



Therapieentscheidung bei Kombinationspathologien Dysplasie – FAI – Fehlrotation

Wann und wieviel sollte korrigiert werden?

Nicolas Vuillemin¹ · Simon D. Steppacher¹ · Malin K. Meier¹ · Lorenz Büchler^{1,2}

¹ Department für Orthopädie und Traumatologie, Inselspital, Universitätsklinik Bern, Bern, Schweiz

² Klinik für Orthopädie und Traumatologie, Kantonsspital Aarau, Aarau, Schweiz

In diesem Beitrag

- Einführung zum Thema
- Pathomechanismus
 Hüftdysplasie • Femoroazetabuläres Impingement (FAI) • Erhöhte oder verminderte femorale Torsion • Kombination der Pathologien
- Diagnostik
 Anamnese und körperliche Untersuchung • Bildgebung
- Therapieentscheidung

Zusammenfassung

Hintergrund: Dysplasie, FAI und femorale Fehlrotationen treten häufig gemeinsam auf und führen zu einem Mischbild an Symptomen und biomechanischen Einschränkungen der Hüfte.

Fragestellung: Was sind die aktuellen Empfehlungen zur bestmöglichen Diagnostik und Therapie bei Kombinationspathologien in der hüfterhaltenden Chirurgie.

Methoden: Auswertung und Diskussion der relevanten Literatur mit Berücksichtigung der eigenen Erfahrung in der Behandlung von komplexen kombinierten Pathomorphologien der Hüfte.

Ergebnisse: Die Anamnese und klinische Untersuchung sind richtungsweisend zur Bestimmung der für die Beschwerden ursächlichen Pathomorphologien. Ein korrekt zentriertes Beckenübersichtsbild sowie eine axiale Aufnahme der Hüfte ist die Grundlage der radiologischen Beurteilung der Hüfte, je nach Fall ergänzt mit MRT, CT sowie Animationen der Hüfte. Da sich die Pathologien funktionell gegenseitig beeinflussen, wird in der Behandlung ein schrittweises Vorgehen empfohlen mit vorerst Korrektur der funktionell relevantesten Pathologie, gefolgt von weiteren Korrekturen je nach Bedarf. Erreicht werden muss vornehmlich eine stabile, korrekt überdachte Hüfte, gefolgt von einem normalen Impingement-freien Bewegungsumfang und normalisierter Funktion der Muskulatur. Dabei ist bei der Wahl der Operationsmethode darauf zu achten, dass sämtliche Pathologien suffizient behandelt werden können.

Schlussfolgerung: Mittels der Operationstechniken der hüfterhaltenden Chirurgie können komplexe, kombinierte Pathologien der Hüfte suffizient behandelt werden. Wichtig ist eine gründliche Diagnostik, um die unterschiedlichen Pathologien und deren Zusammenspiel zu erkennen. Das Ziel der operativen Therapie ist eine möglichst korrekt überdachte, stabile Hüfte mit normalem Bewegungsumfang.

Schlüsselwörter

Arthroskopie · Azetabulum · Osteotomie · Hüftluxation · Hüftgelenk



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Die Hüftdysplasie, das FAI und Torsionspathologien des proximalen Femurs können zu Beschwerden führen und sind Risikofaktoren für die Entwicklung einer Hüftgelenksarthrose. Nicht selten treten diese Erkrankungen in Kombination auf, was die Diagnostik und Therapiewahl erschweren kann. Die einzelnen Pathologien sind zu einem unterschiedlichen Anteil beschwerdeursächlich und können sich gegenseitig verstärken oder

kompensieren. Somit stellt sich die Frage, welche Pathologie korrigiert werden soll, in welcher Reihenfolge und ob ein einzeitiges oder zweizeitiges operatives Vorgehen gewählt werden sollte.

Einführung zum Thema

Die hüftgelenkerhaltende Chirurgie hat das Ziel, durch Optimierung der Biomechanik eine Verbesserung der Funktions-

fähigkeit der Hüfte zu erlangen und somit eine Verminderung der Symptome und des Arthroserisikos zu erreichen. Besteht eine Kombination von unterschiedlichen Erkrankungen der Hüfte, so ist es wichtig, die funktionelle Integrität des gesamten Gelenkes wiederherzustellen. Hierzu müssen die jeweiligen Pathologien und deren gegenseitige Beeinflussung erkannt und ursächlich behandelt werden. Der folgende Artikel gibt eine Übersicht über die verschiedenen Pathologien, das diagnostische Vorgehen und die Therapiemöglichkeiten bei Kombinationspathologien der Hüfte.

Pathomechanismus

Eine Deformität der Hüfte führt zu einer Veränderung der Biomechanik des Gelenkes. Daraus können Einschränkungen des Bewegungsumfanges sowie unphysiologische Belastungen des Knorpels, des Labrums und der Kapsel, als auch erhöhte Belastungen der periartikulären Muskulatur resultieren. Klinisch zeigt sich neben den Beschwerden des Patienten eine eingeschränkte Funktion der Hüfte und es besteht das Risiko einer Arthroseentwicklung. Einzelnen betrachtet haben die unterschiedlichen Deformitäten der Hüfte einen spezifischen Pathomechanismus mit charakteristischen Schädigungen des Gelenkes.

Hüftdysplasie

Die Hüftdysplasie ist gekennzeichnet durch eine verminderte azetabuläre Überdachung des Femurkopfes, oft in Kombination mit einem steilen Pfannendachwinkel ($LCE < 20^\circ$, azetabulärer Index $> 14^\circ$; **Tab. 1**). Dies führt zu einer verminderten Fläche des gewichttragenden Knorpels mit entsprechender Druckbelastung sowie zu einer Instabilität des Femurkopfes. Kompensatorisch kommt es häufig zu einer Hypertrophie des Labrums. Das Schädigungsmuster zeigt typischerweise eine Schädigung mit Delamination des Knorpels in der Hauptbelastungszone am lateralen Rand des Azetabulums mit angrenzender Labrumschädigung und chondrolabraler Separation. Auch zystische Veränderungen sind früh anzutreffen. Mit zunehmender Schwere der Dysplasie

Hier steht eine Anzeige.



werden die Patienten frühzeitiger symptomatisch und das Risiko für eine frühzeitige Gelenksarthrose steigt.

Femoroazetabuläres Impingement (FAI)

Beim FAI führen die knöchernen Deformitäten der Pfanne und des Kopf-Schenkelhals-Überganges zu einer symptomatischen Bewegungseinschränkung des Hüftgelenkes [6]. Im Gegensatz zur Hüftdysplasie mit statischer Überlastung und Instabilität des Femurkopfes, handelt es sich beim FAI um eine dynamische Pathologie der Hüfte mit eingeschränktem Bewegungsumfang. Bei der Deformität des Kopf-Hals-Überganges (Cam-Impingement) handelt sich in den allermeisten Fällen (72 %) um eine idiopathische Deformität [1]. Hier wird als mögliche Ursache eine aktivitätsinduzierte Reaktion der Femurepiphyse während der Adoleszenz mit Ausziehung der Wachstumsfuge nach lateral und Bildung einer konvexen knöchernen Deformität am anterosuperioren Kopf-Hals-Übergang vermutet (Alpha-Winkel > 50°; ■ Tab. 1; [20]). Bei Flexion und Innenrotation des Femurs wird dieser asphärische Abschnitt des Kopf-Hals-Überganges in das Azetabulum gepresst [6], was zu typischen Schäden des angrenzenden Knorpels (Teppichphänomen) sowie des Labrums führt [4]. Mögliche sekundäre Ursachen einer Cam-Deformität sind eine stattgehabte Epiphysiolyse (15 %), Hüftdysplasie (6 %), Status nach M. Perthes (2 %) oder eine posttraumatisch Deformität (2 %) [1].

Beim Pincer-Impingement handelt es sich um eine übermäßige azetabuläre Überdachung des Femurkopfes. Die Pincer-Deformität kann bedingt sein durch

Abkürzungen	
CCD	Corpus-Collum-Diaphysen-Winkel
CHL	Chirurgische Hüftluxation
COS	Crossover-Zeichen
FABER	„Flexion, abduction and external rotation“
FAI	Femoroazetabuläres Impingement
HAS	Hüftarthroskopie
ISS	„Ischial spine sign“
LCE	Lateraler-Centrum-Erker-Winkel
PAO	Periazetabuläre Osteotomie
PWS	„Posterior wall sign“
RI	Retroversionsindex

eine generell tiefe Pfanne (LCE > 34°, Protrusion; ■ Tab. 1) oder durch eine Fehlorientierung der Pfanne mit prominenter Vorderwand (Crossover-Zeichen; Retroversionsindex; ■ Tab. 1; [24]). Bei Flexion und Innenrotation der Hüfte kommt es zu einem Anschlagen des Schenkelhalses an der prominenten Vorderwand [8]. Durch den abrupteren Anprall beim Pincer-Impingement kommt es ebenfalls zur Labrumläsion mit meist kleinerem, pfannenrandnahem Knorpelschaden, verglichen mit der Schädigung bei der Cam-Deformität. Zudem kann es durch Hebelkräfte zu einer Schädigung des Labrums und Knorpels an gegenüberliegender Stelle meist posteroinferior (Contre-Coup-Läsion) kommen [4].

Erhöhte oder verminderte femorale Torsion

Die femorale Torsion beschreibt die Stellung des Schenkelhalses in Relation zur Kniekondylenebene (femorale Torsion; ■ Tab. 1). Die femorale Torsion hat einen großen Einfluss auf den Bewegungsumfang der Hüfte und die statische Belastung des Gelenkes. Abweichungen von der normalen Antetorsion von 10–25° werden als Torsionsfehler bezeichnet [12]. Es gibt verschiedene Messmethoden der femoralen Torsion mit unterschiedlichen Landmarken für die Schenkelhalsachse [19]. Da diese zu systematischen Unterschieden der Messwerte von bis 17° führen, muss die Messmethode bei vergleichenden Studien berücksichtigt werden [19]. Wir bevorzugen die Methode nach Murphy et al., da diese Methode die anatomische Achse des Schenkelhalses am besten wiedergibt [14]. Eine erhöhte femorale Torsion führt zu einer vermehrten Innenrotationsfähigkeit und zu einer limitierten Außenrotation (■ Tab. 2), was zu einem posterioren und meist extraartikulären Impingement zwischen Femur und Os ischium führen kann [13, 21]. Im Unterschied führt die reduzierte femorale Torsion (Retrotorsion) zu einer vermehrten Außenrotationsfähigkeit und limitierten Innenrotation (■ Tab. 2), was wiederum zu einem anterioren Impingement zwischen Schenkelhals und Pfannenrand oder auch extraartikulärem Impingement mit der Spina iliaca anterior inferior führen kann

[9]. Torsionspathologien haben auch einen Einfluss auf die statische Belastung des Gelenkes, so führt eine erhöhte femorale Torsion zu einer erhöhten Belastung der Vorderwand wohingegen eine verminderte Torsion die Vorderwand entlastet.

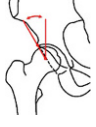
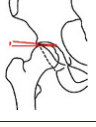

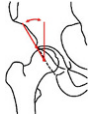





Kombination der Pathologien

Häufig treten Pathomorphologien der Hüfte kombiniert auf. So haben dysplastische Hüften in bis zu 42 % eine Cam-Deformität [25, 30] oder in bis zu 86 % radiologische Zeichen einer azetabulären Retroversion [16]. Dysplastische Hüften haben zudem in bis zu 63 % eine Torsionspathologie, mehrheitlich mit exzessiver Torsion (46 %), seltener mit verminderter Torsion (16 %) [11]. Torsionsstörungen werden auch in Kombination mit einer azetabulären Retroversion in 45 %, einer gemischten Pincer- und Cam-Deformität in 44 %, einer isolierten Cam-Deformität in 43 % und einer Hüftprotrusion in 35 % beschrieben [11].

Durch die Kombination von verschiedenen Pathomorphologien der Hüfte können sich mechanische Probleme verstärken, aber auch kompensieren. So hat die Torsion des Femurs einen großen Einfluss auf den Bewegungsumfang der Hüfte oder eine Impingement-Deformität. Eine exzessive femorale Antetorsion kann eine azetabuläre Retroversion (Pincer-Deformität) kompensieren und die Innenrotationsfähigkeit normalisieren (■ Tab. 2). Im Gegensatz dazu kann eine Retrotorsion des Femurs die azetabuläre Retroversion verstärken und weiter die Innenrotation limitieren (■ Tab. 2). Weiter kann eine zusätzliche Cam-Deformität des Schenkelhalses ein anteriores Impingement verstärken.

Bei dysplastischen Hüften ist der Bewegungsumfang allgemein exzessiv, dies ist bedingt durch die verminderte azetabuläre Überdachung [26]. Die häufige anterosuperiore Cam-Deformität, welche dysplastische Hüften aufweisen können (Prävalenz von bis zu 42 % [16]), führt somit nicht unbedingt zu einem Impingement und meist ist die Flexion und Innenrotationsfähigkeit nicht limitiert. Des Weiteren kann die häufig exzessive Torsion (Prävalenz von bis zu 46 % [11]) ein anteriores Impingement kompensieren. Dies kann sich jedoch nach einer Therapie wie einer Beckenosteotomie zur Erhöhung der azeta-

Tab. 1 Konventionell-radiologische Parameter zur Beurteilung der Hüftmorphologie bei Dysplasie, femoroazetabulärem Impingement und Torsionspathologien. Die Parameter sowie die entsprechenden Normbereiche wurden definiert für die beckenzentrierte Aufnahme beim liegenden Patienten [27, 28]

Parameter	Messung	Aufnahmodalität	Referenzwerte
Dysplasie			
LCE (°) Lateraler-Centrum- Erker-Winkel		Becken- übersicht	Normal: 23–33° Borderline-Dysplasie: 20–23° Dysplasie: < 20°
Azetabulärer Index (°)		Becken- übersicht	Normal: 3–13° Dysplasie: > 14°
Shenton-Linie		Becken- übersicht	Normal: Intakter Bogen Subluxation: Unterbrochener Bogen
Femoroazetabuläres Impingement			
LCE (°) Lateraler-Centrum- Erker-Winkel		Becken- übersicht	Normal: 23–33° Vermehrte Überdachung: > 34° Exzessive Überdachung: > 40°
Protrusio acetabuli		Becken- übersicht	Normal: Fossa acetabuli lateral der ilioischiaschen Linie (Köhler-Linie) Protrusion: Femurkopf medial der ilioischiaschen Linie
Crossover-Zeichen Retroversionsindex (%)		Becken- übersicht	Normal: Kein Crossover-Zeichen Retroversion: Crossover-Zeichen positiv Retroversion quantifizieren mit Retroversion-Index
Alpha-Winkel (°)		Axiales Hüft- Röntgen MRT CT	Normal: ≤ 50° Cam-Morphologie: > 50°
Fehlrotation			
Corpus-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD) (°)		Becken- übersicht	Normal: 125–139° Coxa vara: < 125° Coxa valga: > 139°
Femorale Torsion		MRT CT	Normal: 10–25° Erweiterter Normbereich 0–35° Coxa retortorta < 10° Coxa antetorta: > 25°

bulären Überdachung oder einer derotierenden Femurosteotomie ändern und die Cam-Deformität kann relevant zum vorderen Impingement beitragen.

Die defizitäre Überdachung bei der Dysplasie führt auch zur statischen Überlastung. Zudem beeinflusst auch die femorale Torsion die statische Belastung im Hüftgelenk. So kann bei einer dysplastischen Hüfte mit defizitärer Vorderwand eine exzessive femorale Torsion die anteriore Überlastung noch verstärken oder eine verminderte femorale Torsion kann diese zum Teil kompensieren.

Diagnostik

Anamnese und körperliche Untersuchung

Auch wenn gewisse Symptome, wie zum Beispiel der Leistenschmerz, unspezifisch bezüglich der zugrundeliegenden Pathomorphologie auftreten können, so gibt es Hinweise in der Anamnese und körperlichen Untersuchung, welche auf eine Instabilität, Impingement oder Torsionsstörung hindeuten. Somit kann eine gute Anamnese und körperliche Untersuchung helfen, die korrekte Therapieentscheidung zu finden, was bei Kombinationspathologien der Hüfte nicht immer einfach ist.

Bei der Hüftdysplasie geben Patienten typischerweise belastungsabhängige Beschwerden im Stehen oder Gehen an. Klinisch zeigt sich ein exzessiver Bewegungsumfang aller Dimensionen [26] sowie Beschwerden durch die kompensatorische Überlastung oder Schädigung der periartikulären Weichteile. Durch die anterosuperiore Labrumläsion, verursacht durch die statische Überlastung bei Dysplasie, können Leistenschmerzen in tiefer Flexion und Innenrotation („positiver Impingement-Test“) provoziert werden. Somit muss nicht immer ein zusätzliches Impingement bestehen, obschon der „Impingement-Test“ positiv ist, da die Labrumläsion bei der Hüftdysplasie durch die statische Überlastung bedingt ist. Die Bezeichnung „Impingement-Test“ kann somit irreführend sein, da Leistenschmerzen in Flexion und Innenrotation lediglich auf eine anterosuperiore Labrumläsion hinweisen, nicht aber auf deren Ursache.

Tab. 2 Kombination von femoraler Torsion und azetabulärer Version			
	Verringerte Femorale Torsion	Normale Femorale Torsion	Erhöhte Femorale Torsion
Anteversio der Pfanne			
Normale Version der Pfanne			
Retroversio der Pfanne			

Eine erhöhte femorale Torsion kann eine azetabuläre Retroversion kompensieren (unten rechts). Eine verringerte femorale Torsion (Retrotorsion) kann eine azetabuläre Retroversion noch verstärken (unten links). Die Morphologie des Kopf-Hals-Überganges beeinflusst zusätzlich das Entstehen eines Impingements (nicht gezeigt in der Tab.)

Patienten mit anteriorem Impingement äußern zu Beginn meist Leistenschmerzen bei Belastung. Im Verlauf treten die Leistenschmerzen auch bei längerem Sitzen auf. Die Provokation von Leistenschmerzen in Flexion, Innenrotation und Adduktion hat einen hohen positiven prädiktiven Wert von bis zu 100% bezüglich einer anterioren Labrumläsion [7, 15]. Die Sensitivität des Testes liegt je nach Studie bei 56 oder 80% [7, 15]. Häufig imponiert beim anterioren Impingement eine eingeschränkte Innenrotation und Flexion. Normale Innenrotationsfähigkeit oder Flexion schließt aber ein FAI nicht aus.

Bei Patienten mit posteriorem Impingement, am häufigsten bedingt durch die exzessive femorale Torsion, zeigen sich zusätzliche gluteale Beschwerden beim Stehen oder Treppensteigen. Zudem imponiert eine verminderte Außenrotationsfähigkeit sowie Schmerzprovokation in Extension/Außenrotation oder Flexion/Abduktion/Außenrotation (FABER-Test). Bei posteriorem Impingement können anteriore Leistenschmerzen häufig auch provoziert werden entweder in Flexion/Innenrotation oder beim FABER-Test. Dies

ist bedingt durch den anterioren Labrum-schaden bei posteriorem Impingement, welcher durch die anteriore Subluxation des Kopfes beim posterioren Impingement und deren Hebelkräften entsteht.

Die Inspektion bei Patienten mit exzessiver femoraler Torsion zeigt häufig ein Gangbild mit nach innen gerichteter Fußstellung („in-toeing“). Nebst der femoralen Torsion ist die tibiale Torsion verantwortlich für die resultierende Fußstellung und kann das „in-toeing“ bei hoher tibialer Torsion kompensieren. Trotzdem zeigt sich bei der Untersuchung, dass das „in-toeing“ einen sehr hohen positiv prädiktiven Wert von 93% hat [10]. Das heißt, bei Vorliegen eines „in-toeing“ besteht in 93% eine erhöhte femorale Torsion. Im Gegensatz schließt ein fehlendes „in-toeing“ eine erhöhte femorale Torsion nicht aus (Sensitivität von nur 23%) [10]. Bei der Untersuchung dominiert zudem eine erhöhte Innenrotationsfähigkeit und verminderte Außenrotationsfähigkeit (■ Tab. 2). Aufschluss über das Vorliegen einer femoralen Torsionsstörung gibt insbesondere die Rotationsprüfung in Bauchlage. Eine Asymmetrie von Innen- und Außenrotation ist

ein Indiz für eine femorale Rotationspathologie, wobei eine vergrößerte Innenrotationsfähigkeit für eine erhöhte femorale Torsion spricht. Häufig beklagen sich Patienten mit exzessiver femoraler Torsion zusätzlich über ein Psoas- oder ein Traktus-Schnappen sowie die Unmöglichkeit, den Schneidersitz einzunehmen [23].

Patienten mit verringerter femoraler Torsion können sich mit einem „out-toeing“ präsentieren, wobei hier der positive prädiktive Wert nur 64% beträgt [10]. Auch schließt das Fehlen eines „out-toeing“ die verringerte femorale Torsion nicht aus (Sensitivität von nur 19%). Einen weiteren Hinweis gibt die Rotationsprüfung in Bauchlage mit vermehrter Außenrotation. Auch in Rückenlage dominiert die reduzierte Innenrotationsfähigkeit mit Schmerzprovokation in Flexion und Innenrotation in der Leiste.

Bildgebung

Die korrekte Diagnostik von Kombinationspathologien der Hüfte beinhaltet standardmäßig die konventionelle Bildgebung

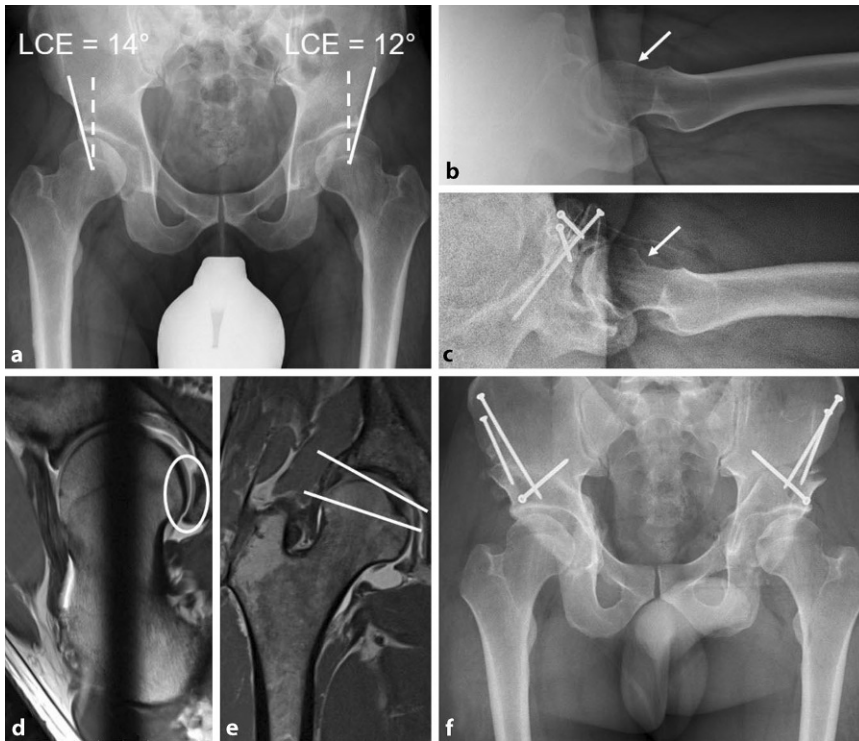


Abb. 1 ▲ 28-jährige Patientin mit beidseitigen Leistenschmerzen insbesondere beim Stehen. Positives vorderes Impingement-Zeichen mit Schmerzprovokation inguinal beidseits. **a** Das Beckenübersichtsbild zeigt einen verminderten LCE (lateral-Centrum-Erker-Winkel) bds. mit erhaltener Shenton-Linie. **b** Deutliche Cam-Morphologie des Schenkelhalses anterior (Pfeil). **c** Zustand nach Korrektur der Cam-Morphologie am Schenkelhals (Pfeil) mittels Hüftarthroskopie. **d** In der präoperativen MRT zeigt sich Kontrastmittel zwischen Femurkopf und Azetabulumhinterhorn (Kreis) als Zeichen einer dezenten Subluxation, bedingt durch die Dysplasie. Des Weiteren zeigt sich anterior eine deutliche Cam-Deformität. **e** Positiver „femoro-epiphyseal acetabular roof index“ als zusätzlicher Hinweis auf eine Instabilität des Gelenks. **f** Zustand nach beidseitiger periazetabulärer Osteotomie zur Verbesserung der azetabulären Überdachung

mit eventuell zusätzlicher Bildgebung wie MRT oder CT.

Konventionelle Röntgenbildgebung
Eine korrekt zentrierte Beckenübersichtsaufnahme und eine axiale Aufnahme der Hüfte ist die Grundlage jeder radiologischen Beurteilung. Die meisten Hüftpathologien lassen sich damit erkennen und es kann beurteilt werden, welche geeigneten Zusatzuntersuchungen durchgeführt werden sollten. Die Darstellung der dreidimensionalen Anatomie des Beckens wird maßgeblich durch die Röntgentechnik beeinflusst. Tief- oder hüftzentrierte Aufnahmen sind ungeeignet für die gelenkserhaltende Hüftchirurgie aufgrund von projektionsbedingt veränderten Messwerten. Insbesondere die azetabuläre Version ist stark von der Zentrierung abhängig. Die meisten Normwerte für die radiologischen Parameter der Hüfte wurden auf beckenzentrier-

ten Aufnahmen beim liegenden Patienten definiert (■ Tab. 1; [27, 29]).

» Die radiologische Darstellung der Beckenanatomie ist stark abhängig von der Röntgentechnik

Bei der Hüft dysplasie kann in der konventionellen Bildgebung die azetabuläre Überdachung, die Steilheit der Pfanne als auch eine Kopfsubluxation bestimmt werden (■ Tab. 1). Eine Beckenübersichtsaufnahme mit den Beinen in Abduktion und Innenrotation kann zudem helfen, bei einer Gelenkspaltverschmälerung zu differenzieren, ob diese durch eine Subluxation oder bereits durch degenerative Veränderungen bedingt ist. Beim Impingement kann in der konventionellen Bildgebung die azetabuläre Überdachung, die azetabuläre Version als auch die Morphologie des Kopf-Hals-Überganges bestimmt

werden. Dabei ist insbesondere die azetabuläre Version stark abhängig von einer korrekt durchgeführten Röntgenaufnahme [27, 29]. Zudem ist eine kleinere anterosuperiore Cam-Deformität in den konventionellen Aufnahmen unter Umständen nicht erkennbar, da sich die Deformität oft in der 2-Uhr-Position des Schenkelhalses befindet, welche in der Beckenübersicht und axialen Aufnahme nicht dargestellt wird. Bei den Torsionspathologien des Femurs ergibt die konventionelle Bildgebung (axiale Aufnahme) höchstens Hinweise. Eine exakte Quantifizierung der Torsion ist nur in der Schichtbildung (MRT oder CT) möglich. Bei Hüften mit exzessiver femoraler Torsion zeigt sich auf dem Beckenröntgen häufig fälschlicherweise eine valgische Morphologie des Schenkelhalses, da das proximale Femur nicht korrekt ausprojiziert wird (die Innenrotation der Beine bei der Aufnahme reicht bei der erhöhten Torsion nicht aus, um den Schenkelhals parallel zur Bildebene darzustellen).

Zusatzaufnahmen

Zu den Zusatzaufnahmen gehört die MRT- und CT-Bildgebung. Dabei gehört die MRT der Hüfte zur Standardabklärung bei der gelenkserhaltenden Chirurgie. Die radiäre Bildgebung zur zirkumferenziellen und orthogonalen Darstellung der ossären Morphologie des Kopf-Hals-Überganges sowie von Labrum und Knorpel ist essenziell für die Beurteilung [18]. Die Verwendung von intraartikulärem Kontrastmittel hat sich als deutlich vorteilhaft bei der Detektion von Knorpel- und Labrumdefekten gezeigt [18].

Bei Hüften mit gemischten Pathologien und einer grenzwertigen Dysplasie, kann die MRT hilfreich sein, um Hinweise auf eine Gelenkinstabilität, bedingt durch die defizitäre azetabuläre Überdachung, zu finden. So zeigen sich bei Dysplasie typischerweise eine Hypertrophie des Labrums [17] oder der periartikulären Muskulatur wie dem Musculus iliocapsularis [2]. Auch finden sich zystische Veränderungen perilabral oder ossär viel früher als bei Hüften mit FAI. Zudem kann die Orientierung der Wachstumsfuge des Femurkopfes in Relation zur azetabulären Ausrichtung hinweisend sein für eine Instabilität („femoro-epiphyseal acetabular roof

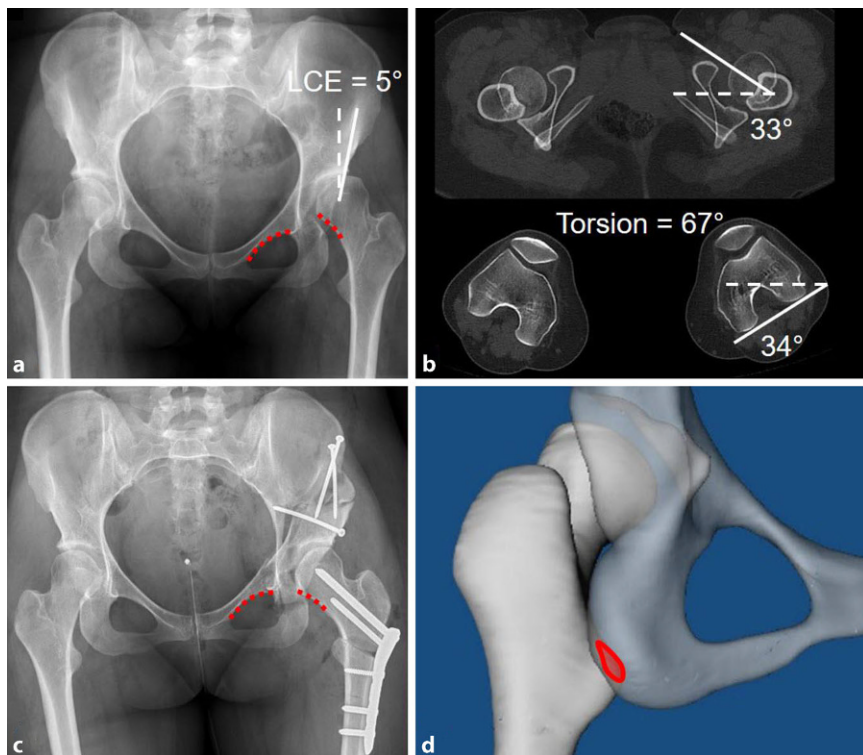


Abb. 2 ▲ 25-jährige Patientin mit chronischen Leistenschmerzen links. **a** Im a.-p. Beckenübersichtsbild zeigt sich eine dysplastische Hüfte links mit einem LCE (Lateral-Centrum-Erker-Winkel) von 5° sowie einer unterbrochenen Shenton-Linie (rote Linie). **b** In der präoperativen CT zeigt sich eine erhöhte femorale Torsion von 67° links. **c** Zur Optimierung der azetabulären Überdachung der Hüfte wurde eine periazetabuläre Osteotomie durchgeführt, zudem eine subtrochantäre Rotationsosteotomie zur Korrektur der femoralen Torsion. Die Shenton-Linie (rote Linie) ist nun nicht mehr unterbrochen. **d** 3-D-Animation der CT zeigt präoperativ ein posteriores extraartikuläres Impingement bei Extension, Ad-duktion und Außenrotation. Sicht von dorsal

index“) [3]. Bei der Bildgebung mittels Arthro-MRT zeigt sich bei Dysplasie zudem eine dezente Subluxation des Kopfes in der radiären Bildgebung mit Kontrastmittel zwischen Femurkopf und Azetabulumhinterhorn (▣ Abb. 1). Diese MRT-basierten Zeichen der Instabilität können helfen, bei gemischten Pathologien zu entscheiden, ob eine grenzwertige Hüftdysplasie behandlungsbedürftig ist.

Beim FAI ist die MRT essenziell zur Lokalisation und Bestimmung der Größe von Cam-Deformitäten. Diese können bei geringer Größe im anterosuperioren Quadranten im Beckenröntgen und der axialen Aufnahme okkult sein. Auch das Schädigungsmuster und die Lokalisation der Schädigung von Labrum und Knorpel gibt Aufschluss, ob es sich bei gemischten Pathomorphologien um eine Instabilität, ein Impingement oder eine Torsionspathologie handelt.

Die Torsionsbestimmung ist nur in der Schichtbildgebung verlässlich durchführ-

bar. Zur Verminderung der Strahlenbelastung bei den üblicherweise jungen Patienten wird heute vermehrt die MRT einer CT vorgezogen. Hier reichen zusätzliche Aufnahmen des distalen Femurs zur Bestimmung der femoralen Torsion (▣ Abb. 2 und 3). Bei gemischten Pathomorphologien hat sich die dynamische Evaluation von 3-D-Modellen der Hüfte bewährt, wo spezifische Bewegungsmuster simuliert werden können. Diese können den Bewegungsumfang simulieren, die Dynamik visualisieren und Impingement-Areale aufzeigen (▣ Abb. 2). 3-D-Modelle von Becken und Femur können mit geringem technischem Aufwand anhand von CT-Bildern generiert und mittels spezifisch entwickelter Software animiert werden [28]. Neu können knöcherne 3-D-Modelle der Hüfte unter Zuhilfenahme von Algorithmen mit künstlicher Intelligenz auch anhand von MRT-Bildgebung mit spezifischen Sequenzen erstellt werden [31]. Bei Patienten mit posteriorem

extraartikulärem Impingement durch exzessive femorale Torsion kann sich zudem ein Weichteilödem ischiofemorale in den flüssigkeitssensitiven Sequenzen der MRT zeigen. Typischerweise ist zudem der chondrolabrale Schaden durch die Subluxation des Kopfes bei diesen Patienten mehr anterior lokalisiert, verglichen mit der mehrheitlich anterosuperioren Lokalisation beim Cam-Impingement.

Therapieentscheidung

Sehr häufig treten Pathomorphologien der Hüfte kombiniert auf, so zum Beispiel die Dysplasie und die azetabuläre Retroversion in bis zu 86 % [16]. Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie ist die Diagnostik der Pathomorphologien, auch wenn lange nicht alle Pathomorphologien für ein gutes klinisches Resultat chirurgisch korrigiert werden müssen (▣ Abb. 4). So ist eine korrekte Bildgebung mit den entsprechenden Zusatzaufnahmen (MRT, CT, Animation) unumgänglich. Zur Bestimmung der Pathomorphologien, welche für die klinischen Probleme relevant sind, sind die Anamnese und klinische Untersuchung richtungweisend. Zudem können chirurgische Interventionen zu einer veränderten Biomechanik des Gelenkes führen, was bei der Planung berücksichtigt werden muss. Als Beispiel führt eine Beckenosteotomie bei Hüftdysplasie zu vermehrter Stabilität aber unweigerlich zu einem reduzierten Bewegungsumfang. Somit kann eine vorbestehende, bisher asymptomatische Cam-Deformität nach Beckenosteotomie zu einem Impingement führen. Auch müssen Patienten darüber aufgeklärt werden, dass gewisse Therapieentscheidungen erst intraoperativ gefällt werden können. So kann zum Beispiel bei Patienten mit gemischtem Impingement und geringer femoraler Torsion oft erst nach Korrektur der Pincer- und/oder Cam-Deformität definitiv entschieden werden, ob eine zusätzliche rotierende Femurosteotomie nötig ist für einen suffizienten Bewegungsumfang (▣ Abb. 3). Auch kann es möglich sein, dass Eingriffe trotz des Nachteils einer doppelten Rehabilitation zweizeitig durchgeführt werden. So kann es bei gemischter Cam-Deformität und grenzwertiger Dysplasie indiziert sein, dass erst die Offsetkorrektur durchgeführt wird,

Hier steht eine Anzeige.



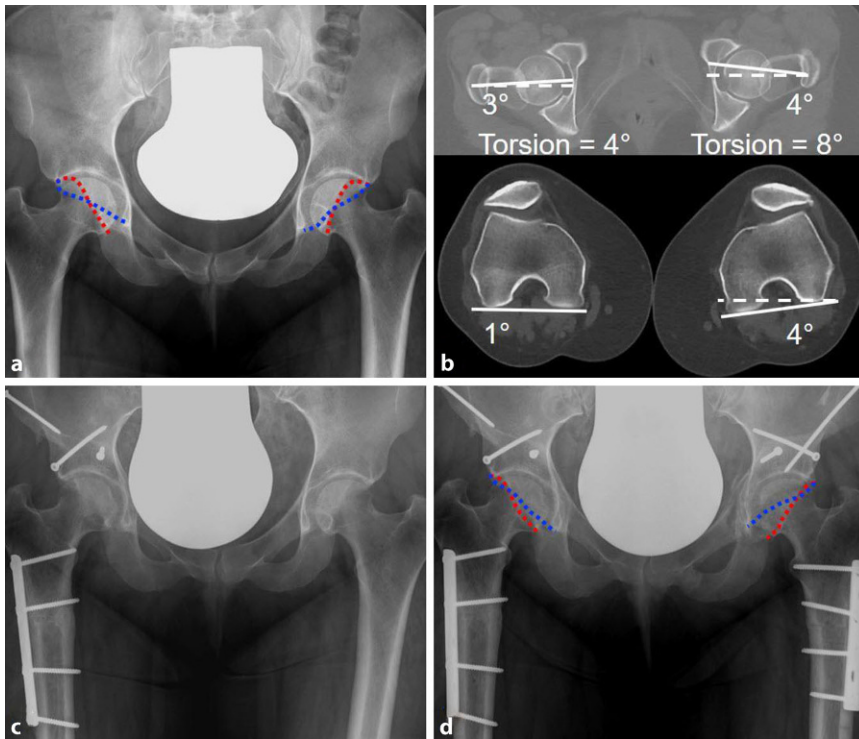


Abb. 3 ▲ 28-jährige Patientin mit beidseitigen Leistenschmerzen beim Gehen und Sitzen seit über 4 Jahren. Keine Vorgeschichte in der Kindheit. Deutlich verminderte Innenrotation bds. sowie positiver vorderer Impingement-Test bds. **a** Das Beckenübersichtsbild zeigt einen erhöhten LCE (Lateraler-Centrum-Erker-Winkel) bds. von 47° mit vermindertem azetabulären Index von -5° . Zudem sind beide Azetabuli stark retrovertiert mit einem Retroversionsindex von 70 % bds. (blaue Linie Vorderwand, rote Linie Hinterwand). **b** Die femorale Torsion war mit 8° links und 4° rechts deutlich unter dem Normwert. Somit bestand ein vorderes Impingement durch die sich gegenseitig verstärkende Kombination aus einer beidseitigen femoralen Retrotorsion mit einer Pincer-Morphologie durch eine ausgeprägte, subtotale azetabuläre Retroversion. **c** Nach einseitiger antevertierender PAO (periazetabuläre Osteotomie) sowie antevertierender Rotationsosteotomie femoral. **d** Nach beidseitiger antevertierender PAO sowie antevertierender Rotationsosteotomie femoral. Die Vorder- und Hinterwand überkreuzen sich nicht mehr

da diese den kleineren chirurgischen und rehabilitativen Aufwand darstellt, als eine Beckenosteotomie zur Verbesserung der Stabilität. Zudem werden lange Eingriffe mit vermehrtem Blutverlust vermieden.

Der Entscheid zur chirurgischen Korrektur einer instabilen Hüft dysplasie wird mittels der Information von Anamnese und klinischer Untersuchung als auch der Bildgebung gefällt. Bei einer grenzwertigen Hüft dysplasie können die MRT-basierenden Zeichen einer Instabilität zusätzlich richtungsweisend sein. Bei den verschiedenen Techniken einer Beckenosteotomie hat sich die periazetabuläre Osteotomie (PAO) als vorteilhaft erwiesen, da sie ein hohes Reorientierungspotenzial für das Azetabulum hat und der Beckenring in seiner Kontinuität erhalten bleibt (Abb. 1, 2 und 3; [22]). Intraoperativ sollte mittels Beckenröntgen oder Bildverstärker kon-

trolliert werden, dass keine Überkorrektur oder Retroversion des Azetabulums entsteht. Auch hat sich bewährt, dass nach Reorientierung des Azetabulums der Bewegungsumfang klinisch überprüft wird. Der exzessive Bewegungsumfang bei dysplastischen Hüften verringert sich stets durch die azetabuläre Reorientierung [26]. Dadurch kann es indiziert sein, dass die in bis zu 42 % vorhandene Cam-Deformität [25, 30] bei Hüft dysplasie ebenfalls korrigiert werden muss (Abb. 1). Meist ist dies durch eine gleichzeitige Arthrotomie oder eine zweizeitige Arthroskopie möglich. Intraoperativ hat sich eine minimale Innenrotationsfähigkeit von 30° nach erfolgter azetabulärer Korrekturen als Grenzwert für eine zusätzliche Offsetkorrektur erwiesen. Eine gleichzeitige Korrektur der femoralen Torsion zusammen mit einer Beckenosteotomie ist nach Erfahrung der Autoren sel-

ten indiziert (Abb. 2; Dysplasie in Kombination mit hoher femoraler Torsion von 67°), obschon eine Kombinationspathologie in bis zu 63 % [11] beschrieben wird. Wird hier nicht ein zweizeitiges Vorgehen gewählt, so kann ein Teil der PAO über die gleichzeitige chirurgische Hüftluxation erfolgen, was die Komplexität der Eingriffe etwas mindert [5].

» Bei der Korrektur gemischter Impingements empfiehlt sich das stufenweise Vorgehen

Bei der Korrektur gemischter Impingements empfiehlt sich das stufenweise Vorgehen. Im ersten Schritt sollte ein suffizienter femoraler Offset erreicht werden. Unabhängig, ob dieser offen oder arthroskopisch erreicht wird, ist das Ziel eine komplette Korrektur der Cam-Deformität, auch an arthroskopisch schwieriger zugänglichen Stellen im Gelenk. Intraoperativ sollte eine dynamische Überprüfung des Bewegungsumfanges mit Bestimmung des Impingement-freien Bewegungsumfanges erfolgen. Kann durch die Offsetkorrektur kein suffizienter Bewegungsumfang erreicht werden, dann sollte bei zusätzlicher Pincer-Deformität der Pfannenrand getrimmt werden. Jedoch bedarf nicht jede kleinere fokale azetabuläre Retroversion einer Pfannenrandtrimmung, da häufig durch eine ausreichende femorale Offsetkorrektur das Impingement behoben werden kann. Kann durch die kombinierte Korrektur von Pincer- und/oder Cam-Deformität bei Patienten mit zusätzlich tiefer femoraler Torsion kein ausreichender Bewegungsumfang erreicht werden, dann ist die zusätzliche Femurosteotomie indiziert. Häufig kann aber dieser Schritt erst intraoperativ nach erfolgter Korrektur von Cam- und/oder Pincer-Deformität erfolgen. Bei dieser Kombinationspathologie empfiehlt sich die offene Korrektur über die chirurgische Hüftluxation, da diese nicht nur erlaubt die Femurosteotomie zu integrieren, sondern nach jedem Korrekturschritt die Verbesserung auf den Bewegungsumfang intraoperativ überprüft werden kann. Bei der Korrektur von deutlichen azetabulären Retroversionen (Retroversionsindex $> 30\%$; Tab. 1) zeigt die Reorientierung des Azetabu-

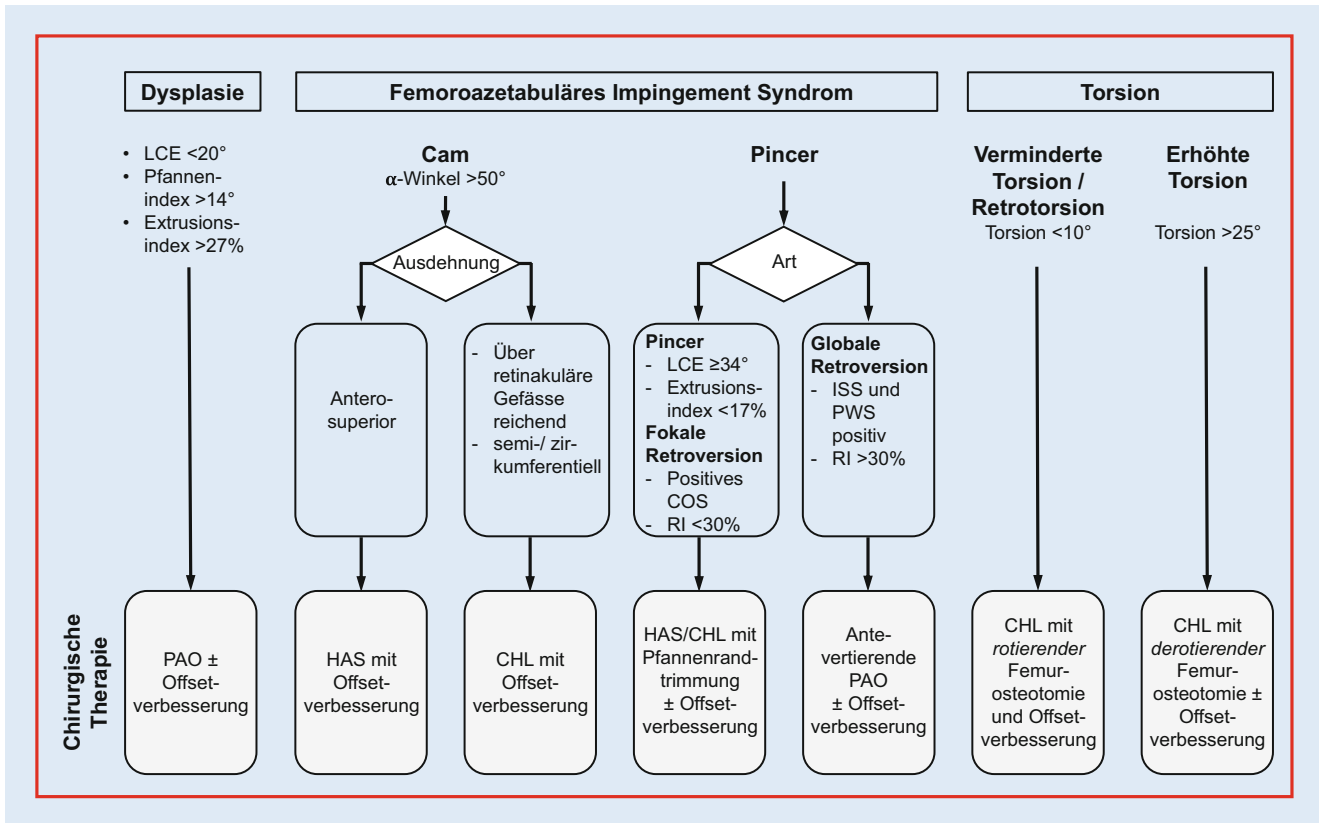


Abb. 4 ▲ Schematische Abbildung der Diagnostik und Behandlung der residuellen Hüftdysplasie, FAI und Fehlrotation des proximalen Femurs. HAS Hüftarthroskopie, CHL chirurgische Hüftluxation, PAO periazetabuläre Osteotomie, LCE Lateraler-Centrum-erker-Winkel, COS Crossover-Zeichen, ISS „ischial spine sign“, PWS „posterior wall sign“, RI Retroversionsindex

lums mittels PAO Vorteile gegenüber der Pfannenrandtrimmung im Langzeitverlauf nach mindestens 10 Jahren [32]. Dies ist durch die potenzielle dysplastische Pfannenform erklärbar, welche nach anteriorer Pfannenrandtrimmung bei azetabulärer Retroversion entstehen kann, was wiederum bei Reorientierung mittels Beckenosteotomie ausgeschlossen ist.

Torsionspathologien des Femurs sind in bis zu 52% bei Patienten mit symptomatischen Hüftgelenksdeformitäten beschrieben (bei Normbereich von 10–25° Femurtorsion) [12]. Bei langen nicht allen Patienten ist eine Korrekturosteotomie des Femurs indiziert. Bei einem erweiterten Normbereich von 0–35° Femurtorsion sind es immer noch 17% [12]. Bei der Indikation für eine rotierende oder derotierende Femurosteotomie ist immer das Zusammenspiel mit der Morphologie des Kopf-Hals-Übergangs und der Pfanne zu berücksichtigen (siehe vorhergehender Paragraf mit Korrektur Offset und Pfannenmorphologie). Am häufigsten ist eine Femurosteotomie

indiziert zur Derotation bei exzessiver Torsion und ischiofemoralem Impingement (Abb. 2). Eine Alternative bei nur mäßig erhöhter femoraler Torsion ist das Trimmen der posterosuperioren Ecke des Trochanter major unter Berücksichtigung der retinakulären Gefäße. Eine Korrektur der Torsion in jedem Fall auf Normwerte ist nicht indiziert, da Torsionskorrektur von mehr als 25° zu einer zu starken Beeinträchtigung der Kniekinematik oder der Abduktorenkraft der Hüfte führen. Hier erlaubt eine zusätzliche Varisierung eine Lateralisierung des Femurs, um dem ischiofemoralem Impingement entgegenzuwirken (Abb. 2). Alternativ kann zusätzlich der oben erwähnte Schritt mit dem Trimmen der posterosuperioren Trochanterecke durchgeführt werden. Das Resultat der Korrektur bei ischiofemoralem Impingement kann intraoperativ während der chirurgischen Hüftluxation überprüft werden, wobei es in Extension/Außenrotation oder FABER-Position zu keiner Subluxation des Femurkopfes mehr kommt. Ähnlich der Offset-

korrektur bei der Beckenosteotomie und Hüftdysplasie, sollte bei der derotierenden Femurosteotomie berücksichtigt werden, dass zusätzlich die Innenrotationsfähigkeit reduziert wird und eventuell eine zusätzliche anterosuperiore Offsetkorrektur nötig ist, um dies zu kompensieren.

Fazit für die Praxis

- Kombinationen von Dysplasie, FAI (femoroazetabuläres Impingement) und femoralen Torsionsfehlern sind häufig und führen zu einem Mischbild an biomechanischen Einschränkungen der Hüfte.
- Zur Bestimmung der Pathomorphologien, welche für die klinischen Probleme relevant sind, sind die Anamnese und klinische Untersuchung richtungweisend. Die Grundlage der radiologischen Diagnostik ist ein korrekt zentriertes Beckenübersichtsbild sowie eine axiale Aufnahme der Hüfte. Je nach Pathologie werden diese Aufnahmen mit MRT, CT sowie Animationen der Hüfte ergänzt.
- Da sich die Pathologien funktionell gegenseitig beeinflussen, wird in der Behandlung ein schrittweises Vorgehen

empfohlen, mit vorerst Korrektur der relevantesten Pathologie, gefolgt von weiteren Korrekturen je nach Bedarf. Dabei ist bei der Wahl der Operationsmethode darauf zu achten, dass sämtliche Pathologien suffizient behandelt werden können.

- Eine instabile oder stark retrovertierte Hüfte sollte mittels azetabulärer Umstellung behandelt werden. Besteht im Anschluss an die Umstellung ein verminderter Bewegungsumfang, sollte die Ursache des Impingements gleich- oder zweizeitig korrigiert werden. Beim FAI wird vorerst die Cam-Komponente reseziert. Wird dadurch kein suffizienter Bewegungsumfang erreicht, wird eine zusätzliche Pincer-Morphologie bez. Torsionsfehler korrigiert.

Korrespondenzadresse



PD Dr. Lorenz Büchler
 Klinik für Orthopädie und Traumatologie,
 Kantonsspital Aarau
 Tellstrasse 25, 5001 Aarau, Schweiz
 lorenz.buechler@ksa.ch

Funding. Open access funding provided by University of Bern

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. N. Vuillemin, S.D. Steppacher, M.K. Meier und L. Büchler geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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. Albers CE, Steppacher SD, Haefeli PC 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* 473:1212–1223
2. Babst D, Steppacher SD, Ganz R et al (2011) The iliocapsularis muscle: an important stabilizer in the dysplastic hip. *Clin Orthop Relat Res* 469:1728–1734
3. Batailler C, Weidner J, Wyatt M et al (2019) Is the Femoro-Epiphyseal Acetabular Roof (FEAR) index on MRI a relevant predictive factor of instability in a borderline dysplastic hip? *Bone Joint J* 101:1578–1584
4. Beck M, Kalhor M, Leunig M et al (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* 87:1012–1018
5. Ganz R, Horowitz K, Leunig M (2010) Algorithm for femoral and periacetabular osteotomies in complex hip deformities. *Clin Orthop Relat Res* 468:3168–3180
6. Batailler C, Parvizi J, Beck M et al (2003) Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 417:112–120
7. Hananouchi T, Yasui Y, Yamamoto K et al (2012) Anterior impingement test for labral lesions has high positive predictive value. *Clin Orthop Relat Res* 470:3524–3529
8. Kim CH, Han S, Yang CJ et al (2020) Correlation between the presence of herniation pit and femoroacetabular impingement: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28:3365–3373
9. Lerch TD, Boschung A, Todorski IS 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* 47:3120–3132
10. Lerch TD, Eichelberger P, Baur H et al (2019) Prevalence and diagnostic accuracy of in-toeing and out-toeing of the foot for patients with abnormal femoral torsion and femoroacetabular impingement: implications for hip arthroscopy and femoral derotation osteotomy. *Bone Joint J* 101-b:1218–1229
11. Lerch TD, Liechti EF, Todorski IS et al (2020) Prevalence of combined abnormalities of tibial and femoral torsion in patients with symptomatic hip dysplasia and femoroacetabular impingement. *Bone Joint J* 102-B:1636–1645
12. Lerch TD, Todorski IS, Steppacher SD 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* 46:122–134
13. Lerch TD, Zwingselstein S, Schmaranzer F 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* 9:2325967121990629
14. Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK et al (1987) Femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am* 69:1169–1176
15. Palsson A, Kostogiannis I, Ageberg E (2020) Combining results from hip impingement and range of motion tests can increase diagnostic accuracy in patients with FAI syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28:3382–3392
16. Reynolds D, Lucas J, Klaue K (1999) Retroversion of the acetabulum. A cause of hip pain. *J Bone Joint Surg Br* 81:281–288
17. Sankar WN, Beaulé PE, Clohisy JC et al (2015) Labral morphologic characteristics in patients with symptomatic acetabular dysplasia. *Am J Sports Med* 43:2152–2156
18. Schmaranzer F, Cerezal L, Llopis E (2019) Conventional and arthrographic magnetic resonance techniques for hip evaluation: what the radiologist should know. *Semin Musculoskelet Radiol* 23:227–251
19. Schmaranzer F, Lerch TD, Siebenrock KA et al (2019) Differences in femoral torsion among various measurement methods increase in hips with excessive femoral torsion. *Clin Orthop Relat Res* 477:1073–1083
20. Siebenrock KA, Behning A, Mamisch TC et al (2013) Growth plate alteration precedes cam-type deformity in elite basketball players. *Clin Orthop Relat Res* 471:1084–1091
21. Siebenrock KA, Steppacher SD, Haefeli PC et al (2013) Valgus hip with high antetorsion causes pain through posterior extraarticular FAI. *Clin Orthop Relat Res* 471:3774–3780
22. Siebenrock KA, Steppacher SD, Tannast M et al (2015) Anteverting periacetabular osteotomy for acetabular retroversion. *J Bone Joint Surg Am* 97:1055–1063
23. Steppacher S, Lerch T, Schmaranzer F et al (2018) Femorale Rotationspathologien. Thieme, Stuttgart
24. Steppacher SD, Lerch TD, Gharanzadeh K et al (2014) Size and shape of the lunate surface in different types of pincer impingement: theoretical implications for surgical therapy. *Osteoarthritis Cartilage* 22:951–958
25. Steppacher SD, Tannast M, Werlen S et al (2008) Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage. *Clin Orthop Relat Res* 466:782–790
26. Steppacher SD, Zurmühle CA, Puls M et al (2015) Periacetabular osteotomy restores the typically excessive range of motion in dysplastic hips with a spherical head. *Clin Orthop Relat Res* 473:1404–1416
27. Tannast M, Fritsch S, Zheng G et al (2015) Which radiographic hip parameters do not have to be corrected for pelvic rotation and tilt? *Clin Orthop Relat Res* 473:1255–1266
28. Tannast M, Kubiak-Langer M, Langlotz F et al (2007) Noninvasive three-dimensional assessment of femoroacetabular impingement. *J Orthop Res* 25:122–131
29. Tannast M, Siebenrock KA, Anderson SE (2007) Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis—what the radiologist should know. *AJR Am J Roentgenol* 188:1540–1552

30. Wells J, Nepple JJ, Crook K et al (2017) Femoral morphology in the dysplastic hip: three-dimensional characterizations with CT. *Clin Orthop Relat Res* 475:1045–1054
31. Zeng G, Degonda C, Boschung A et al (2021) Three-dimensional magnetic resonance imaging bone models of the hip joint using deep learning: dynamic simulation of hip impingement for diagnosis of intra- and extra-articular hip impingement. *Orthop J Sports Med* 9:232596712111046916
32. Zurmühle CA, Anwender H, Albers CE et al (2017) Periacetabular osteotomy provides higher survivorship than rim trimming for acetabular retroversion. *Clin Orthop Relat Res* 475:1138–1150

Treatment strategies for the combination of hip dysplasia, femoroacetabular impingement and malrotation of the proximal femur. How much should be corrected?

Background: Hip dysplasia, FAI and femoral malrotation often occur together, resulting in mixed symptoms and severe biomechanical limitations of the hip.

Objectives: To report on the current recommendations for the best possible diagnosis and treatment strategies of combination pathologies in hip-preserving surgery.

Methods: Review and discussion of the relevant literature with consideration of own experience in the treatment of complex combined pathomorphologies of the hip.

Results: Patient history and a thorough clinical examination are key for determining the predominant pathomorphologies causing the symptoms. Standardized conventional ap pelvic and axial images of the hip are the basis for the radiological assessment of the hip, supplemented with MRI, CT and animations of the hip, depending on the case. As the pathologies influence each other functionally, a stepwise approach to treatment is recommended. The functionally most relevant pathology is treated first, followed by further corrections as needed. The primary goal is to achieve a stable hip with normal acetabular coverage, followed by an impingement-free range of motion and normalized musculoskeletal function. Care must be taken in the choice of surgical method to ensure that all pathologies can be adequately treated.

Conclusion: Complex, combined pathologies of the hip can be treated sufficiently with hip-preserving surgery. A thorough diagnosis is important in order to recognize the functional interaction of the different pathologies. The goal of the surgical therapy is a correctly covered, stable hip with a normal range of motion.

Keywords

Arthroscopy · Acetabulum · Osteotomy · Hip dislocation · Hip joint