



CME

Zertifizierte Fortbildung

Bildgebung in der gelenkerhaltenden Hüftchirurgie

M. K. Meier¹ · T. D. Lerch² · M. S. Hanke¹ · M. Tannast³ · S. D. Steppacher¹ · F. Schmaranzer²

¹ Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, Inselspital, Universitätsspital Bern, Universität Bern, Bern, Schweiz

² Department für Diagnostische, Interventionelle und Pädiatrische Radiologie, Inselspital, Universitätsspital Bern, Universität Bern, Bern, Schweiz

³ Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, HFR Fribourg – Kantonsspital, Universität Fribourg, Fribourg, Schweiz

Zusammenfassung

Instabilität und Impingement stellen die Hauptpathomechanismen dar, die bereits bei jungen Patienten durch erhöhten mechanischen Stress zu chondrolabralen Schäden, schmerzhafter Bewegungseinschränkung und frühzeitiger Coxarthrose führen können. Ziele der gelenkerhaltenden Chirurgie an der Hüfte sind die Korrektur der knöchernen Deformitäten und chondrolabraler Schäden sowie die Wiederherstellung der Gelenkfunktion. Voraussetzung dafür ist die Identifikation der ursächlichen Pathologien an der Hüfte, welche zudem in Kombination auftreten können. Die dezidierte Röntgen- und Magnetresonanzbildgebung der knöchernen Morphologie und der degenerativen Gelenkbinnenläsionen liefern einen essenziellen Beitrag für die Behandlungsindikation und die Behandlungsplanung. Der vorliegende Artikel soll einen kurzen Überblick über die Hüftdeformitäten mit deren Prävalenz, Pathomechanismus und indizierter Therapie sowie detaillierte Empfehlungen über die spezifische radiologische Abklärung geben.

Schlüsselwörter

Hüftgelenk · Femoroazetabuläres Impingement · Hüftdysplasie · Magnetresonanztomographie · Arthroskopie

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Lernziele

Nach Absolvieren dieser Fortbildungseinheit kennen Sie ...

- die knöchernen Morphologien, die zu einem Impingement und/oder zur Instabilität der Hüfte führen.
- das Spektrum der hüftgelenkerhaltenden Chirurgie.
- die aktuellen Empfehlungen zur diagnostischen Abklärung vor einem gelenkerhaltenden Hüfteingriff.
- den Stellenwert der jeweiligen Modalitäten für die Therapieplanung.

Einleitung

Hüftdeformitäten können bei jungen, aktiven Patienten zu schmerzbedingten und funktionellen Einschränkungen im Alltag sowie zu vorzeitiger Arthrose führen. Nach dem Pathomechanismus können 2 Hauptdeformitäten unterschieden werden:

- Hüftdysplasie, bei der es durch mangelnde azetabuläre Überdachung zu einer statischen Instabilität kommt;
- femoroazetabuläres Impingement (FAI), bei dem es zu einem frühzeitigen dynamischen knöchernen Konflikt zwischen proximalem Femur und Becken kommt.

Bei beiden Deformitäten führt die veränderte Biomechanik zu erhöhtem intraartikulären Stress des Gelenkknorpels und des azetabulären Labrums und unter Umständen zur vorzeitigen **Coxarthrose** [1]. Typischerweise treten Hüftdeformitäten nicht in Reinform, sondern in Kombination auf und können sich gegenseitig verstärken oder auch kompensieren (Tab. 1). Die hüftgelenkerhaltende Chirurgie hat das Ziel, diese Deformitäten zu korrigieren, eine normale Gelenkfunktion wiederherzustellen und idealerweise das Fortschreiten einer derartigen „Präarthrose“ aufzuhalten. Das chirurgische Spektrum umfasst die offene/arthroskopische Schenkelhalstaillierung und Pfannenrandtrimmung zur Behandlung von Cam- und fokalen Pincer-Deformitäten sowie Femur- und Beckenosteotomien zur Korrektur der Hüftdysplasie und von Rotationsfehlstellungen. Aufgrund der hohen Prävalenz von asymptomatischen **Impingement-Morphologien** sollten diese nur mit entsprechender klinischer Symptomatik als solche bezeichnet und weiter abgeklärt werden. Die präoperative Bildgebung mittels Röntgen, Magnetresonanztomographie (MRT) und Computertomographie (CT) ist essenziell für die diagnostische Abklärung der vorliegenden knöchernen Deformitäten sowie zur Beurteilung von Schäden an den Gelenkbinnenstrukturen. Ziel dieses Artikels ist es, die aktuellen Empfehlungen zum diagnostischen Protokoll sowie zur Klassifizierung der knöchernen Deformitäten und der chondrolabralen Schäden, basierend auf dem 2020 erschienenen internationalen Lissaboner Konsensusstatement der European Society of Musculoskeletal Radiology (ESSR), zusammenzufassen (Abb. 1; [2, 3]).

Imaging in joint-preserving hip surgery

Instability and impingement of the hip are the main pathomechanisms that can lead to chondrolabral damage, painful restriction of motion and early hip osteoarthritis due to increased mechanical stress, even in young patients. The goals of joint-preserving hip surgery are correction of the osseous deformities and chondrolabral damage as well as restoration of joint function. A prerequisite for successful surgery is the identification of the underlying hip pathologies, which can also occur in combination. Dedicated radiographic and magnetic resonance (MR) imaging of osseous morphology and the internal degenerative joint lesions play an essential role for the treatment indications and surgical treatment planning. This article provides a concise overview of the prevalence, pathomechanisms and indicated treatment of hip deformities as well as detailed recommendations on the specific radiological clarification.

Keywords

Hip joint · Femoroacetabular impingement · Hip dislocation · Magnetic resonance imaging · Arthroscopy

► Merke

Die Hüftgelenkdysplasie und das femoroazetabuläre Impingement sind die Hauptpathomechanismen bei jungen Patienten mit Hüftschmerzen.

Modalitäten

Projektionsradiographie

Das konventionelle Röntgen bildet den Grundstein der bildgebenden Diagnostik des Hüftgelenks (Abb. 1) und besteht standardmäßig aus 2 Aufnahmen:

- Beckenübersichtsröntgen im anteroposterioren (a.p.) Strahlengang,
- axiales Bild des proximalen Femurs.

Die standardisierte Akquisition der Beckenübersichtsaufnahme im Liegen und mit 15° innenrotierten Beinen, mit einem **Film-Fokus-Abstand** von 1,2 m sowie Zentrierung auf den Schnittpunkt einer Tangente zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphysoberkante ist entscheidend, um eine akkurate Projektion der Beckenanatomie zu gewährleisten. Diese Projektion dient der Beurteilung der Beckenorientierung sowie der azetabulären Version

Tab. 1 Hüftdeformitäten und ihre Pathomechanismen

	Impingement				Instabilität	
	Anterior		Posterior (ischiofemoral)		Dynamisch	Statisch
	Intraartikulär	Extraartikulär	Trochanter major	Trochanter minor		
Dysplasie	–	–	–	–	+	+++
Erhöhte azetabuläre Anteversion	–	–	+	+	+	++
Azetabuläre Retroversion	+++	++	–	–	–	–
Azetabuläre Mehrüberdachung	+++	+	–	–	+	–
Cam-Deformität	+++	+	–	–	–	–
Erhöhte femorale Antetorsion	–	–	++	+++	+++	+
Femorale Retrotorsion	+++	++	–	–	+	–
Coxa vara	+	+	+	–	–	–
Coxa valga	+	–	++	+++	++	+

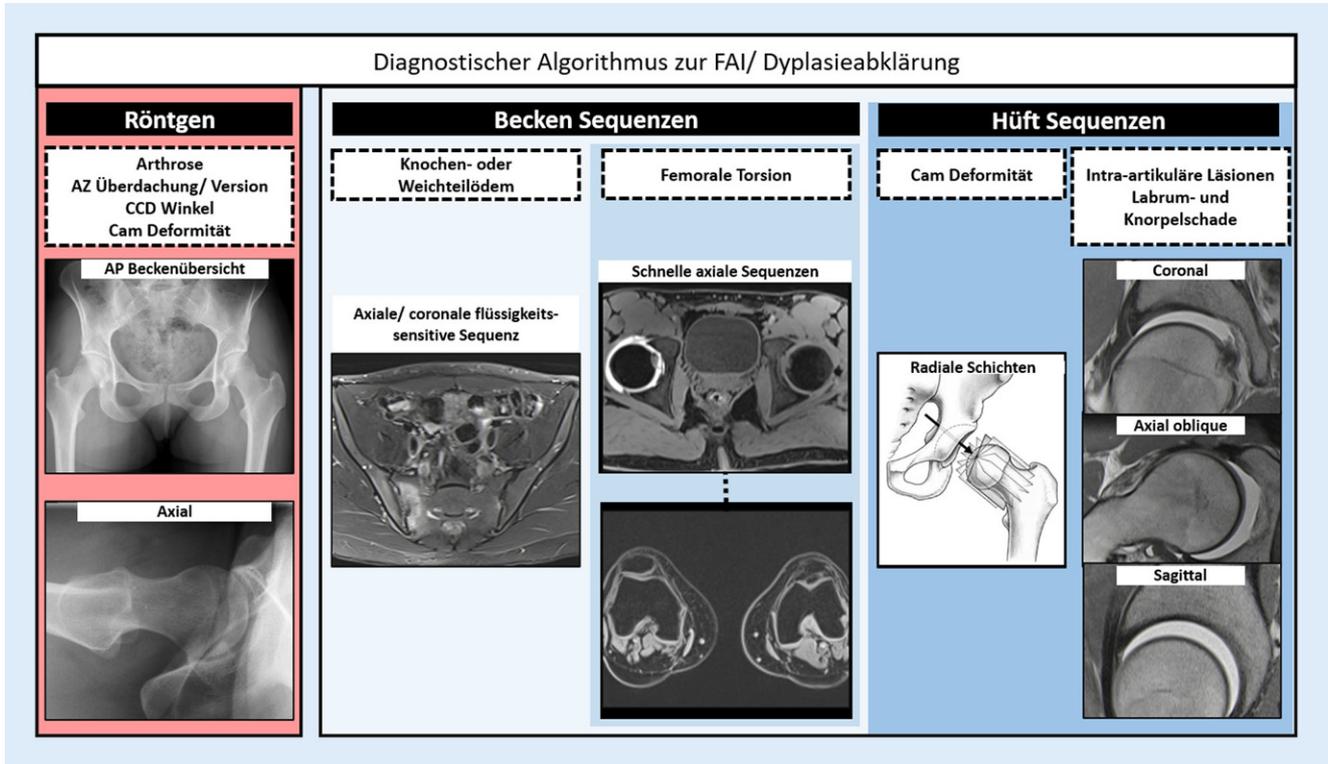


Abb. 1 ▲ Diagnostischer Algorithmus zur Abklärung von femoroazetabulärem Impingement (FAI)/Dysplasie (CCD Centrum-Collum-Diaphyse)

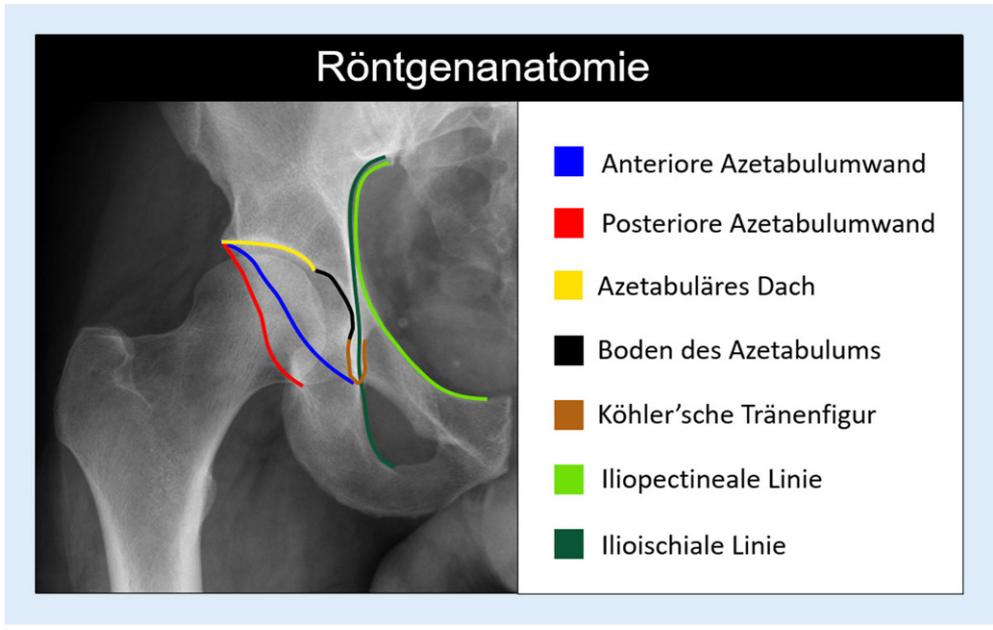


Abb. 2 ◀ Darstellung der Projektionsradiographie mit Letournel-Linien

und Überdachung anhand projektionsradiographischer Kennlinien, deren Kenntnis Voraussetzung zur Beurteilung der Hüftgelenkmorphologie ist (**Abb. 2**). Basierend auf der **Tönnis-Klassifikation**, die neben anderen Arthrosezeichen v.a. auf der Beurteilung der Gelenkspaltverschmälerung beruht (Tönnis-Grad 0/1/2/3 = keine/wenig/mäßige/ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung), erfolgt eine erste Stratifizierung in Bezug auf die Prognose nach einem gelenkerhaltenden Eingriff [4]. Diese nimmt mit zunehmender

Schwere des Arthrosegrades (>Tönnis 1) und mit zunehmendem Alter (>40 Jahre) drastisch ab [5, 6]. Bei älteren Patienten mit manifester Arthrose ist die Implantation einer **Hüfttotalendoprothese** die Therapie der Wahl und eine auf die Hüfte fokussierte MRT zur Beurteilung der Gelenkdegeneration weitgehend obsolet. Die Beckenübersichtsaufnahme erlaubt nur die Darstellung von Schenkelhalstaillierungsstörungen, die nach kraniallateral reichen (sog. **Pistol-grip-Deformitäten**). Zur besseren Visualisierung der

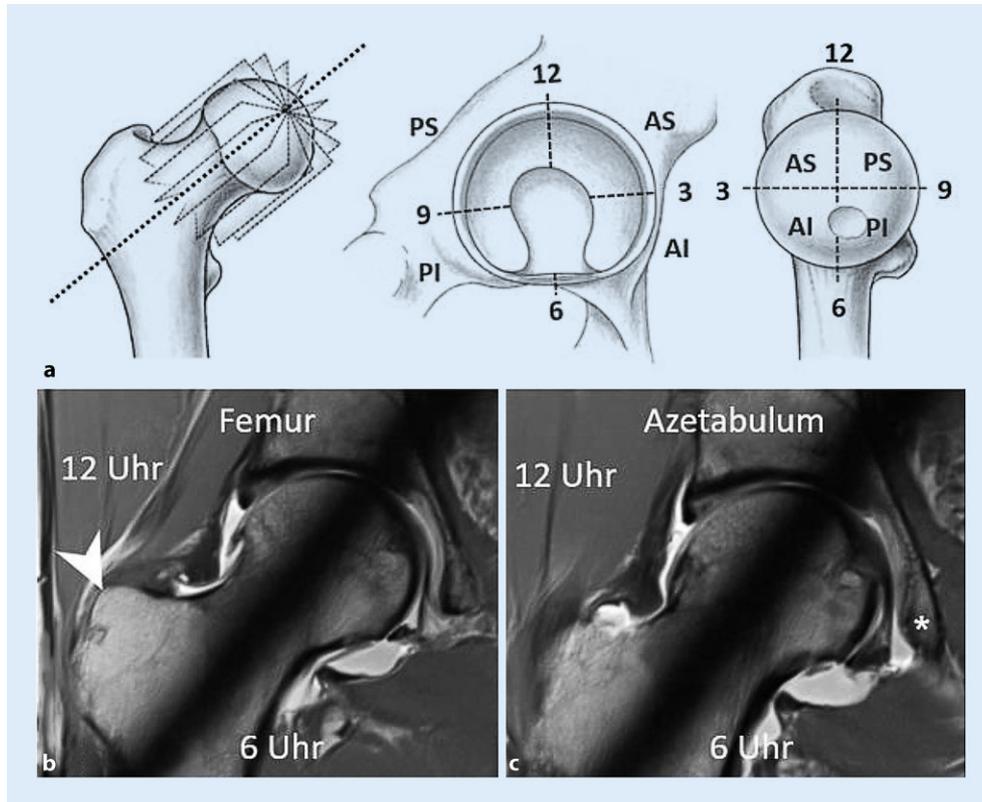


Abb. 3 ◀ a Schematische Darstellung der radiären Schichten um die Schenkelhalsachse und das zur Lokalisationsangabe verwendete Zifferblattsystem mit den 4 Quadranten: anterosuperior (AS; 12 bis 3 Uhr), anteroinferior (AI; 3 bis 6 Uhr), posteroinferior (PI; 6 bis 9 Uhr) und posterosuperior (PS; 9 bis 12 Uhr). b Die femorale 12/6-Uhr-Position in der radiären Magnetresonanztomographie entspricht der prominentesten Darstellung des Trochanter major. c Die azetabuläre 12/6-Uhr-Position entspricht der prominentesten Darstellung der Köhler-Tränenfigur

typischerweise ventrosuperioren **Cam-Deformität** bedarf es einer zusätzlichen axialen Aufnahme. Von der Vielzahl an beschriebenen axialen Aufnahmen (Cross-table-, Lauenstein-Projektion etc.) eignet sich die modifizierte **Dunn-Projektion** (45° Hüftflexion in maximaler Hüftabduktion, Zentralstrahl auf den Femurkopf ausgerichtet) am besten zur initialen und postoperativen Beurteilung der Schenkelhalstaillierung [2].

► **Merke**

Basis der radiologischen Diagnostik sind das Beckenübersichtsröntgen sowie eine axiale Aufnahme.

Magnetresonanztomographie der Hüfte

Die MRT stellt die zweite Ebene in der diagnostischen Pyramide zur Abklärung eines hüftgelenkerhaltenden Eingriffs dar und sollte mindestens bei 1,5 T erfolgen. Zum groben Ausschluss von entzündlichen periartikulären Veränderungen z. B. am Iliosakralgelenk oder an der Symphysis pubica sind routinemäßig flüssigkeitssensitive Sequenzen (**TIRM** [„turbo inversion recovery magnitude“]/fettgesättigte T2-gewichtete [T2w] TSE [„turbo spin echo“]) des Beckens in koronaler oder axialer Orientierung zu akquirieren [2, 7]. Im Anschluss sollten aufeinanderfolgende, schnelle axiale Sequenzen über Becken und Knie (z. B. dreidimensionale [3-D] T1w-Dixon-**VIBE** [„volumetric interpolated breath-hold examination“]) zur Bestimmung der Femurtorsion akquiriert werden [2, 8]. Zudem eignen sich diese Sequenzen auch zur Detektion von typischen Muskelödemen in der ischiofemorale Loge, welche mit einem posterioren extraartikulären Impingement assoziiert sind

[9]. Zur Darstellung chondrolabraler Schäden bedarf es hüftzentrierter, hochaufgelöster Sequenzen in koronaler, sagittaler und „axial oblique“ Orientierung. Die direkte MR-Arthrographie gilt hier als Methode der Wahl zur Detektion intraartikulärer Läsionen, obgleich mit einem hochaufgelösten nativen Protokoll bei 3 T auch eine hohe diagnostische Genauigkeit erzielt werden kann [4]. Radiäre Sequenzen, welche orthogonal um die Schenkelhalsachse rotieren, sind hilfreich zur Beurteilung und Lokalisation der Cam-Deformität (**Abb. 3**). Die hüftzentrierten Sequenzen können entweder direkt mittels 2-D-TSE/FSE („fast spin echo“)-Sequenzen akquiriert oder aus einer 3-D-Sequenz rekonstruiert werden [4]. Hochaufgelöste, isotrope 3-D-Sequenzen (z. B. 3-D-T2w-**TRUFI** [„true fast imaging with steady precession“]) erlauben zudem aufgrund der dünneren Schichtführung oftmals eine genauere Charakterisierung chondrolabraler Schäden [10].

► **Merke**

Die direkte MR-Arthrographie ist der Goldstandard zur Detektion chondrolabraler Schäden.

Computertomographie der Hüfte

Als Alternative zur MR-Arthrographie erlaubt die CT-Arthrographie mit einer hohen diagnostischen Genauigkeit die Detektion chondrolabraler Läsionen. Vorteil der CT ist neben der flächendeckenden Verfügbarkeit die Möglichkeit eines schnellen und unkomplizierten 3-D-Volume-Renderings im PACS („picture archiving and communication system“; [4]). CT-basierte 3-D-Modelle können zudem auch zur dynamischen Impingement-Simulation verwendet wer-



Abb. 4 ▲ **a** Schematische Darstellung der statischen Instabilität bei Hüftdysplasie; **b** Magnetresonanarthrographie eines dysplastischen Hüftgelenks mit azetabulärer Knorpeldelamination mit Ausdehnung in das hypertrophierte Labrum (Pfeile, Inside-out-Läsion); **c, d** prä- und postoperatives Beckenübersichtsröntgen nach periazetabulärer Osteotomie zur Verbesserung der azetabulären Überdachung (LCE_l „lateral center-edge“-Winkel). (a aus [18] mit freundlicher Genehmigung. Dieser Inhalt ist nicht Teil der Open-Access Lizenz)

den, was speziell bei Patienten mit komplexen Deformitäten und Verdacht auf ein extraartikuläres Impingement hilfreich zur Operationsplanung ist [11, 12]. Fortschritte in der Gerätetechnik, wie z. B. die Verwendung eines **Zinnfilters** reduzieren die Strahlenbelastung in diesem jungen Patientenkollektiv deutlich [13]. Alternativ dazu haben vollautomatisierte Methoden zum 3-D-MRT-basierten Volume-Rendering des knöchernen Beckens großes Potenzial, den Einsatz der CT-Bildgebung zu optimieren [14].

Azetabuläre Minderüberdachung: Dysplasie

Bei der Hüftdysplasie liegen typischerweise eine zu steil gestellte Gelenkpfanne sowie eine defizitäre kranio laterale Überdachung vor.

Prävalenz. Die entwicklungsbedingte Hüftdysplasie wird zumeist im Adoleszentenalter symptomatisch und tritt bei bis zu 20% der Patienten (v. a. bei Frauen) auf, welche für eine gelenkerhaltenden Hüftoperation abgeklärt werden [6, 15]. Wird die Hüftdysplasie nicht zeitgerecht behandelt, kann sie beim symptomatischen Patienten zur frühzeitigen Coxarthrose führen und ist eine der Hauptgründe für die Implantation einer Hüftprothese bei Patienten unter 60 Jahren [16, 17]. Iatrogen kann eine Dysplasie nach übermäßiger Pfannenrandtrimmung im Rahmen der FAI-Korrektur auftreten und führt zur vorzeitigen Gelenkdegeneration [6, 15].

Pathomechanismus. Die insuffiziente azetabuläre Überdachung führt (je nach Dysplasiegrad) zu vermehrter Druck- und Scherbelastung auf Knorpel und Labrum bis hin zur Instabilität (Abb. 4). Dies kann durch eine Coxa valga und erhöhte Femurantetorsion zusätzlich verstärkt werden.

Diagnostik. Im Beckenübersichtsröntgen ist der LCE („lateral center-edge“-Winkel) vermindert (<23°) und der azetabuläre Index vergrößert (>13°; Tab. 2; [19]). MR-tomographisches Korrelat der Instabilität ist ein hypertrophiertes, mukoiddegeneriertes Labrum mit Rissbildung und paralabralen Ganglien. In schweren Fällen

kommt es auch zu einer Knorpeldelamination, welche sich von zentral nach peripher in das Labrum ausdehnt und dieses schlussendlich vom Knochen abschert (Abb. 4; [18, 20]).

Therapie. Chirurgische Therapie der Wahl ist die **periazetabuläre Umstellungsosteotomie (PAO)** zur Verbesserung der azetabulären Überdachung mit sehr guten langfristigen Ergebnissen im Sinne des Gelenkerhalts [5].

► Merke

Die Hüftdysplasie führt zur Instabilität mit erhöhten Druck- und Scherbelastung auf Knorpel und Labrum.

Azetabuläres Impaktions-FAI

Das azetabuläre Impaktions-FAI (**Pincer-FAI**) kann durch eine übermäßige Überdachung oder Fehlorientierung des Azetabulums (d. h. Retroversion) entstehen und verursacht einen harten Anschlag zwischen Azetabulum und Schenkelhals.

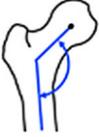
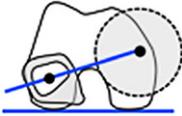
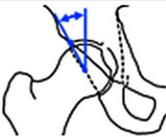
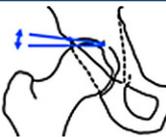
Azetabuläre Mehrüberdachung

Prävalenz. Die azetabuläre Mehrüberdachung hat eine Prävalenz von 15% bei symptomatischen Patienten und stellt ein Kontinuum aus weniger schweren und schwereren Ausprägungen einer „tiefen Hüfte“ dar [22], welche häufiger bei Frauen auftritt [23].

Pathomechanismus. Durch die azetabuläre Mehrüberdachung kommt es in Flexion/Innenrotation zu einem abrupten knöchernen Anschlag (Impaktion) zwischen azetabulärem Rand und Schenkelhals mit Labrumeinklemmung und sekundärer Translation des Femurkopfs inkl. Schäden am posterokaudalen Azetabulum (Abb. 5).

Diagnostik. Ab einem LCE-Winkel von mehr als 33° bzw. mehr als 39° und einem Azetabularindex von weniger als 0° spricht man von Mehrüberdachung respektive **globaler Mehrüberdachung** (Tab. 2; [22]). Die Extremform ist die **Protrusio acetabuli**, die sich

Tab. 2 Standardmessungen und Parameter zur Abklärung des femoroazetabulären Impingements und der Hüftgelenkdysplasie. (Aus [21]. Dieser Inhalt ist nicht Teil der Open-Access Lizenz)

Parameter	Technik	Referenzwerte	Modalität
Alpha-Winkel		Normal: $< 60^\circ$ Cam-Deformität: $> 60^\circ$	MRT/CT Axiales Röntgen
CCD(Centrum-Collum-Diaphysen)-Winkel		Varus: $< 125^\circ$ Normal: $125-139^\circ$ Valgus: $> 139^\circ$	Beckenübersichtsröntgen, MRT/CT
Femurtorsion (Murphy et al.)		Retrotorsion: $< 0^\circ$ Normal: $10-25^\circ$ Hohe Antetorsion: $> 35^\circ$	MRT/CT
LCE(„lateral center-edge“)-Winkel		Dysplasie: $< 23^\circ$ Normal: $23-33^\circ$ Globale Mehrüberdachung: $> 39^\circ$	Beckenübersichtsröntgen
Azetabulärer Index		Dysplasie: $> 13^\circ$ Normal: $3-13^\circ$ Globale Mehrüberdachung: $< 0^\circ$	Beckenübersichtsröntgen
Protrusio acetabuli		Normal: negativ Globale Mehrüberdachung: positiv	Beckenübersichtsröntgen
„Cross-over sign“		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen
„Posterior wall sign“		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen
„Ischial spine sign“		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen

MRT Magnetresonanztomographie, CT Computertomographie

im Beckenübersichtsröntgen im a.p. Strahlengang als Überlappung der Femurkopfkontur mit der ilioischialen Linie darstellt. In der MRT findet sich häufig ein schmales, intrasubstanziell degeneriertes Labrum mit intra-/perilabralen Verkürzungen (Abb. 5). Der Knorpelschaden beschränkt sich typischerweise auf ein peripheres, semizirkuläres Areal mit ausgedünntem Knorpel. Insbesondere bei schweren Formen der Mehrüberdachung kommt es auch zu einem posterokaudalen Knorpelabrieb (**Contre-coup-Läsion**; [24]).

Therapie. Je nach Ausprägung der Deformität wird eine umschriebene bis zirkumferenzielle Pfannenrandtrimmung durchgeführt. Jedoch ist die Prognose insbesondere bei Hüften mit globaler (anterior und posterior) Mehrüberdachung deutlich schlechter [25].

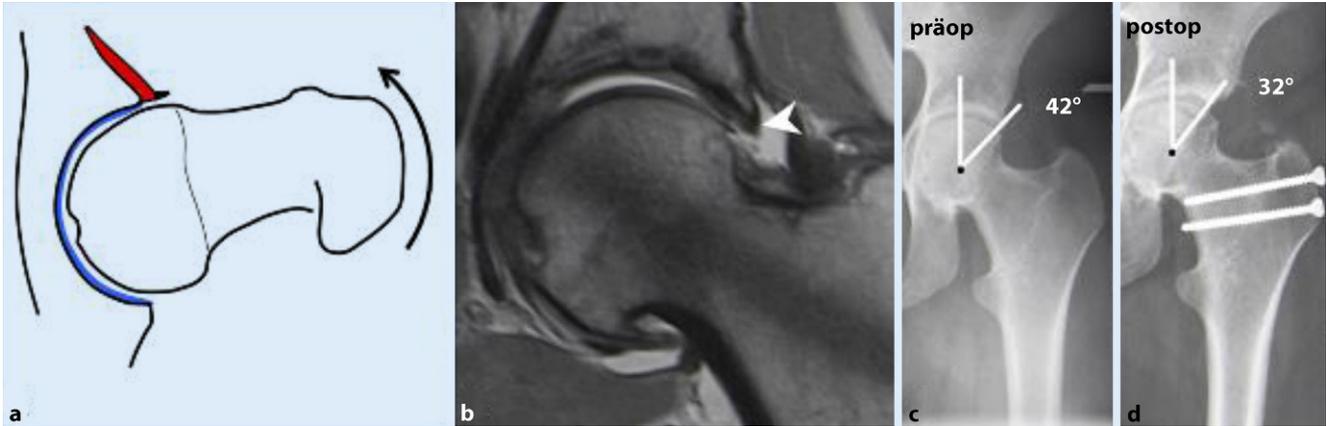


Abb. 5 ▶ **a** Schematische Darstellung des Impaktions-FAI (femoroazetabuläres Impingement) bei übermäßiger azetabulärer Überdachung (rot); **b** Magnetresonanarthrographie eines Hüftgelenks mit Pincer-Morphologie mit kleinem, degeneriertem und ossifiziertem Labrum (Pfeil); **c, d** prä- und postoperatives Beckenübersichtsröntgen nach durchgeführter offener Korrektur mittels chirurgischer Hüftluxation mit Pfannenrandtrimmung, normaler LCE („lateral center-edge“)-Winkel nach Korrektur

Azetabuläre Mehrüberdachung: Retroversion

Prävalenz. Eine globale (schwere) Retroversion des Azetabulums tritt bei 14% der symptomatischen Patienten und gehäuft bei Frauen auf [22].

Pathomechanismus. Bei der azetabulären Retroversion handelt es sich um eine Rotationsfehlstellung des Hemipelvis mit Außenrotation der Beckenschaufeln und der Pfanneneingangsebene. Dies prädisponiert zu einem verfrühten, anterioren Impaktions-FAI in Flexion/Innenrotation zwischen azetabulärer Vorderwand und Schenkelhals. Zusätzlich kommt es häufig zu einem extraartikulären Impingement zwischen Spina iliaca anterior inferior (**Spine Impingement**) und distalem Schenkelhals, selbst bei normaler Morphologie der Spina iliaca anterior inferior [26].

Diagnostik. Analog zur azetabulären Mehrüberdachung stellt auch die **Retroversion** ein Kontinuum aus einem umschrieben kranial bis global fehlrotierten Azetabulum dar. Radiographische Zeichen einer azetabulären Retroversion im Beckenübersichtsröntgen im anteroposterioren Strahlengang sind die laterale Projektion der Vorderwand gegenüber der Hinterwand mit Überkreuzen im distalen Verlauf („**cross-over sign**“), eine defizitäre, medial des Femurkopfzentrums verlaufende Hinterwand („**posterior wall sign**“) und die Projektion der Spina ischiadica („**ischial spine sign**“) in die Beckeneingangsebene (Tab. 2). Sind diese 3 projektionsradiographischen Zeichen positiv, spricht dies für eine globale azetabuläre Retroversion und somit für ein nach posterior fehlrotiertes, „normal“ großes Azetabulum und ist von einem isolierten positiven „cross-over sign“ zu unterscheiden [27]. In der MRT zeigt sich typischerweise ein normal großes Labrum mit intrasubstanzieller anterosuperiorer Rissbildung.

Therapie. Je nach Schweregrad der Retroversion kann eine Pfannenrandtrimmung ausreichend sein bzw. sollte eine Umstellung der Pfanne mittels antevertierender PAO durchgeführt werden [28].

► Merke

Das azetabuläre Impaktions-FAI kann durch eine globale Mehrüberdachung oder durch eine Retroversion des Azetabulums entstehen.

Femorales Inklusions-FAI: Cam-Morphologie

Das Cam-Impingement ist Folge einer aufgehobenen Schenkelhalstaillierung durch einen pathologisch geformten Femurkopf-Schenkelhals-Übergang.

Prävalenz. Die Cam-Morphologie ist bei Männern mit Hüftschmerzen mit einer Prävalenz von bis zu 60% anzutreffen [22]. Unbehandelt kann beim symptomatischen Patienten eine schwere Cam-Deformität bereits mittelfristig zu einer klinisch relevanten Arthrose führen [29].

Pathomechanismus. Die Aspherizität des Femurkopfes bzw. die verminderte Schenkelhalstaillierung ermöglicht im Gegensatz zum Impaktions-FAI, wo die Bewegung abrupt gestoppt wird, ein Hineingleiten des Femurs in das Azetabulum mit konsekutiver Induktion von Scherkräften auf die chondrolabrale Übergangzone (Abb. 7), wodurch das Labrum meist basisnah einreißt und der Knorpel sich von peripher nach zentral ablöst (sog. **Teppichphänomen**; [30]).

Diagnostik. Die Cam-Deformität ist typischerweise ventrokranial lokalisiert, gefolgt von kraniallateral und dorsal [31]. Zur initialen und postoperativen Verlaufsbeurteilung erfolgt die Röntgenbildgebung in 2 Ebenen, d. h. Beckenübersichtsröntgen und axiale Aufnahme. Der Alpha-Winkel (Abb. 6) stellt das klassische Diagnosekriterium einer Cam-Deformität dar, wobei ein Alpha-Winkel von mehr als 60° als Diagnosekriterium verwendet wird (Tab. 2; [2, 32]). In der Praxis ist jedoch eine deskriptive und topographische Beschreibung des Schweregrades und der Ausdehnung der Cam-Deformität entscheidend. Dies erfolgt mittels CT/MRT mit radiären Schichten entlang der Schenkelhalsachse und unter Verwendung des **Zifferblattsystems** (Abb. 3). Für den Chirurgen ist die Ausdeh-

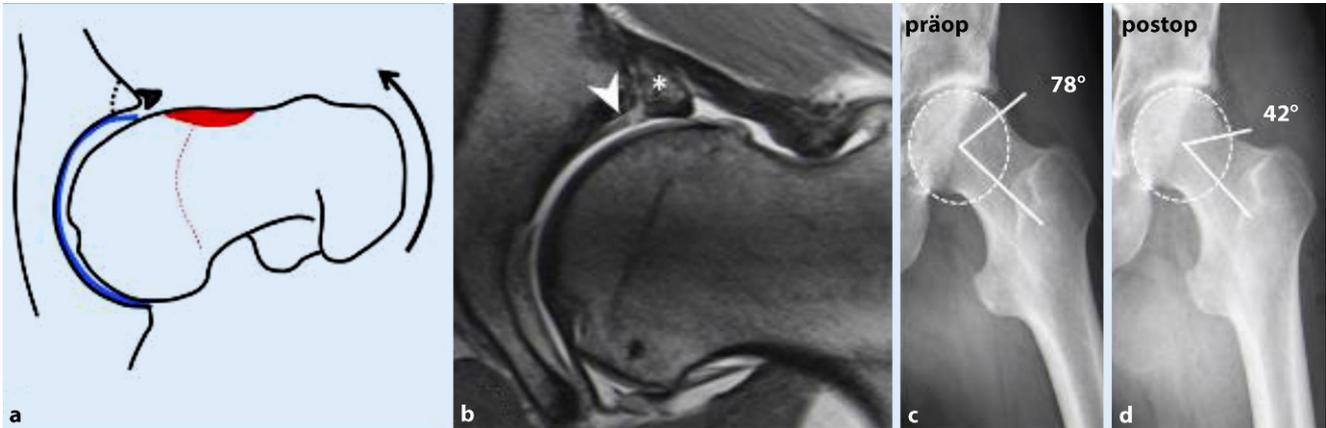


Abb. 6 ▲ a Schematische Darstellung des Inklusions-FAI (femoroazetabuläres Impingement) bei Cam-Deformität (rot); b Magnetresonanarthrographie eines Hüftgelenks mit Cam-Deformität, Os Azetabuli (Asterisk) und teppichartiger Ablösung des Knorpels (Pfeil); c,d prä- und postoperatives Beckenübersichtsröntgen vor und nach arthroskopischer Schenkelhalstaillierung, normaler Alpha-Winkel nach Korrektur. (a aus [18] mit freundlicher Genehmigung. Dieser Inhalt ist nicht Teil der Open-Access Lizenz)

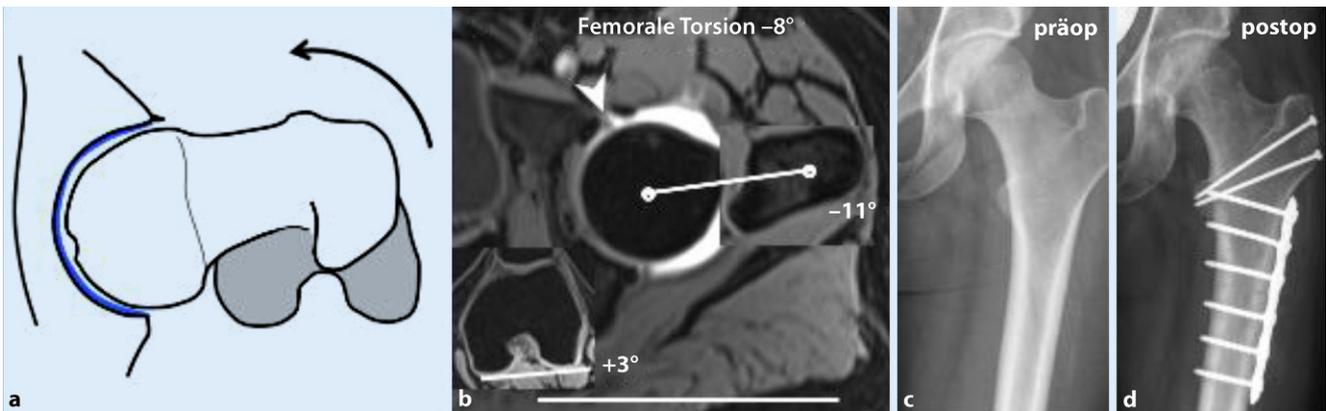


Abb. 7 ▲ a Schematische Darstellung und b Arthro-MRT eines Hüftgelenks mit Retrotorsion (-8° , gemessen nach Murphy et al.) mit kleinem, aufgefaserterem Labrum (weißer Pfeil); c,d prä- und postoperatives Beckenübersichtsröntgen nach durchgeführter chirurgischer Hüftluxation mit Rotationsosteotomie

nung der Cam-Deformität nach dorsal wichtig, da dort die Korrektur aufgrund der Nähe zu den retinakulären Gefäßen, welche die Durchblutung des Femurkopfes gewährleisten, schwieriger ist [33]. Die Detektion der pathognomonischen azetabulären Knorpeldelamination stellt aufgrund der direkt gegenüberliegenden femoralen Knorpelschicht eine diagnostische Herausforderung dar. Die zusätzliche Verwendung von Traktion in der direkten MR-Arthrographie ermöglicht hingegen eine genauere Darstellung der Knorpeldelamination (Abb. 6; [34, 35]).

Therapie. Je nach Ausdehnung erfolgt eine arthroskopische oder offene Schenkelhalstaillierung mit dem Ziel, die physiologische Schenkelhalskontur wiederherzustellen.

► Merke

Die Cam-Deformität befindet sich typischerweise anterosuperior.

Femorale Fehlstellungen: Torsion und Inklination

Prävalenz. Eine zu hohe oder zu niedrige Torsion tritt bei etwa 25 % der symptomatischen Patienten mit FAI oder Dysplasie auf. Ei-

ne pathologisch hohe (Coxa valga) oder niedrige (Coxa vara) Schenkelhalsinklination wurde bei je 10 % der Patienten beschrieben [22].

Pathomechanismus. Femorale Torsions- und Achsfehler können sowohl Ursache als auch verstärkender Faktor eines FAI sein, je nach assoziierten femoralen/azetabulären Morphologien. Bei Patienten mit einer verminderten femoralen Torsion (**Retrotorsion**) kann es auch bei physiologischer Schenkelhalstaillierung zu einem intra- oder extraartikulären anterioren Impingement in Flexion/Innenrotation kommen (Abb. 7). Eine varische Schenkelhalsachse und/oder zusätzliche Cam-/Pincer-Deformität kann dies zudem verstärken.

Bei Patienten mit erhöhter femoraler Torsion kann es in Extension/Außenrotation zu einem posterioren extraartikulären Impingement zwischen Trochanter major/minor und Ischium (ischiofemorales Impingement) kommen. Dies führt aufgrund einer sekundären Translation des Femurkopfes nach anterior zu einer dynamischen Instabilität (Abb. 8) und kann die statische Mehrbelastung im Rahmen der Hüft dysplasie weiter verstärken.

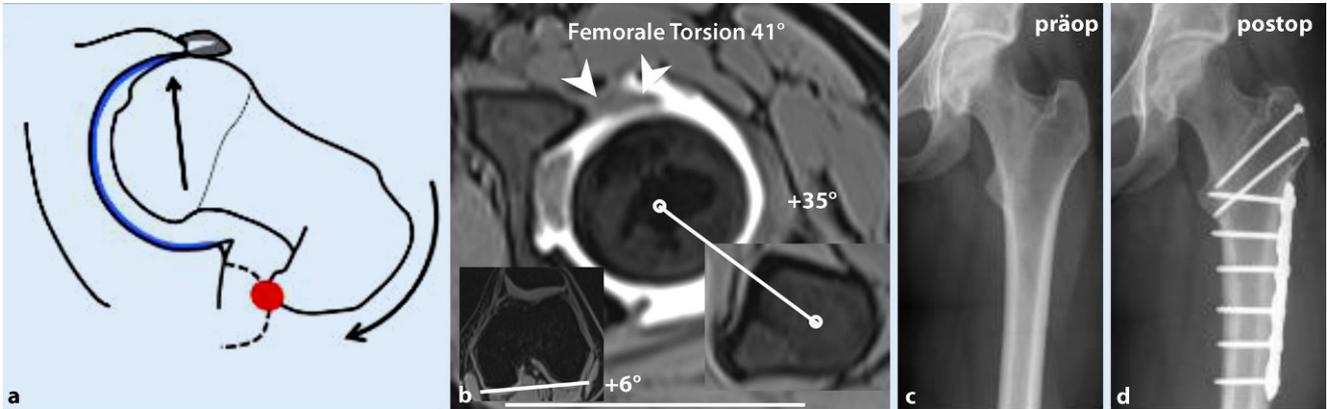


Abb. 8 **a** Schematische Darstellung eines Hüftgelenks mit hoher femoraler Antetorsion: Durch das posteriore, extraartikuläre Impingement in Außenrotation/Extension (*roter Punkt*) kommt es zu anteriorer Translation und dynamischer Instabilität mit reaktiver Hypertrophie des anterioren Labrums. **b** Die Magnetresonanztomographie zeigt eine erhöhte femorale Torsion von 41° (gemessen nach Murphy et al.) und ein hypertrophes anteriores Labrum. **c, d** Prä- und postoperatives Beckenübersichtsröntgen nach durchgeführter chirurgischer Hüftluxation mit Derotationsosteotomie. (a aus [18] mit freundlicher Genehmigung. Dieser Inhalt ist nicht Teil der Open-Access Lizenz)

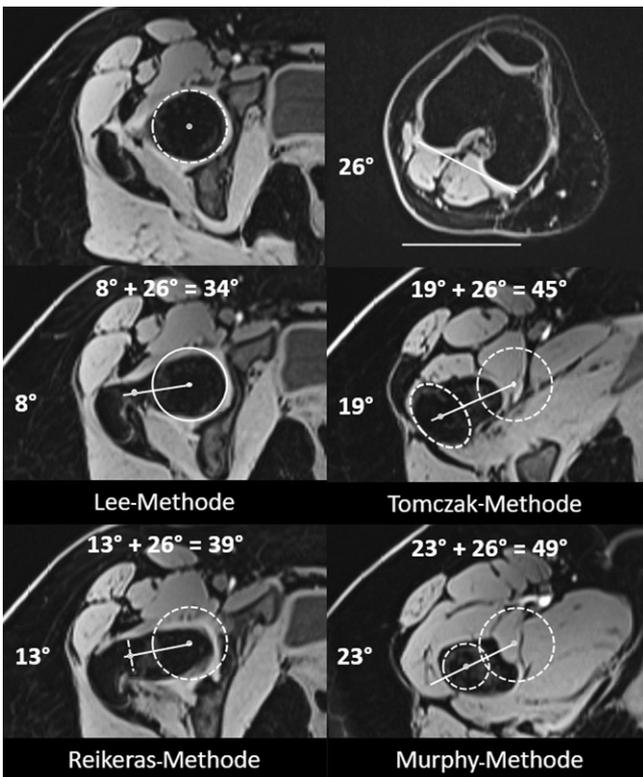


Abb. 9 **a** Unterschiedliche Messmethoden zur Bestimmung der femoralen Torsion anhand einer dreidimensionalen (3-D) T1-gewichteten Dixon-VIBE („volumetric interpolated breath-hold examination“) Sequenz durch das Becken und den distalen Femur im selben Patienten: Es zeigt sich eine Differenz von 15°, basierend auf der Messmethode mit dem kranialsten Referenzpunkt auf Höhe des Trochanter majors (Lee: 34°) im Vergleich zur kaudalsten Messung auf Höhe des Trochanter minors (Murphy: 49°)

Diagnostik. Die Schenkelhalsinklination wird mit dem **CCD(Centrum-Collum-Diaphysen)-Winkel** bestimmt zur Diagnose einer Coxa vara/valga (CCD-Winkel < 125°/> 139°, Referenzwerte Röntgen; Tab. 2; [36]). Die Bestimmung der femoralen Torsion, basierend auf dem konventionellen Röntgen (z. B. mittels **Dunn-Rippstein-Aufnahme**), ist nicht verlässlich und bedarf daher einer Schnittbilddiagnostik. Aufgrund des typischerweise jungen Patientenkollektivs sollte dies idealerweise mittels MRT erfolgen unter Verwendung einer standardisierten Patientenlagerung (in Innenrotation fixierte Füße, keine Flexion der Hüfte durch Lagerungskissen unter dem Knie) und schneller axialer Sequenzen über Becken und Knie [8]. Eine Vielzahl verschiedener Messmethoden wurde in der Literatur beschrieben, die sich, ausgehend vom Femurkopffzentrum, in der Wahl des zweiten proximalen Referenzpunkts unterscheiden (Abb. 9). Je weiter distal dieser Referenzpunkt gesetzt wird, desto höher fallen die gemessenen Werte aus. Diese Unterschiede können beim selben Patienten bis zu 20° betragen; deshalb ist der interdisziplinäre Austausch essenziell, um einen institutionellen Standard zu etablieren [37]. Je nach verwendeter Messmethode gelten andere Referenzwerte. In unserer Institution wird die Methode nach Murphy et al. ([38]; Normalwert: 10–25°; Abb. 9; Tab. 2) verwendet, da sie in Kadaverstudien im Vergleich zur anatomischen Torsion validiert wurde und das Alignment des proximalen Femurs am genauesten berücksichtigt [22, 39]. Für die Messung nach Murphy et al. [38] wird, ausgehend vom Femurrotationszentrum, das Zentrum des Schafts auf Höhe des Trochanter minor als Referenzpunkt verwendet (Abb. 9; Tab. 2).

Therapie. Die chirurgische Therapieentscheidung ist abhängig von der gesamten Hüftmorphologie bzw. von begleitenden Hüftdeformitäten, welche vorrangig zu korrigieren sind. In einzelnen Fällen erfolgt eine zusätzliche **femorale Rotationsosteotomie** bzw. Derotationsosteotomie bei Patienten mit Retrotorsion/erhöhter femoraler Antetorsion [40].

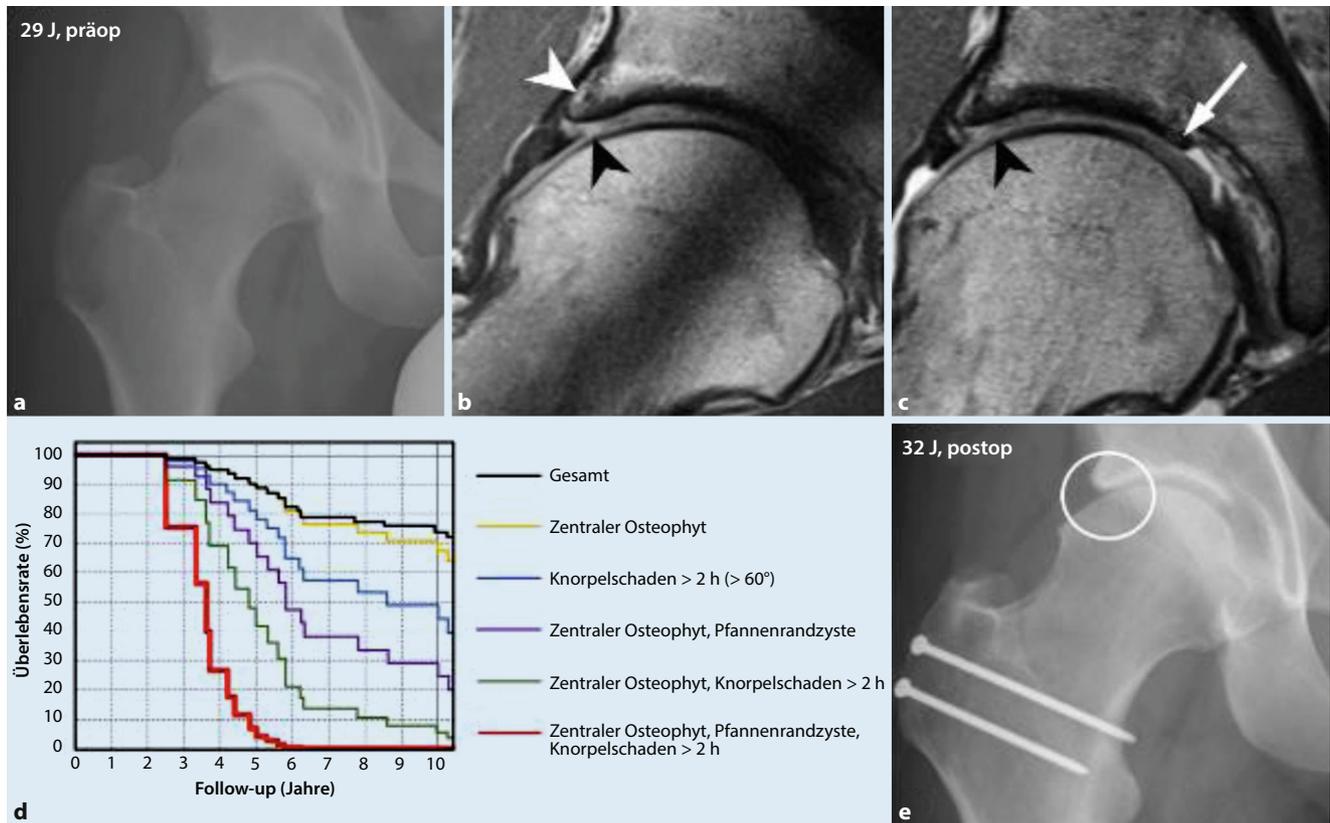


Abb. 10 **a** Präoperatives Beckenübersichtsröntgen eines Patienten mit Cam-Deformität. **b,c** Die präoperative Magnetresonanarthrographie zeigt eine Kombination negativer Prädiktoren für langfristigen Gelenkerhalt: Pfannenrandzyste (*weiße Pfeilspitze*), zentraler Osteophyt (*weißer Pfeil*) und ausge-dehnter Knorpelschaden > 2 h (*schwarze Pfeile*). **d** Nach Hanke et al. [41] sinkt die Überlebensrate des nativen Gelenks bei dieser Kombination auf 0 % nach 6 Jahren. **e** 3 Jahre nach durchgeführter offener FAI (femoroazetabuläres Impingement)-Korrektur zeigt sich entsprechend eine progressive Degeneration mit Gelenkspaltverschmälerung. (**d** aus [41] mit freundlicher Genehmigung. Dieser Inhalt ist nicht Teil der Open-Access Lizenz)

► Merke

Die Bestimmung der femoralen Torsion sollte vor jeder Operationsplanung durchgeführt werden.

Prognostischer Stellenwert der MRT-Bildgebung

Bereits vorhandene degenerative Veränderungen im Hüftgelenk haben einen negativen Einfluss auf das chirurgische Ergebnis bei gelenkerhaltenden Operationen (**Abb. 10**; [5, 6]). Da im Röntgen erst fortgeschrittene degenerative Veränderungen sichtbar werden, hat die direkte MR-Arthrographie den höchsten prognostischen Stellenwert hinsichtlich der Detektion degenerativer Veränderungen vor einem gelenkerhaltenden Eingriff. Neben zentralen azetabulären Osteophyten und Pfannenrandzysten stellen Knorpelschäden von mehr als „2h“ (Verwendung des Zifferblattsystems) den stärksten negativen Prädiktor für den Langzeiterfolg einer FAI-Operation (nach 10 Jahren) dar ([41]; **Abb. 10**). Neben diesen morphologischen Prädiktoren haben biochemische Knorpelmappingmethoden, die eine quantitative Bestimmung der Knorpelqualität erlauben („delayed gadolinium enhanced magnetic resonance imaging of cartilage“, dGEMRIC), prognostisches Potenzial und wurden z. B. als verlässliche negative Prädiktoren für den Langzeiterfolg nach PAO bei Patienten mit Dysplasie bei 1,5 T beschrieben [42, 43]. Die zeitaufwändige manuelle Auswertung, stärkere Ma-

gnettfeldinhomogenitäten bei 3 T und die fehlende Gelenkdistanzierung bei i.v. Kontrastmittelapplikation haben eine standardmäßige Anwendung des **Knorpelmappings** im klinischen Alltag bisher verhindert. Fortschritte im Bereich des **Deep Learning** zur automatischen 3-D-Segmentation und Knorpelanalyse anhand robusterer T1-Mapping- sowie neuere native T2/T1-rho-Mapping-Sequenzen stellen vielversprechende Ansätze zur verbesserten präoperativen Schadenanalyse [44, 45] und möglichen Integration in den klinischen Alltag dar.

► Merke

Die direkte MR-Arthrographie hat den höchsten prognostischen Stellenwert hinsichtlich des Langzeiterfolgs eines hüftgelenkerhaltenden Eingriffs.

Fazit für die Praxis

- Grundlage der diagnostischen Abklärung vor gelenkerhaltenden Eingriffen an der Hüfte sind die Projektionsradiographie in 2 Ebenen zur Beurteilung der azetabulären Überdachung und Version sowie die initiale Beurteilung des Arthrosegrades.
- Ein dezidiertes MRT-Protokoll sollte flüssigkeitssensitive Sequenzen des Beckens zum groben Ausschluss von Begleitpathologien, axiale Sequenzen zur Bestimmung der Femurtorsion sowie hüftzentrier-

te, multiplanare (inkl. radiärer Schichten) Sequenzen zur Detektion chondrolabraler Schäden beinhalten.

- Die direkte MR-Arthrographie stellt die Methode der Wahl zur Detektion von chondrolabralen Schäden dar.
- Hauptpathomechanismen der Hüfte sind das Impingement und die Dysplasie, welche auch in Kombination auftreten können. Je nach Kombination können sich diese aggravieren oder kompensieren.
- Femorale Torsionspathologien stellen neben der Cam- und der Pincer-Morphologie den dritten Pfeiler des femoroazetabulären Impingements dar.

Korrespondenzadresse



Dr. med. M. K. Meier

Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, Inselspital, Universitätsspital Bern, Universität Bern
Bern, Schweiz
malinkristin.meier@insel.ch

Funding. Open access funding provided by University of Bern

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. **M. K. Meier:** A. Finanzielle Interessen: M. K. Meier gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Wissenschaftliche Assistentin, Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, Inselspital Bern. **T. Lerch:** A. Finanzielle Interessen: Forschungsförderung zur persönlichen Verfügung: Schweizerischer Nationalfonds; Finanzielle Forschungsförderung für Auslandsaufenthalt. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Angestellter Radiologe, Institut für Diagnostische, Interventionelle und Pädiatrische Radiologie, Inselspital Bern, Schweiz. **M. S. Hanke:** A. Finanzielle Interessen: M. S. Hanke gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Stv. Oberarzt, Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, Inselspital Bern. **M. Tannast:** A. Finanzielle Interessen: M. Tannast gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Klinikchefarzt Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, HFR Freiburg, Kantonsspital. **S. D. Steppacher:** A. Finanzielle Interessen: S. D. Steppacher gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Leitender Arzt, Department für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, Inselspital Bern. **F. Schmaranzer:** A. Finanzielle Interessen: F. Schmaranzer gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Assistenzarzt Department für Diagnostische, Interventionelle und Pädiatrische Radiologie, Inselspital Bern.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH (2008) The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res* 466(2):264–272
2. Mascarenhas VV, Castro MO, Rego PA, Sutter R, Sconfienza LM, Kassarian A et al (2020) The Lisbon agreement on femoroacetabular impingement imaging-part 1: overview. *Eur Radiol* 30(10):5281–5297
3. Schmaranzer F, Khetarpal AB, Bredella MA (2021) Best practices: hip femoroacetabular impingement. *AJR Am J Roentgenol* 216(3):585–598
4. Castro MO, Mascarenhas VV, Afonso PD, Rego P, Schmaranzer F, Sutter R et al (2021) The Lisbon agreement on femoroacetabular impingement imaging-part 3: imaging techniques. *Eur Radiol* 31(7):4652–4668
5. Lerch TD, Steppacher SD, Liechti EF, Tannast M, Siebenrock KA (2017) One-third of hips after periacetabular osteotomy survive 30 years with good clinical results, no progression of arthritis, or conversion to THA. *Clin Orthop Relat Res* 475(4):1154–1168
6. Steppacher SD, Anwander H, Zurmühle CA, Tannast M, Siebenrock KA (2015) Eighty percent of patients with surgical hip dislocation for femoroacetabular impingement have a good clinical result without osteoarthritis progression at 10 years. *Clin Orthop Relat Res* 473(4):1333–1341
7. Giaconi J, Waldman L, Robinson J, Milanovic N, Weisman M, Learch T (2021) Prevalence of sacroiliitis among patients referred for hip MR arthrography. *Skelet Radiol*. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03885-7>
8. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA (2012) Femoral antetorsion: comparing asymptomatic volunteers and patients with femoroacetabular impingement. *Radiology* 263(2):475–483
9. Bredella MA, Azevedo DC, Oliveira AL, Simeone FJ, Chang CY, Stubbs AJ et al (2015) Pelvic morphology in ischiofemoral impingement. *Skelet Radiol* 44(2):249–253
10. Mayer SW, Skelton A, Flug J, McArthur T, Hovater W, Carry P et al (2021) Comparison of 2D, 3D, and radially reformatted MR images in the detection of labral tears and acetabular cartilage injury in young patients. *Skelet Radiol* 50(2):381–388
11. Lerch TD, Boschung A, Todorski IAS, Steppacher SD, Schmaranzer F, Zheng G et al (2019) Femoroacetabular impingement patients with decreased femoral version have different impingement locations and intra- and extraarticular anterior subspine FAI on 3D-CT-based impingement simulation: implications for hip arthroscopy. *Am J Sports Med* 47(13):3120–3132
12. Lerch TD, Zwingerstein S, Schmaranzer F, Boschung A, Hanke MS, Todorski IAS et al (2021) Posterior extra-articular ischiofemoral impingement can be caused by the lesser and greater trochanter in patients with increased femoral version: dynamic 3D CT-based hip impingement simulation of a modified FABER test. *Orthop J Sports Med* 9(5):2325967121990629
13. Stern C, Sommer S, Germann C, Galley J, Pfirrmann CWA, Fritz B et al (2021) Pelvic bone CT: can tin-filtered ultra-low-dose CT and virtual radiographs be used as alternative for standard CT and digital radiographs? *Eur Radiol* 31(9):6793–6801

14. Zeng G, Schmaranzer F, Degonda C, Gerber N, Gerber K, Tannast M et al (2021) MRI-based 3D models of the hip joint enables radiation-free computer-assisted planning of periacetabular osteotomy for treatment of hip dysplasia using deep learning for automatic segmentation. *Eur J Radiol* 8:100303
15. Meier MK, Lerch TD, Steppacher SD, Siebenrock KA, Tannast M, Vavron P et al (2021) High prevalence of hip lesions secondary to arthroscopic over- or undercorrection of femoroacetabular impingement in patients with postoperative pain. *Eur Radiol*. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08398-4>
16. Agricola R, Heijboer MP, Roze RH, Reijman M, Bierma-Zeinstra SMA, Verhaar JAN et al (2013) 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* 21(10):1514–1521
17. Furnes O, Lie SA, Espehaug B, Vollset SE, Engesaeter LB, Havelin LI (2001) Hip disease and the prognosis of total hip replacements. A review of 53,698 primary total hip replacements reported to the Norwegian arthroplasty register 1987–99. *J Bone Joint Surg Br* 83(4):579–586
18. Schmaranzer F, Todorski IAS, Lerch TD, Schwab J, Cullmann-Bastian J, Tannast M (2017) Intra-articular lesions: imaging and surgical correlation. *Semin Musculoskelet Radiol* 21(5):487–506
19. Tannast M, Hanke MS, Zheng G, Steppacher SD, Siebenrock KA (2015) What are the radiographic reference values for acetabular under- and overcoverage? *Clin Orthop Relat Res* 473(4):1234–1246
20. Steilzener D, Mamisch TC, Kress I, Domayer SE, Werlen S, Bixby SD et al (2012) Patterns of joint damage seen on MRI in early hip osteoarthritis due to structural hip deformities. *Osteoarthritis Cartilage* 20(7):661–669
21. Schmaranzer F, Hanke M, Lerch T et al (2016) Impingement der Hüfte. *Radiologe* 56:825–838. <https://doi.org/10.1007/s00117-016-0136-4>
22. Lerch TD, Todorski IAS, Steppacher SD, Schmaranzer F, Werlen SF, Siebenrock KA et al (2018) Prevalence of femoral and acetabular version abnormalities in patients with symptomatic hip disease: a controlled study of 538 hips. *Am J Sports Med* 46(1):122–134
23. Leunig M, Jüni P, Werlen S, Limacher A, Nüesch E, Pfirrmann CW et al (2013) Prevalence of cam and pincer-type deformities on hip MRI in an asymptomatic young Swiss female population: a cross-sectional study. *Osteoarthr Cartil* 21(4):544–550
24. Pfirrmann CWA, Mengiardi B, Dora C, Kalberer F, Zanetti M, Hodler J (2006) Cam and pincer femoroacetabular impingement: characteristic MR arthrographic findings in 50 patients. *Radiology* 240(3):778–785
25. Hanke MS, Steppacher SD, Zurmühle CA, Siebenrock KA, Tannast M (2016) Hips with protrusio acetabuli are at increased risk for failure after femoroacetabular impingement surgery: a 10-year followup. *Clin Orthop Relat Res* 474(10):2168–2180
26. Lerch TD, Siegfried M, Schmaranzer F, Leibold CS, Zurmühle CA, Hanke MS et al (2020) Location of intra- and extra-articular hip impingement is different in patients with pincer-type and mixed-type femoroacetabular impingement due to acetabular retroversion or protrusio acetabuli on 3D CT-based impingement simulation. *Am J Sports Med* 48(3):661–672
27. Steppacher SD, Lerch TD, Gharanizadeh K, Liechti EF, Werlen SF, Puls M et al (2014) Size and shape of the lunate surface in different types of pincer impingement: theoretical implications for surgical therapy. *Osteoarthritis Cartilage* 22(7):951–958
28. Zurmühle CA, Anwander H, Albers CE, Hanke MS, Steppacher SD, Siebenrock KA et al (2017) Periacetabular osteotomy provides higher survivorship than rim trimming for acetabular retroversion. *Clin Orthop Relat Res* 475(4):1138–1150
29. Wylie JD, Kim Y-J (2019) The natural history of femoroacetabular impingement. *J Pediatr Orthop* 39(6):S28–32
30. Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R (2005) Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 87(7):1012–1018
31. Albers CE, Steppacher SD, Haefeli PC, Werlen S, Hanke MS, Siebenrock KA et al (2015) Twelve percent of hips with a primary cam deformity exhibit a slip-like morphology resembling sequelae of slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 473(4):1212–1223
32. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA (2012) How useful is the alpha angle for discriminating between symptomatic patients with cam-type femoroacetabular impingement and asymptomatic volunteers? *Radiology* 264(2):514–521
33. Klenke FM, Hoffmann DB, Cross BJ, Siebenrock KA (2015) Validation of a standardized mapping system of the hip joint for radial MRA sequencing. *Skelet Radiol* 44(3):339–343
34. Schmaranzer F, Klauser A, Kogler M, Henninger B, Forstner T, Reichkender M et al (2015) Diagnostic performance of direct traction MR arthrography of the hip: detection of chondral and labral lesions with arthroscopic comparison. *Eur Radiol* 25(6):1721–1730
35. Schmaranzer F, Klauser A, Kogler M, Henninger B, Forstner T, Reichkender M et al (2014) Improving visualization of the central compartment of the hip with direct MR arthrography under axial leg traction: a feasibility study. *Acad Radiol* 21(10):1240–1247
36. Lechler P, Frink M, Gulati A, Murray D, Renkawitz T, Bücking B et al (2014) The influence of hip rotation on femoral offset in plain radiographs. *Acta Orthop* 85(4):389–395
37. Schmaranzer F, Kallini JR, Miller PE, Kim Y-J, Bixby SD, Novais EN (2020) The effect of modality and landmark selection on MRI and CT femoral torsion angles. *Radiology* 296(2):381–390
38. Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK, Wilkinson RH, Griscom NT (1987) Femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am* 69(8):1169–1176
39. Schmaranzer F, Lerch TD, Siebenrock KA, Tannast M, Steppacher SD (2019) Differences in femoral torsion among various measurement methods increase in hips with excessive femoral torsion. *Clin Orthop Relat Res* 477(5):1073–1083
40. Lerch TD, Schmaranzer F, Steppacher SD, Ziebarth K, Tannast M, Siebenrock KA (2020) Most of patients with femoral derotation osteotomy for posterior extraarticular hip impingement and high femoral version would do surgery again. *Hip Int*. <https://doi.org/10.1177/1120700020953100>
41. Hanke MS, Steppacher SD, Anwander H, Werlen S, Siebenrock KA, Tannast M (2017) What MRI findings predict failure 10 years after surgery for femoroacetabular impingement? *Clin Orthop Relat Res* 475(4):1192–1207
42. Cunningham T, Jessel R, Zurakowski D, Millis MB, Kim Y-J (2006) Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage to predict early failure of Bernese periacetabular osteotomy for hip dysplasia. *J Bone Joint Surg Am* 88(7):1540–1548
43. Kim SD, Jessel R, Zurakowski D, Millis MB, Kim Y-J (2012) Anterior delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage values predict joint failure after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 470(12):3332–3341
44. Schmaranzer F, Afacan O, Lerch TD, Kim Y-J, Siebenrock KA, Ith M et al (2021) Magnetization-prepared 2 rapid gradient-echo MRI for B1 insensitive 3D T1 mapping of hip cartilage: an experimental and clinical validation. *Radiology* 299(1):150–158
45. Schmaranzer F, Helfenstein R, Zeng G, Lerch TD, Novais EN, Wylie JD et al (2019) Automatic MRI-based three-dimensional models of hip cartilage provide improved morphologic and biochemical analysis. *Clin Orthop Relat Res* 477(5):1036–1052



Bildgebung in der gelenkerhaltenden Hüftchirurgie

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-der-radiologe

- ? Welche Modalität/Schichtorientierung stellt den Schenkelhalsübergang zur Beurteilung einer Cam-Deformität am genauesten dar?**
- Beckenübersichtsröntgen
 - Ultraschall
 - Lauenstein-Aufnahme
 - Radiäre Magnetresonanztomographie (MRT)
 - „Axial oblique“ MRT
- ? Welches Röntgenzeichen ist *nicht* mit einer Pincer-Morphologie assoziiert?**
- „Cross-over sign“
 - „Ischial spine sign“
 - „Posterior wall sign“
 - Femorale Retrotorsion
 - Protrusio acetabuli
- ? Welches degenerative Zeichen in einer Magnetresonanztomographie der Hüfte stellt den stärksten negativen Prädiktor für ein gutes klinisches Ergebnis nach einer FAI(femoroazetabuläres Impingement)-Operation dar?**
- Labrumläsion
 - „Herniation pit“
 - Pfannenrandosteophy
 - Pfannenrandzyste
 - Knorpelschaden > 2 h
- ? Ein 28-Jähriger Patient mit Hüftschmerzen wird vom Orthopäden zur MRT der Hüfte zugewiesen mit Frage nach Hüftimpingement. Welche Sequenz muss das MRT-Protokoll NICHT zwingend beinhalten?**
- Flüssigkeitssensitive Sequenz des Beckens
 - Axiale Sequenzen des distalen Femurs
 - Bilder in radiärer Orientierung um den Schenkelhals
 - Multiplanare (coronale, sagittale, axiale, axial-oblique) Sequenzen
 - T1w Sequenz des Beckens
- ? Welche der nachfolgenden Morphologien prädisponiert zu einem posterioren extraartikulären Impingement?**
- Exzessiv erhöhte femorale Antetorsion
 - Cam-Deformität
 - Azetabuläre Retroversion
 - Hüftdysplasie
 - Femorale Retrotorsion
- ? Zur Bestimmung der femoralen Torsion wurde welche Methode mit Kadaverstudien validiert und berücksichtigt das Alignment des proximalen Femurs am genauesten?**
- Lee
 - Tomczak
 - Reikeras
 - Murphy
 - Jarrett
- ? Wo befindet sich typischerweise die Cam-Deformität?**
- Anterosuperiores Azetabulum
 - Anterosuperiorer Schenkelhals
 - Posteroinferiorer Schenkelhals
 - Superolateraler Schenkelhals
 - Spina iliaca anterior inferior
- ? Welche der nachfolgend genannten Techniken bildet die Basis der Diagnostik bei gelenkerhaltenden Hüfteingriffen?**
- Computertomographie
 - Magnetresonanztomographie
 - Röntgen
 - Ultraschall
 - EOS
- ? Welche Hüftdeformität kann ein anteriores impingement durch eine Retroversion des Azetabulums kompensieren?**
- Azetabuläre Mehrüberdachung
 - Erhöhte femorale Antetorsion
 - Coxa vara
 - Cam Deformität
 - Coxa valga

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013).

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent-Abonnenten.

? Welche der folgenden Techniken ist die Methode der Wahl zur Detektion von chondrolabralen Schäden im Hüftgelenk?

- Computertomographie-Arthrographie
- Direkte MR-Arthrographie
- Ultraschall
- Native MR-Tomographie des Beckens
- Indirekte MR-Arthrographie



www.springermedizin.de/cme

Automatische Übermittlung Ihrer CME-Punkte an die Ärztekammer

Die auf www.SpringerMedizin.de/cme erworbenen CME-Punkte können auf Ihren Wunsch hin elektronisch an die Ärztekammer übermittelt werden.

So einfach geht's:

➤ **Einheitliche Fortbildungsnummer (EFN) hinterlegen**

Möchten Sie Ihre auf CME.SpringerMedizin.de gesammelten CME-Punkte direkt an Ihre Ärztekammer übermitteln, hinterlegen Sie Ihre EFN bitte bei der Registrierung. Wenn Sie bereits registriert sind, können Sie Ihre EFN jederzeit unter dem Punkt *Meine Daten* nachtragen. Ihre CME-Punkte werden ab sofort automatisch an Ihre Ärztekammer übermittelt.

Weitere Informationen zur elektronischen Punkteübermittlung der Bundesärztekammer finden Sie unter www.eiv-fobi.de

Teilnehmen und weitere Informationen unter:
www.SpringerMedizin.de/cme

Unser Tipp: Mit den **e.Med-Kombi-Abos** stehen Ihnen die CME-Kurse der Fachzeitschriften von Springer Medizin in elektronischer Form zur Verfügung. Auf Wunsch erhalten sie mit den e.Med-Kombi-Abos darüber hinaus eine gedruckte Fachzeitschrift Ihrer Wahl.

Testen Sie e.Med kostenlos und unverbindlich!

Jetzt informieren unter
www.springermedizin.de → „Abo-Shop“
oder telefonisch unter 0800-77 80 777
(Montag bis Freitag, 10 bis 17 Uhr)