JD, Pennock AT. Pelvic apophyseal avulsion fractures: A retrospective review of 228 cases. *J Pediatr Orthop* 2014, Oct 15;35(6):617-23.
68. Frank JB, Jarit GJ, Bravman JT, Rosen JE. Lower extremity injuries in the skeletally immature athlete. *J Am Acad Orthop Surg* 2007, Jun;15(6):356-66.
69. Heyworth BE, Voos JE, Metzl JD. Hip injuries in the adolescent athlete. *Pediatr Ann* 2007, Nov;36(11):713-8.
70. Nawabi DH, Degen RM, Fields KG, Wentzel CS, Adeoye O, Kelly BT. Anterior inferior iliac spine morphology and outcomes of hip arthroscopy in soccer athletes: A comparison to nonkicking athletes. *Arthroscopy* 2017, Apr;33(4):758-65.
71. Hapa O, Bedi A, Gursan O, Akar MS, Güvencer M, Havitçioğlu H, Larson CM. Anatomic footprint of the direct head of the rectus femoris origin: Cadaveric study and clinical series of hips after arthroscopic anterior inferior iliac spine/subspine decompression. *Arthroscopy* 2013, Dec;29(12):1932-40.
72. Hetsroni I, Poultsides L, Bedi A, Larson CM, Kelly BT. Anterior inferior iliac spine morphology correlates with hip range of motion: A classification system and dynamic model. *Clin Orthop Relat Res* 2013, Aug;471(8):2497-503.
73. Krüger D, Schütz M, Perka C, Schröder J. Radiologic presentation in subspine impingement and correlation with intraarticular impingement in the hip. *Z Orthop Unfall* 2017, Apr 19;155(4):409-16.

74. Amar E, Warschawski Y, Sharfman ZT, Martin HD, Safran MR, Rath E. Pathological findings in patients with low anterior inferior iliac spine impingement. *Surg Radiol Anat* 2015, Nov 30;38(5):569-75.
75. Hellman MD, Haughom BD, Brown NM, Fillingham YA, Philippon MJ, Nho SJ. Femoroacetabular impingement and pelvic incidence: Radiographic comparison to an asymptomatic control. *Arthroscopy* 2017, Mar;33(3):545-50.
76. Harris JD. Editorial commentary: The hip bone's connected to the spine bone-but correlation does not equal causation. *Arthroscopy* 2016, Nov;32(11):2249-50.
77. Stephens A, Munir S, Shah S, Walter WL. The kinematic relationship between sitting and standing posture and pelvic inclination and its significance to cup positioning in total hip arthroplasty. *Int Orthop* 2015, Mar;39(3):383-8.
78. Siebenrock KA, Steppacher SD, Haefeli PC, Schwab JM, Tannast M. Valgus hip with high antetorsion causes pain through posterior extraarticular FAI. *Clin Orthop Relat Res* 2013, Dec;471(12):3774-80.
79. Carton P, Filan D. Anterior inferior iliac spine (AIIS) and subspine hip impingement. *Muscles Ligaments Tendons J* 2016;6(3):324-36.
80. Larson CM, Giveans MR, Samuelson KM, Stone RM, Bedi A. Arthroscopic hip revision surgery for residual femoroacetabular impingement (FAI): Surgical outcomes compared with a matched cohort after primary arthroscopic FAI correction. *Am J Sports Med* 2014, May 29;42(8):1785-90.
81. Ricciardi BF, Fields K, Kelly BT, Ranawat AS, Coleman SH, Sink EL. Causes and risk factors for revision hip preservation surgery. *Am J Sports Med* 2014, Nov;42(11):2627-33.
82. Cvetanovich GL, Harris JD, Erickson BJ, Bach BR, Bush-Joseph CA, Nho SJ. Revision hip arthroscopy: A systematic review of diagnoses, operative findings, and outcomes. *Arthroscopy* 2015, Feb 19;31(7):1382-90.
83. BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit). Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2013: Deutscher Bundestag, Unterrichtung durch die Bundesregierung. Drucksache 18/5565, 13.07.2015. Available from: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/055/1805565.pdf>. Accessed 4 March 2016.

84. Skendzel JG, Philippon MJ, Briggs KK, Goljan P. The effect of joint space on midterm outcomes after arthroscopic hip surgery for femoroacetabular impingement. *Am J Sports Med* 2014, Mar 7;42(5):1127-33.
85. Hanke MS, Steppacher SD, Anwander H, Werlen S, Siebenrock KA, Tannast M. What MRI findings predict failure 10 years after surgery for femoroacetabular impingement? *Clin Orthop Relat Res* 2016, Aug 31;475(4):1192-207.
86. Steppacher SD, Huemmer C, Schwab JM, Tannast M, Siebenrock KA. Surgical hip dislocation for treatment of femoroacetabular impingement: Factors predicting 5-year survivorship. *Clin Orthop Relat Res* 2014, Jan;472(1):337-48.
87. Philippon MJ, Briggs KK, Carlisle JC, Patterson DC. Joint space predicts THA after hip arthroscopy in patients 50 years and older. *Clin Orthop Relat Res* 2013, Aug;471(8):2492-6.
88. Kahlenberg CA, Nwachukwu BU, Schairer WW, McCormick F, Ranawat AS. Patient satisfaction reporting for the treatment of femoroacetabular impingement. *Arthroscopy* 2016, Aug;32(8):1693-9.
89. Kim YJ. Nonarthroplasty hip surgery for early osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2008, Aug;34(3):803-14.
90. Ng VY, Arora N, Best TM, Pan X, Ellis TJ. Efficacy of surgery for femoroacetabular impingement: A systematic review. *Am J Sports Med* 2010, Nov;38(11):2337-45.
91. Viswanath A, Khanduja V. Can hip arthroscopy in the presence of arthritis delay the need for hip arthroplasty? *J Hip Preserv Surg* 2017, Jan;4(1):3-8.
92. McCormick F, Nwachukwu BU, Alpaugh K, Martin SD. Predictors of hip arthroscopy outcomes for labral tears at minimum 2-year follow-up: The influence of age and arthritis. *Arthroscopy* 2012, Oct;28(10):1359-64.
93. Domb BG, Gui C, Lodhia P. How much arthritis is too much for hip arthroscopy: A systematic review. *Arthroscopy* 2014, Dec 25;31(3):520-9.
94. Perka C, Schultz O, Sittlinger M, Zippel H. Chondrocyte transplantation in PGLA/polydioxanone fleece. *Orthopade* 2000, Feb;29(2):112-9.
95. Behrens P, Bosch U, Bruns J, Erggelet C, Esenwein SA, Gaissmaier C, et al. Indications and implementation of recommendations of the working group "tissue regeneration and tissue substitutes" for autologous chondrocyte transplantation (ACT). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2004;142(5):529-39.

96. Krueger DR, Karczewski D, Ballhausen M, Geßlein M, Schuetz M, Perka C, Schroeder JH. Is a minimal invasive autologous chondrocyte implantation(ACI) in the hip possible? A feasibility and safety study of arthroscopic treatment of full thickness acetabular cartilage defects with an injectable ACI. *Scientific Pages Orthop Surg* 2017;1(1):1-6.
97. Clohisy JC, Carlisle JC, Beaulé PE, Kim YJ, Trousdale RT, Sierra RJ, et al. A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip. *J Bone Joint Surg Am* 2008, Nov;90 Suppl 4:47-66.
98. Mankin H, Trahan C, Hornicek F. Pigmented villonodular synovitis of joints. *J Surg Oncol* 2011, Apr;103(5):386-9.
99. Kohler G, Majewski M, Hasler C. Behandlung des kindlichen eitrigen Hüftgelenkinfektes durch arthroskopische Spülungen. *Arthroskopie* 2002;15(2):83-7.
100. El-Sayed AM. Treatment of early septic arthritis of the hip in children: Comparison of results of open arthrotomy versus arthroscopic drainage. *J Child Orthop* 2008, Jun;2(3):229-37.
101. Fernandez FF, Langendörfer M, Wirth T, Eberhardt O. Arthroscopic therapy of septic hip infections in childhood. *Oper Orthop Traumatol* 2015, Jun;27(3):262-9.
102. Jayakumar P, Ramachandran M, Youm T, Achan P. Arthroscopy of the hip for paediatric and adolescent disorders: Current concepts. *J Bone Joint Surg Br* 2012, Mar;94(3):290-6.
103. Suzuki C, Harada Y, Mitsuhashi S, Yamashita K, Watanabe H, Tsuchiya A, Moriya H. Repair of cartilage defects and torn acetabular labrum in hip joints after conventional osteotomy: Evaluation by follow-up arthroscopy. *J Orthop Sci* 2005;10(2):127-32.
104. Fickert S, Aurich M, Albrecht D, Angele P, Büchler L, Dienst M, et al. Biologic reconstruction of full sized cartilage defects of the hip: A guideline from the DGOU group "clinical tissue regeneration" and the hip committee of the AGA. *Z Orthop Unfall* 2017, Sep 15;155(6):670-82.
105. Fernquest S, Arnold C, Palmer A, Broomfield J, Denton J, Taylor A, Glyn-Jones S. Osseous impingement occurs early in flexion in cam-type femoroacetabular impingement: A 4D CT model. *Bone Joint J* 2017, Apr;99-B(4 Supple B):41-8.
106. Röling MA, Visser MI, Oei EH, Pilot P, Kleinrensink GJ, Bloem RM. A quantitative non-invasive assessment of femoroacetabular impingement with ct-based dynamic simulation - cadaveric validation study. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;16:50.

107. Sakellariou G, Conaghan PG, Zhang W, Bijlsma JW, Boyesen P, D'Agostino MA, et al. EULAR recommendations for the use of imaging in the clinical management of peripheral joint osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2017, Apr 7;76(9):1484-94.
108. Leunig M, Mast NH, Impellizzeri FM, Ganz R, Panaro C. Arthroscopic appearance and treatment of impingement cysts at femoral head-neck junction. *Arthroscopy* 2012, Jan;28(1):66-73.
109. Wassilew GI, Janz V, Heller MO, Tohtz S, Rogalla P, Hein P, Perka C. Real time visualization of femoroacetabular impingement and subluxation using 320-slice computed tomography. *J Orthop Res* 2013, Feb;31(2):275-81.
110. Kalisvaart MM, Safran MR. Microinstability of the hip - it does exist etiology, diagnosis and treatment. *J Hip Preserv Surg* 2015, Apr 20;2(2):123-35.
111. Tibor LM, Liebert G, Sutter R, Impellizzeri FM, Leunig M. Two or more impingement and/or instability deformities are often present in patients with hip pain. *Clin Orthop Relat Res* 2013, Dec;471(12):3762-73.
112. Hammoud S, Bedi A, Voos JE, Mauro CS, Kelly BT. The recognition and evaluation of patterns of compensatory injury in patients with mechanical hip pain. *Sports Health* 2014, Mar;6(2):108-18.
113. Berger I, Morawietz L, Jakobs M, Krenn V. Value of histological work-up for synovial diseases. *Orthopade* 2009, Jun;38(6):484-90.
114. Krebs VE. The role of hip arthroscopy in the treatment of synovial disorders and loose bodies. *Clin Orthop Relat Res* 2003, Jan(406):48-59.
115. Gödde S, Kusma M, Dienst M. Synovial disorders and loose bodies in the hip joint. Arthroscopic diagnostics and treatment. *Orthopade* 2006, Jan;35(1):67-76.
116. Carl HD, Schraml A, Swoboda B, Hohenberger G. Synovectomy of the hip in patients with juvenile rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 2007, Sep;89(9):1986-92.
117. Dienst M, Kohn D. Fortschritte bei der Hüftarthroskopie. *Orthopade* ;35(1):7.
118. Patel AM, Brown AG, Galambos C, Hirsch R. Pediatric pigmented villonodular synovitis mimicking a septic hip. *JCR: Journal of Clinical Rheumatology* 2010, Mar;16(2):71-3.
119. Levy DM, Haughom BD, Nho SJ, Gitelis S. Pigmented villonodular synovitis of the hip: A systematic review. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2016, Jan;45(1):23-8.

120. Byrd JW, Jones KS, Maiers GP. Two to 10 years' follow-up of arthroscopic management of pigmented villonodular synovitis in the hip: A case series. *Arthroscopy* 2013, Nov;29(11):1783-7.
121. Lee S, Haro MS, Riff A, Bush-Joseph CA, Nho SJ. Arthroscopic technique for the treatment of pigmented villonodular synovitis of the hip. *Arthrosc Tech* 2015, Feb;4(1):e41-6.
122. Schoeniger R, Naudie DD, Siebenrock KA, Trousdale RT, Ganz R. Modified complete synovectomy prevents recurrence in synovial chondromatosis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 2006, Oct;451:195-200.
123. Bruns J, Ewerbeck V, Dominkus M, Windhager R, Hassenpflug J, Windhagen H, et al. Pigmented villo-nodular synovitis and giant-cell tumor of tendon sheaths: A binational retrospective study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013, Aug;133(8):1047-53.
124. Jerosch J. Acute joint infection - diagnostic and treatment. *Orthopade* 2004, Nov;33(11):1309-20.
125. Gaulke R, Krettek C. Die septische Koxitis des Erwachsenen. *Unfallchirurg* 2012, Nov;115(11):977-81.
126. Kamiński A, Muhr G, Kutscha-Lissberg F. Modified open arthroscopy in the treatment of septic arthritis of the hip. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007;9(6):599-603.
127. Sussmann PS, Ranawat AS, Lipman J, Lorich DG, Padgett DE, Kelly BT. Arthroscopic versus open osteoplasty of the head-neck junction: A cadaveric investigation. *Arthroscopy* 2007, Dec;23(12):1257-64.
128. Zumstein M, Hahn F, Sukthankar A, Sussmann PS, Dora C. How accurately can the acetabular rim be trimmed in hip arthroscopy for pincer-type femoral acetabular impingement: A cadaveric investigation. *Arthroscopy* 2009, Feb;25(2):164-8.
129. Mannion AF, Impellizzeri FM, Naal FD, Leunig M. Fulfilment of patient-rated expectations predicts the outcome of surgery for femoroacetabular impingement. *Osteoarthritis Cartilage* 2013, Jan;21(1):44-50.
130. Schröder JH, Bizzini M, Fickert S, Hölmich P, Krüger J, Kopf S. „Return to sports“ nach femoroacetabulärer Impingement-Operation. *Arthroskopie* 2016, Jan 26;29(1):22-31.
131. Wettstein M, Dienst M. Hip arthroscopy for femoroacetabular impingement. *Orthopade* 2006, Jan;35(1):85-93.
132. Bernstein J. The myths of femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res* 2014, Dec;472(12):3623-8.

133. Kemp JL, Collins NJ, Makdissi M, Schache AG, Machotka Z, Crossley K. Hip arthroscopy for intra-articular pathology: A systematic review of outcomes with and without femoral osteoplasty. *Br J Sports Med* 2012, Jul;46(9):632-43.
134. Griffiths EJ, Khanduja V. Hip arthroscopy: Evolution, current practice and future developments. *Int Orthop* 2012, Jun;36(6):1115-21.
135. Zhang C, Cai YZ, Lin XJ. Autologous chondrocyte implantation: Is it likely to become a saviour of large-sized and full-thickness cartilage defect in young adult knee? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016, May;24(5):1643-50.
136. Niemeyer P, Albrecht D, Andereya S, Angele P, Ateschrang A, Aurich M, et al. Autologous chondrocyte implantation (ACI) for cartilage defects of the knee: A guideline by the working group "clinical tissue regeneration" of the german society of orthopaedics and trauma (DGOU). *Knee* 2016, Jun;23(3):426-35.
137. Richter DL, Schenck RC, Wascher DC, Treme G. Knee articular cartilage repair and restoration techniques: A review of the literature. *Sports Health* 2016;8(2):153-60.
138. Fickert S, Schattenberg T, Nix M, Weiss C, Thier S. Feasibility of arthroscopic 3-dimensional, purely autologous chondrocyte transplantation for chondral defects of the hip: A case series. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014, Apr 29;134(7):971-8.
139. Kuhns BD, Frank RM, Pulido L. Open and arthroscopic surgical treatment of femoroacetabular impingement. *Front Surg* 2015, Dec;2:63.
140. Kautzner J, Zeman P, Stančák A, Havlas V. Hip arthroscopy learning curve: A prospective single-surgeon study. *Int Orthop* 2017, Oct 18;42(4):777-82.
141. Clarke MT, Arora A, Villar RN. Hip arthroscopy: Complications in 1054 cases. *Clin Orthop Relat Res* 2003, Jan(406):84-8.
142. Dienst M. Hip arthroscopy. Technique for positioning and distraction. *Orthopade* 2006, Jan;35(1):33-40.
143. Elsaidi GA, Ruch DS, Schaefer WD, Kuzma K, Smith BP. Complications associated with traction on the hip during arthroscopy. *J Bone Joint Surg Br* 2004, Aug;86(6):793-6.
144. Flierl MA, Stahel PF, Hak DJ, Morgan SJ, Smith WR. Traction table-related complications in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2010, Nov;18(11):668-75.
145. Gupta A, Redmond JM, Hammarstedt JE, Schwindel L, Domb BG. Safety measures in hip arthroscopy and their efficacy in minimizing complications: A systematic review of the evidence. *Arthroscopy* 2014, Oct;30(10):1342-8.

146. Degen RM, Pan TJ, Chang B, Mehta N, Chamberlin PD, Ranawat AS, et al. Risk of failure of primary hip arthroscopy-a population-based study. *J Hip Preserv Surg* 2017, Aug;4(3):214-23.
147. Hempfling H. Arthroscopy of rarely affected joints. Current status. *Orthopade* 1998, Apr;27(4):251-65.
148. Chandrasekaran S, Darwish N, Gui C, Lodhia P, Suarez-Ahedo C, Domb BG. Outcomes of hip arthroscopy in patients with tönnis grade-2 osteoarthritis at a mean 2-year follow-up: Evaluation using a matched-pair analysis with tönnis grade-0 and grade-1 cohorts. *J Bone Joint Surg Am* 2016, Jun 15;98(12):973-82.
149. Lequesne M, Bellaïche L. Anterior femoroacetabular impingement: An update. *Joint Bone Spine* 2012, May;79(3):249-55.

6. Anhang

6.1. Danksagung

Mein großer Dank gilt den beiden Direktoren des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité - Universitätsmedizin Berlin Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Michael Schütz und Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Carsten Perka für die wissenschaftliche Begleitung der durchgeführten Studien, die konstruktiven Anregungen und Ihre vielfältige Unterstützung bei der Umsetzung dieser Arbeit.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem langjährigen hochverehrten Chef und Lehrer Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. N.P. Haas für die wertvolle und prägende klinische und wissenschaftliche Ausbildung, sowie für das Vertrauen in meine Tätigkeit. Ohne seine visionäre Förderung moderner chirurgischer Techniken wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt zudem meinem ersten Lehrer der Hüftarthroskopie, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Weiler sowie Herrn Univ.-Prof. Ulrich Stöckle für das in mich gesetzte Vertrauen in dieser Phase. Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Hermann Josef Bail für die fortwährende und langjährige Unterstützung und vertrauensvolle Zusammenarbeit bedanken.

Außerdem bedanke ich mich ganz besonders bei Dr. med. Martin Hufeland, Dr. med. David Krüger und Dr. med. Markus Gesslein für die enge und freundschaftliche Zusammenarbeit, ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ferner gelten mein Dank und meine Anerkennung allen Studenten für die Zeit und die Leidenschaft, die sie in die Durchführung der Untersuchungen investiert haben. Danken möchte ich außerdem allen Kolleginnen und Kollegen des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie für die geleistete Unterstützung.

Mein allergrößter Dank aber gilt meiner Frau Dr. med. Jana Roffeis und meinem Sohn Neo Maxim für die nie endende Unterstützung, Rücksichtnahme und ihr Vertrauen.

6.2. Eidesstattliche Versicherung

Erklärung

§ 4 Abs. 3 (k) der HabOMed der Charité

Hiermit erkläre ich, dass

- weder früher noch gleichzeitig ein Habilitationsverfahren durchgeführt oder angemeldet wurde,
- die vorgelegte Habilitationsschrift ohne fremde Hilfe verfasst, die beschriebenen Ergebnisse selbst gewonnen sowie die verwendeten Hilfsmittel, die Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern/Wissenschaftlerinnen und mit technischen Hilfskräften sowie die verwendete Literatur vollständig in der Habilitationsschrift angegeben wurden,
- mir die geltende Habilitationsordnung bekannt ist.

Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

..16.04.2018.....

Datum

.....

Unterschrift