

Catharina Chiari, Benjamin Kraler, Matthias Pallamar, Andreas Kranzl, Gabriel Mindler

Torsionsfehler – Auswirkungen auf Knie- und Hüftfunktion bei jugendlichen Sportlerinnen und Sportlern

Zusammenfassung:

Die femorale Antetorsion, der Winkel zwischen Femurhals- und Knieachse, beträgt vor der Geburt etwa 30–40 Grad und sinkt bis zum Erwachsenenalter auf 10–15 Grad, vor allem in den ersten 8–10 Lebensjahren. Eine erhöhte Antetorsion kann einen Einwärtsgang verursachen, der sich oft spontan zurückbildet. Die Tibiatorsion, die Drehung des Schienbeins um die Längsachse, ist bei Geburt gering oder nach innen gerichtet und entwickelt sich bis zum Erwachsenenalter zu 20–30 Grad Außenrotation.

Torsionsdeformitäten entstehen durch pathologische Rotationsstellungen und können Gangbild, Hüft- und Kniefunktion beeinträchtigen. Erhöhte Femurantetorsion führt zu innenrotiertem Gang, Retrotorsion zu außenrotiertem Gang. Das „miserable malalignment“ kombiniert erhöhte Femurantetorsion und Tibiatorsion, was zu Einwärtsstellung der Kniescheiben führt. Folgen sind Knieschmerzen, Patellainstabilität, Hüftimpingement oder Leistenschmerzen. Retrotorsion erhöht das Coxarthrosrisiko. Die Diagnostik beginnt mit Gangbildanalyse und Torsionsmessung in Bauchlage, gefolgt von Bildgebung (Röntgen, MRT, CT oder EOS). 3D-Ganganalysen erfassen funktionelle Auswirkungen, wobei Kompensationsmechanismen klinische Befunde verschleiern können. Sportlich aktive Jugendliche mit Torsionsfehlern leiden häufig an Hüft- und Knieschmerzen, Impingements, Labrumschäden und Instabilitäten. Erhöhte Antetorsion steigert das Sturz- und Verletzungsrisiko. An der Hüfte kann Retrotorsion extraartikuläre Impingements verursachen, erhöhte Antetorsion oder hoher McKibbin-Index führen zu ischiofemorale Impingements. Tiefe Hüftflexion und Ausfallschritte sind oft ungünstig. Am Knie verstärken Valgusfehlstellung und hohe Torsion patellofemorale Überlastung. Hohe Tibiatorsion erhöht die Gelenkbelastung, erhöhte Antetorsion kann das Risiko für Kreuzbandverletzungen steigern.

Eine dauerhafte Korrektur ist nur chirurgisch möglich. Operationen erfolgen ab dem 10. Lebensjahr, wenn keine Spontankorrektur mehr zu erwarten ist. Am Femur werden proximale oder diaphysäre Osteotomien mit Platten oder Marknägeln durchgeführt, Letztere sind minimalinvasiver und erlauben frühere Belastung. An der Tibia wird meist eine supramalleoläre Derotationsosteotomie mit winkelstabiler Platte vorgenommen. Rotationsmessungen erfolgen intraoperativ über Drähte, Schrauben oder digitale Geräte. Die Nachbehandlung umfasst 4–6 Wochen Teilbelastung und Metallentfernung nach etwa 12 Monaten.

Studien zeigen postoperativ Funktionsverbesserung und Schmerzlinderung, jedoch teils bleibende Defizite. Komplikationsraten bei femoralen Derotationsosteotomien liegen bei etwa 7%, Pseudoarthrosen bei knapp 5%, begünstigt durch hohen BMI, geringe Markraumauffüllung und statische Verriegelung. Neue 3D-Methoden und patientenspezifische Schablonen könnten die Korrekturgenauigkeit verbessern.

Schlüsselwörter:

Torsion, Femur, Tibia, Sport, Kinder, Jugendliche

Zitierweise:

Chiari C, Kraler B, Pallamar M, Kranzl A, Mindler G: Torsionsfehler – Auswirkungen auf Knie- und Hüftfunktion bei jugendlichen Sportlerinnen und Sportlern

OUP 2025; 14: 202–208

DOI 10.53180/oup.2025.0202-0208

Torsional malalignment – impact on knee and hip function in young athletes

Summary: Femoral anteversion, defined as the angle between the femoral neck axis and the knee axis, measures approximately 30–40° before birth and decreases to 10–15° by adulthood, predominantly within the first 8–10 years of life. Excessive anteversion may result in in-toeing gait, which frequently resolves spontaneously. Tibial torsion, the rotation of the tibia along its longitudinal axis, is minimal or internally directed at birth and progresses to 20–30° of external rotation in adulthood.

Torsional deformities result from pathological rotational alignment and may impair gait as well as hip and knee function. Increased femoral anteversion produces internal rotation of gait, while retroversion causes external rotation. The “miserable malalignment” syndrome combines increased femoral anteversion with tibial torsion, leading to medially oriented patellae. Clinical consequences include anterior knee pain, patellar instability, hip impingement, and groin pain. Retroversion is associated with increased coxarthrosis risk. Diagnostic work-up comprises gait analysis and prone torsion measurement, followed by imaging (radiographs, MRI, CT, or EOS). Three-dimensional gait analysis can quantify functional impairment, although compensatory mechanisms may mask clinical findings.

In physically active adolescents, torsional malalignment is frequently associated with hip and knee pain, impingement syndromes, labral pathology, and instability. Excessive anteversion increases fall and injury risk. At the hip, retroversion may cause extra-articular impingement, whereas excessive anteversion or a high McKibbin index can lead to ischiofemoral impingement. Deep hip flexion and lunge-type activities are often detrimental. At the knee, valgus alignment combined with high torsion aggravates patellofemoral overload. High tibial torsion increases joint stress, and excessive anteversion may elevate the risk of anterior cruciate ligament injury. Definitive correction is only achievable surgically. Procedures are indicated from approximately age 10, once spontaneous remodeling is unlikely. Femoral deformities are addressed by proximal or diaphyseal osteotomy, stabilized with plates or intramedullary nails; the latter allow minimally invasive technique and earlier weight bearing. Tibial deformities are most often treated by supramalleolar derotation osteotomy with angular stable plating. Intraoperative rotational assessment is performed using guide wires, screws, or digital measurement devices. Postoperative care typically involves partial weight bearing for 4–6 weeks, with hardware removal at approximately 12 months. Postoperative studies report significant improvement in pain and function, although residual deficits may persist. Reported complication rates for femoral derotation osteotomy are ~7 %, with non-union in ~5 %, associated with high BMI, low intramedullary canal fill, and static locking. Emerging 3D techniques and patient-specific cutting guides may further enhance correction accuracy.

Keywords: Torsion, femur, tibia, sports, children, adolescents

Citation: Chiari C, Kraler B, Pallamar M, Kranzl A, Mindler G: Torsional malalignment – impact on knee and hip function in young athletes
OUP 2025; 14: 202–208. DOI 10.53180/oup.2025.0202-0208

Torsionsentwicklung von Femur und Tibia

Die Antetorsion des Femurs beschreibt den Winkel zwischen der Achse des Femurhalses und der transkondylären Achse des distalen Femurs. Intrauterin beträgt die femorale Antetorsion etwa 30–40°. Diese hohe Antetorsion ist vermutlich eine Anpassung an die intrauterinen Platzverhältnisse [1]. Postnatal reduziert sich die Antetorsion kontinuierlich im Verlauf des Wachstums auf durchschnittlich 10–15° im Erwachsenenalter [2]. Die Reduktion erfolgt hauptsächlich in den ersten 8–10 Lebensjahren, ver-

mutlich infolge muskulärer Aktivität und Gewichtsbelastung. Persistierend erhöhte Antetorsion kann zu Einwärtsgang (intoing gait) führen, was bei Kindern häufig beobachtet wird, sich jedoch meist spontan normalisiert. Die Tibiatorsion beschreibt die Verdrehung der Tibia um ihre Längsachse. Im Gegensatz zur Femoralantetorsion ist die Tibiatorsion auswärts gerichtet, das Sprunggelenk ist gegenüber der transkondylären Achse des Tibiakopfes nach außen gedreht. Bei Geburt besteht oft eine geringe oder sogar negative Torsion der Tibia (ca. 0–5° einwärts) [1]. Während des

Wachstums kommt es zu einer physiologischen Außenrotation der Tibia, die im Erwachsenenalter durchschnittlich bei etwa 20–30° liegt. Die Rotation entsteht durch asymmetrisches Längenwachstum sowie mechanische Reize im Zusammenhang mit dem Gang [3, 4].

Torsionsdeformitäten im Kindes- und Jugendalter

Maltorsionssyndrome an den unteren Extremitäten beschreiben eine pathologische Torsion (Drehfehler) von Oberschenkel und/oder Unterschenkel in der transversalen Ebene. Fehl-

entwicklungen in der Torsion von Femur und/oder Tibia können zu funktionellen Problemen wie Gangstörungen führen. Während die erhöhte femorale Antetorsion bei normaler Unterschenkeltorsion zu einem Innenrotationsgang führen kann, kann es bei der femoralen Retrotorsion zu einer eingeschränkten Hüftinnenrotation und außenrotiertem Gangbild kommen. Der Einwärtsgang kann mit einer Stolperneigung einhergehen. Das sogenannte „miserable malalignment syndrome“ ist eine Kombination aus vermehrter Femurantetorsion und Tibiatorsion, die bei unauffälligem Fußöffnungswinkel zu einem „Kneeing-in“, also eine Einwärtsorientierung der Kniescheiben führt (Abb. 2). Im Adoleszentenalter sind Knieschmerzen und Hüftbeschwerden häufiger als bei jüngeren Kindern. Insbesondere besteht im Kniebereich ein erhöhtes Risiko für Patellainstabilität und Patellaluxationen. Im Bereich der Hüfte treten Schmerzen im Trochanterbereich auf, es kann auch zu einem Tractuschnappen kommen. Eine erhöhte femorale Torsion kann Leistschmerzen durch Subluxationsphänomene und Labrumreizung verursachen oder durch eine verminderte Distanz zwischen Trochanter minor und Sitzbein ein posteriores Impingement mit tiefem glutealen Schmerz provozieren. Eine reduzierte Antetorsion des Femurs schränkt die Innenrotationsfähigkeit ein und kann eine Ursache eines femoroacetabulären Impingements sein. Hier spielt auch das Zusammenspiel von Pfannenversion und Femurtorsion eine Rolle, die sich gegenseitig verstärken oder kompensieren können. Eine vermehrte Retroversion der Pfanne stellt sich im Beckenübersichtsröntgen durch eine vermehrte ventrale Hüftkopfüberdachung und eine prominente spina ischiadica („ischial spine sign“) dar (Abb. 1a). Der Mc Kibbin-Index dient der Einschätzung der kombinierten Torsion bzw. Version. Die Femurretrotorsion ist mit einem erhöhten Coxarthrosrisiko assoziiert, während dieses für eine zu hohe Antetorsion nicht nachgewiesen ist [3–9]. Eine genaue klinische und bildgebende Diagnostik ist insb. bei persistierenden Gangauffälligkeiten oder Schmerzen angezeigt.

Auffälligkeiten der Torsion werden im routinemäßigen kinderorthopädischen Work-up zunächst mit einer klinischen Untersuchung analysiert. Dazu zählt die Beobachtung des Gangbildes in Bezug auf den Fußöffnungswinkel und die Kniescheibenposition. Die klinische Quantifizierung der Torsion findet in Bauchlage und 90° gebeugten Kniegelenken statt. Die Femurtorsion lässt sich relativ genau einschätzen, wenn der Unterschenkel so weit nach außen gedreht wird, bis der Trochanter major am prominentesten zu tasten ist. Dann entspricht der Winkel zwischen Unterschenkel und der Vertikalen der Femurantetorsion. Die Tibiatorsion lässt sich am einfachsten durch die Fuß-Oberschenkelachse ebenfalls in Bauchlage bei 90° gebeugtem Knie beurteilen. Der Fuß sollte 10–15° nach außen weisen [1, 5, 9]. Die bildgebende Diagnostik beginnt mit einer Ganzbeinaufnahme im Zweibeinstand a.p.. Eventuelle Beinlängendifferenzen sollten ausgeglichen werden. Essenziell ist die zentrale Einstellung der Kniescheibe. Anhand der Projektion von Fuß-, Sprung- und Hüftgelenk können indirekte Hinweise auf Torsionsfehlstellungen festgestellt werden. Seitliche Ganzbeinaufnahmen sind bei klinischen Auffälligkeiten des sagittalen Profils und Bewegungseinschränkungen zu ergänzen. Exakt und strahlenfrei wird die knöcherne Torsion mit der Magnetresonanztomografie (MRT) bestimmt. Das sogenannte Rotations- oder Torsions-MRT besteht aus transversalen Schnitten auf Hüft-, Knie- und Sprunggelenkebene. Es werden die Winkel zwischen der dorsalen Tangente der Femurkondylen zur Schenkelhalsachse bzw. der dorsalen Tangente der Tibiakondylen zur Sprunggelenksachse gemessen. Die Festlegung von absoluten Normwerten ist problematisch, da verschiedene Messmethoden erhebliche Unterschiede aufweisen [10, 11]. Es ist daher wesentlich, dass die Messmethode bekannt ist, bzw. im Befund angegeben wird, um die Werte interpretieren zu können. Alternativ kann die Computertomografie (höhere Strahlenbelastung, jedoch kürzere Untersuchungsdauer) oder die selten verfügbare strahlensparende EOS®-Untersuchung (EOS-Imaging, Paris, Frankreich) an-

gewendet werden. Die Auswirkungen auf die Gelenkbelastung und die funktionellen Aspekte werde idealerweise in einer 3D-Ganganalyse untersucht. Knöcherne Torsionsfehlstellungen schlagen sich nicht immer in gleichem Maß im Gangbild nieder, da verschiedene dynamische Kompensationsmechanismen existieren. Femurtorsionsfehlstellungen haben einen geringeren Einfluss auf den Fußöffnungswinkel als jene der Tibia [12]. Des Weiteren können Kombinationen von transversalen, frontalen und sagittalen Fehlstellungen das Belastungsmoment auf die Gelenke potenzieren. Es ist beispielsweise bekannt, dass im Fall einer Valgusfehlstellung des Kniegelenks mit simultan erhöhter Tibiatorsion bzw. erhöhter Femurtorsion trotz erfolgreicher Korrektur der frontalen Fehlstellung, anhaltende Fehlbelastungen des Kniegelenks bestehen bleiben [13]. Ist wachstumsbedingt keine spontane Korrektur der Torsion zu erwarten und liegt eine deutliche Einschränkung beim Gehen oder bei Alltags- oder sportlichen Aktivitäten vor, so wird eine Therapie empfohlen.

Sportliche Belastung bei Torsionsdeformitäten

Studien, die sich mit sportlicher Belastung und Torsionsdeformitäten befassen, sind in der Literatur selten. Aus der täglichen Praxis wissen wir jedoch, dass Torsionsfehler insb. muskuläre Beschwerden im Hüftbereich und Kniebereich auslösen können. Auch Gelenkbeschwerden wie Impingementsymptome an der Hüfte, Subluxationsphänomene mit Labrumschäden und Patellainstabilitäten bis hin zur Patellaluxation werden gehäuft beobachtet. Torsionsdeformitäten können die Sportfähigkeit bei jugendlichen stark beeinträchtigen. In einer Studie prä- und postoperativer Ergebnisse bei femoralen und tibialen Torsionspathologien wurde eine deutliche Herabsetzung subjektiver Scores in Bezug auf physische Funktion und Sport festgestellt. Des Weiteren wurde eine Reduktion der Muskelkraft nachgewiesen [14]. Vor allem eine erhöhte femorale Antetorsion erhöht die Fallneigung und damit auch die Verletzungsgefahr bei sportlicher Aktivität [15].

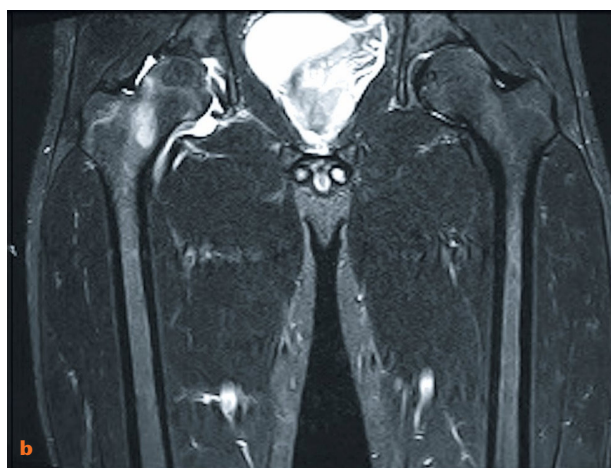
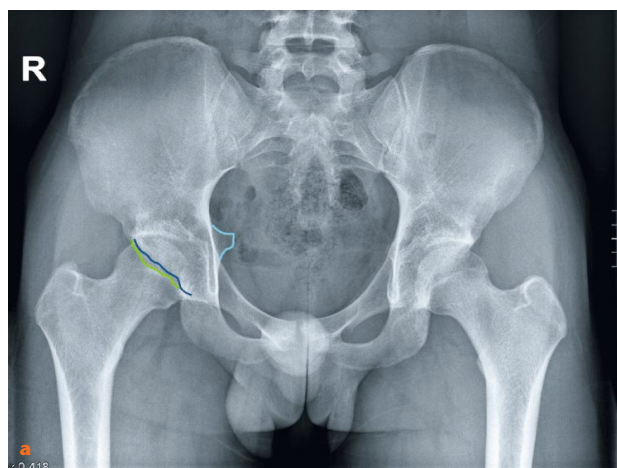


Abb. 1–2: C. Chiari

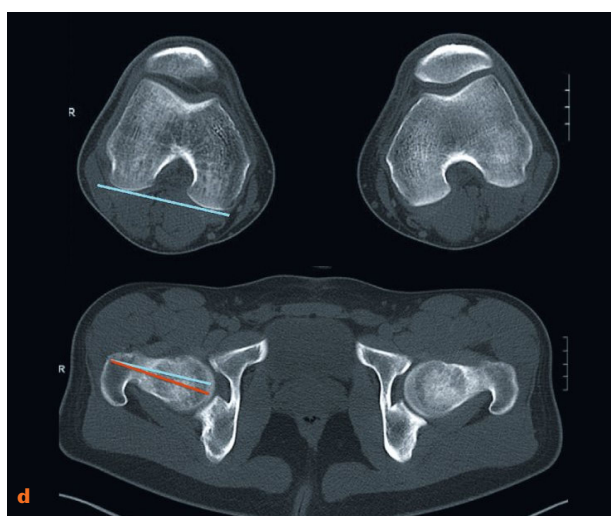


Abbildung 1a–e Fallbeispiel eines 17-jährigen Fußballers mit extrem starken Leisten-
schmerzen rechts, zum Zeitpunkt der Vorstellung war der Patient nur mit Gehstützen
mobil. Die Abklärung zeigt das Bild einer Pfannenretroversion. In der Beckenübersicht-
aufnahme sind die typischen Zeichen des positiven „ischial spine signs“ und eine
Überlappung des vorderen und hinteren Pfannenrandes zu sehen (a). Das Rotations
CT zeigt zusätzlich eine Retrotorsion des Femurs (d). Durch die Impingementsituation
ist ein „herniation pit“ ventral am Schenkelhals zu sehen (c), korrespondierend dazu
ein Stressödem im MRT (b). Es erfolgte eine Korrektur der Pfannenversion durch eine
antevertierende periazetabuläre Osteotomie (PAO), sowie eine femorale Torsionskorrek-
tur mit Marknagelosteosynthese (e, f). Zusätzlich wurde eine Schenkelhalsmodell-
ierung über eine Kapsulotomie durchgeführt. Ergebnis nach Metallentfernung nach
14 Monaten: Der Patient war zu diesem Zeitpunkt wieder voll im Leistungssport aktiv
und beschwerdefrei.

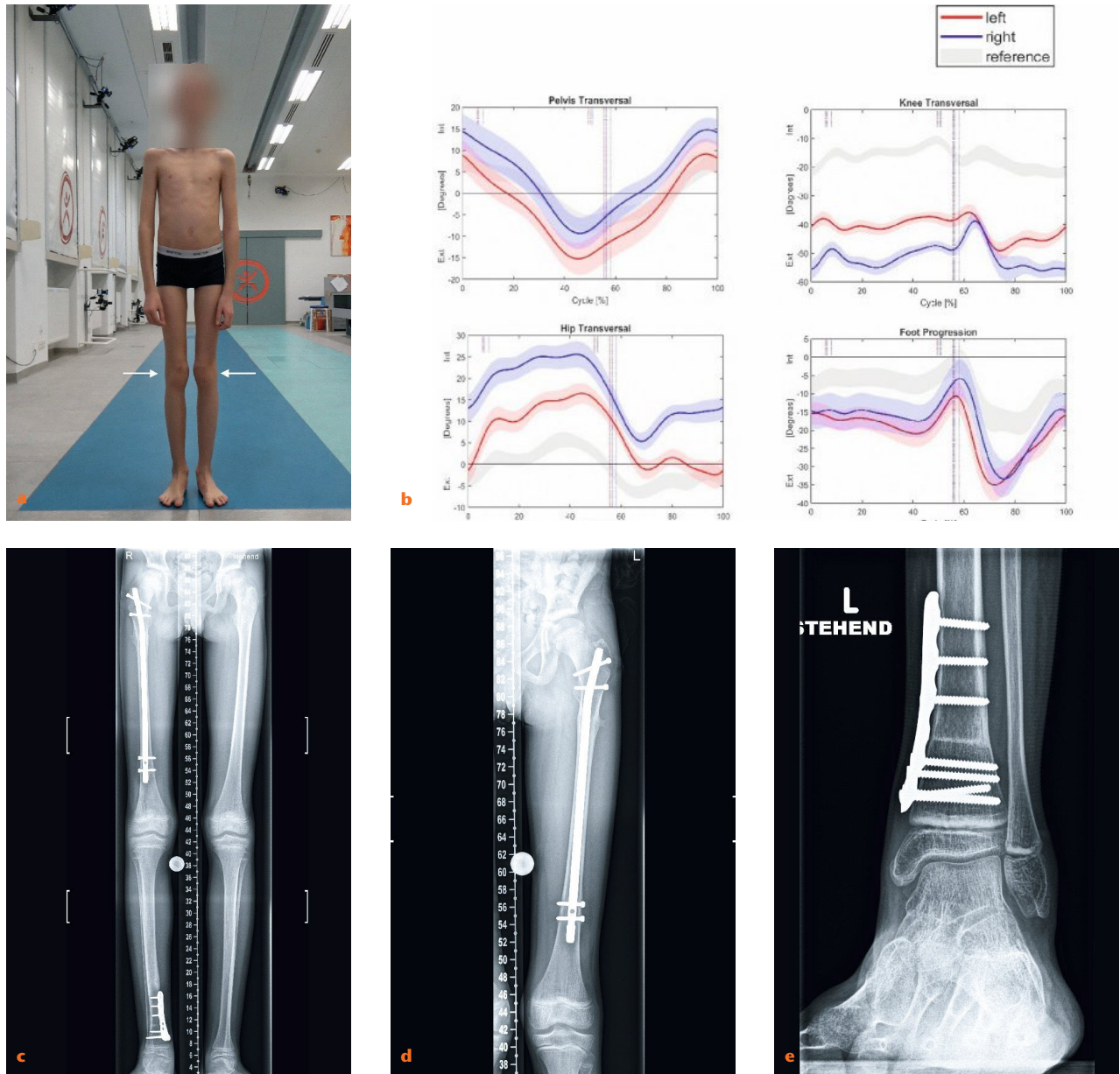


Abbildung 2a–e Typisches Bild eines „miserable malalignments“ mit einwärtsgerichteten Knieen (Pfeile) bei einem 11-jährigen Jungen (**a**). Die Kurven der Ganganalyse zeigen eine Einwärtsdrehung der Hüft- und Kniegelenke bei leicht erhöhtem Fußöffnungs-
winkel. Dieses Bild kommt durch eine stark erhöhte Femurantetorsion und Tibiantetorsion zustande. Im Rotations-MRT wurde eine Femur-
antetorsion von 30° rechts und 33° links, sowie eine Tibiantetorsion von 56° rechts und 58° links gemessen. Der Patient klagte über
Schmerzen im Knie und Oberschenkelbereich und hatte Schwierigkeiten beim Laufen. Es wurden beidseits Korrekturosteotomien an
Femur und Tibia im Abstand von 6 Monaten durchgeführt. 6 Monate postoperativ rechts (**c**), 6 Monate postoperativ links (**d, e**).

Hüfte

Durch die zunehmende Auseinandersetzung mit der hüftgelenkerhaltenden Chirurgie, sowohl offen als auch arthroskopisch, ist die strukturierte Abklärung von Hüftgelenkbeschwerden bei jungen Patientinnen und Patienten mittlerweile etabliert. Die klinische und radiologische Torsionsanalyse der unteren Extremität ist Teil der Abklärung, da mittlerweile bekannt ist, dass Torsionsfehlstellungen neben den bekannten Formen des femoroa-

cetabulären Impingements (FAI) wie den CAM- und Pincer-FAI ebenfalls Impingementprobleme verursachen können. Das Pincer-Impingement ist durch eine überschießende Überdachung des Hüftkopfes gekennzeichnet, wodurch es in Flexion zu einem Frühkontakt zwischen Pfannenrand und Schenkelhals kommt. Diese Form ist jedoch bei jugendlichen Sportlerinnen und Sportlern nur selten relevant. Hier ist das CAM-FAI von Bedeutung. Die CAM-Morphologie entsteht wäh-

rend des Wachstums als physiologische Antwort auf stark belastende sportliche Aktivität und folgt einer Dosis-Wirkung-Beziehung. Sie entsteht durch eine epiphysiäre Extension, typischerweise anterosuperior am Schenkelhals. Diese Offsetstörung führt in Flexion und Innenrotation zu einer Einklemmungssituation zwischen Schenkelhals und Pfannenrand mit konsekutiven Labrum- und Knorpelschäden. Sportarten wie Fußball, Eishockey, Leichtathletik, Tanz, Gym-

nastik, Basketball und Volleyball sind besonders mit dem Risiko eines CAM-FAI assoziiert [16, 17]. Torsionsfehler können das CAM-Impingement verstärken bzw. den Ort des FAI beeinflussen. Lerch et al. zeigten mit CT-basierenden 3D-Simulationen, die von Patientinnen und Patienten mit symptomatischem CAM-FAI generiert wurden, dass eine Retrotorsion des Schenkelhalses signifikant häufiger ein extraartikuläres subspinales Impingement verursacht und sich auch die Lokalisation des intraartikulären FAIs sich in Flexion nach anterior-inferior verschiebt. Diese Erkenntnis ist wichtig für die Planung von Korrekturoperationen. Das Autorenteam gibt aber auch die Empfehlung, dass Patientinnen und Patienten mit FAI und Retrotorsion des Schenkelhalses tiefe Beugung bei Kniebeugen und Ausfallschritten vermeiden sollten [18]. Dieselbe Arbeitsgruppe untersuchte auch den Effekt einer vermehrten femoralen Torsion bzw. eines erhöhten Mc Kibbin-Index auf die sportliche Leistung bei Frauen. Hier wurde ebenfalls ein CT-basiertes 3D-Modell angewendet. Es wurde gezeigt, dass eine erhöhte femorale Antetorsion und ein hoher Mc Kibbin-Index bei reiner Extension des Hüftgelenks (ohne Außenrotation) zu einem früheren Kontakt zwischen Femur und Sitzbein führt und ein ischiofemorales Impingement verursachen. Als Konsequenz werden Sportarten wie Laufen, Ballett oder Ausfallschritte als nicht empfehlenswert für Patientinnen mit den beschriebenen Torsionsmorphologien eingestuft [7]. Die in Abbildung 1 dargestellte Kasuistik zeigt die multiplen Komponenten, insb. die Torsionspathologie, die eine FAI-Symptomatik verursachen können (Abb. 1). Die Bedeutung der kinematischen Untersuchung wird in einer Arbeit von Alexander et al. evident. Hier wurden Kinder und Jugendliche mittels Ganganalyse untersucht und Patientinnen und Patienten mit erhöhter femoraler Torsion einer Kontrollgruppe gegenübergestellt. Es zeigte sich dabei, dass eine erhöhte femorale Antetorsion nicht unweigerlich zu vermehrter Gelenkbelastung (Hüfte und Knie) führt [19]. Somit ist die individuelle Abklärung durch die Kombination sämtlicher Untersuchungsmodalitäten unerlässlich.

Knie

Fehlstellungen im Bereich des Kniegelenks können mit erhöhter Gelenkbelastung einhergehen und letztendlich zu Knorpelschäden und Osteoarthritis führen. Im Kindes- und Jugendalter sind vor allem Überlastungsprobleme relevant, die sich in Schmerzen gehäuft im peripatellären Bereich äußern. Das bereits weiter oben beschriebene „miserable malalignment“ wird besonders mit patellofemoralen Überlastungen und Instabilitäten in Verbindung gebracht. In einem systematischen Review von Pagliazzi et al. zum Thema Überlastungsverletzungen wurden die häufigsten Pathologien im Kniebereich im Kindes- und Jugendalter in Zusammenhang mit Torsionsanomalien betrachtet. Für den Morbus Osgood-Schlatter konnte kein Zusammenhang mit Torsionsfehlstellungen hergestellt werden. Das patellofemorale Schmerzsyndrom bzw. der vordere Knieschmerz ist vor allem bei weiblichen Adoleszenten typisch.

Die Literatur ist kontrovers. Mehrere Studien unterstützen die Theorie, dass Valgus und vermehrte femorale Antetorsion zu einem Maltracking der Kniescheibe führen und schmerzauslösend sind. Es gibt jedoch auch Studien, die keine erhöhte Inzidenz von Achs- oder Rotationsprobleme bei Patientinnen und Patienten mit patellofemoralen Schmerzen zeigten. Problematisch ist die fehlende Berücksichtigung der dynamischen Situation, obwohl die Beschwerden meist unter Belastung entstehen. Bisher gibt es dazu wenig verlässlichen Daten [20]. Die Auswirkung der femoralen und tibialen Torsion auf die patellofemorale Belastung Patientinnen und Patienten mit patellofemoraler Instabilität wurde von Guggenberger et al. untersucht. Eine hohe tibiale Torsion erhöhte die mediolateralen Kräfte patellofemoral, was für die erhöhte femorale Antetorsion nicht der Fall war. Allerdings änderte sich dieses Phänomen in Richtung vermehrter Belastung, wenn das Femur isoliert betrachtet wurde. Das Autorenteam schließt daraus, dass die Rotationsanalyse der gesamten unteren Extremität essenziell für die Behandlungsplanung ist und Daten, die sich nur auf die femorale Torsion beziehen, kritisch zu hinterfragen sind [21]. Dabei

wurden dynamische Modelle basierend auf 3D-Ganganalysedaten mit verschiedenen Fehltorsionen verglichen. Dass eine erhöhte femorale Torsion bzw. vermehrte Innenrotation in den Hüften den dynamischen Knievalgus beim Tief-Hoch-Sprung nach Ermüdung verstärkt und damit theoretisch ein erhöhtes Risiko für vordere Kreuzbandrupturen einhergeht, wurde in einer rezenten Untersuchung an Fußballerinnen und Fußballern von Hodel et al. nachgewiesen. Frauen waren signifikant häufiger in der Gruppe mit diesem Bewegungsmuster vertreten [22]. Stevens et al. untersuchten 35 Jugendliche vor und nach Korrekturosteotomie bei femoraler und/oder tibialer Maltorsion. In einem Tief-Hoch-Sprung-Versuch konnten erhöhte Kniebelastungen in der Frontalebene und lateralseitig im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen werden, die durch Korrekturosteotomien behoben werden konnten. Ebenso wurde der Schmerz reduziert und die subjektive Empfindung der Kniefunktion verbessert [23].

Behandlung von Torsionsdeformitäten

Die Korrektur von Torsionsdeformitäten ist nur chirurgisch möglich. Konservative Therapieansätze zielen auf die Verbesserung der muskulären Balance ab, bringen aber bei persistierender klinischer Symptomatik keine langfristigen Erfolge. Bei entsprechenden Beschwerden oder Funktionsstörungen ist somit die operative Korrektur durch Osteotomien indiziert. Grundsätzlich finden diese Operationen selten vor dem 10. Lebensjahr statt, da wie bereits erwähnt, der präpubertäre Wachstumsschub in vielen Fällen eine Spontankorrektur bringt. Später ändern sich die Torsionsverhältnisse nicht mehr. Die Wachstumslenkung zur Torsionskorrektur wurde in kleinen Fallserien beschrieben, hat sich aber bisher nicht als Routineverfahren etabliert [24–26].

Korrekturosteotomien am Femur sind technisch auf verschiedenen anatomischen Levels möglich [27]. Als Osteosyntheseverfahren stehen die Plattenosteosynthese und der Marknagel zur Verfügung. Bei der Plattenosteosynthese im Kindes- und Jugendalter sind proximale Hüftplatten, die von mehreren

Herstellern angeboten werden, verfügbar. Diese Implantate werden winkelstabil verschraubt und können durch variable Größen der Platten und Winkel der Schenkelhalsschrauben an die gewünschte Korrektur angepasst werden. Insbesondere bei simultanen Winkelkorrekturen im Sinne einer proximalen varisierenden oder valgusierenden Femurosteotomie, sind diese Platten die geeignete Wahl. Für jüngere Kinder stehen auch moderne Winkelplatten mit zusätzlicher Schenkelhalsschraube zur Verfügung. Die Höhe der Osteotomie wird bei Platten inter- oder subtrochantär durchgeführt. Wenn die Osteotomie subtrochantär am Übergang zur Diaphyse erfolgt und eine reine Rotationskorrektur geplant ist, sind auch gerade Platten eine Option. Bei Torsionskorrekturen ohne Winkelkorrektur kommen zunehmend Marknägel zum Einsatz. Die Etablierung von pädiatrischen Nägeln, die auf die kleinere Anatomie zugeschnitten sind, können Nagelosteosynthesen ab einem Alter von ca. 10 Jahren angewendet werden. Die Nägel werden über einen trochantären Eintrittspunkt eingebracht. In diesem Alter ist das Wachstumspotenzial der Physe im Trochanterbereich nur noch gering, weshalb keine negativen Folgen durch die Penetration der Fuge zu erwarten sind. Die Osteotomie ist diaphysär lokalisiert, um eine bessere Stabilität im verjüngten Bereich des Markraumes zu erreichen. Bei besonderen anatomischen Verhältnissen können Pollerschrauben zur verbesserten Positionierung und Stabilisierung des Nagels verwendet werden. Der Vorteil der Marknägel liegt im weniger invasiven Zugang und der früheren Belastbarkeit. Distale Femurosteotomien zur reinen Rotationskorrektur sind vor Wachstumsabschluss nicht üblich und bleiben speziellen Indikationen wie beispielsweise mehrdimensionalen Korrekturen bei komplexen Fehlstellungen vorbehalten. Dies gilt ebenso für proximale Tibiaosteotomien, die auch durch die Nähe zum Nervus peroneus limitiert sind. Diaphysäre Korrekturen mit Marknagel sind bei noch offener Wachstumsfuge zu vermeiden. Die Knochenheilung ist im Bereich der Tibiadiaphyse zudem langsamer, außerdem besteht ein erhöhtes Risiko für ein Kompartmentsyndrom, weshalb eine prophylaktische Fasziotomie bei ausgeprägten Korrekturen

erwogen werden sollte. Die Tibiakorrektur wird im Kindes- und Jugendalter typischerweise in Form einer supramalleolären Derotationsosteotomie durchgeführt. Bis zu 20° Korrektur sind ohne gleichzeitige Fibulaosteotomie möglich. Es werden winkelstabile Platten, die speziell für die Indikation anatomisch angepasst sind verwendet. Die Platzierung der Platte erfolgt proximal der distalen Tibiaphyse, die Osteotomie liegt am Übergang von der Metaphyse zur Diaphyse, wo das Heilungspotenzial besser ist als weiter proximal [27]. Die Quantifizierung der Rotationskorrektur erfolgt üblicherweise über Bohrdrähte, die bikortikal proximal und distal der Osteotomie gesetzt werden. Zur Winkelbestimmung dienen Winkelkeile, bei dem pädiatrischen Femurnagel sind spezielle Winkelmesser vorhanden, heute stehen auch Apps am Smartphone für die digitale Messung mit Gyrometer zur Verfügung. Die Nachbehandlung erfolgt teilbelastend für 4–6 Wochen. Eine Gipsruhigstellung bei der Tibiaosteotomie kann bei sehr jungen Kindern sinnvoll sein. Die Metallentfernung erfolgt nach etwa 12 Monaten. Selbstverständlich müssen Begleitpathologien mitadressiert werden. So werden Femurosteotomien bei FAI-Situationen fallweise mit Hüftarthroskopie oder Beckenosteotomien kombiniert. Bei Patellainstabilität erfolgen, wenn notwendig, patellazentrierende Maßnahmen wie eine MPFL-Plastik oder Tuberositasversetzung. Achskorrekturen in der Frontalebene können während des Wachstums mit Hemiephysiodesen korrigiert werden, später mit additiven Korrekturosteotomien am distalen Femur oder der proximalen Tibia. Dementsprechend ist eine genaue Analyse der Fehlstellung in allen Ebenen wie oben beschrieben unerlässlich. Vor Wachstumsabschluss müssen Knochenalter und Entwicklungsstadium mitberücksichtigt werden. Die Behandlung von Sportlerinnen und Sportlern stellt uns vor besondere Herausforderungen, da die Rehabilitation nach Korrekturosteotomien Zeit beansprucht. Die Nagelosteosynthese bietet den Vorteil der früheren Vollbelastbarkeit und der rascheren Knochenheilung. Die Knochenheilung ist nach durchschnittlich 10 Wochen abgeschlossen [28].

Es gibt wenige Studien zu Ergebnissen nach Torsionskorrekturen bei

Kindern und Jugendlichen. Gagnon et al. untersuchten 10 Patientinnen und Patienten mit Femur- und Tibiaosteotomien und konnten 1 Jahr postoperativ eine Verbesserung der Funktion, des Schmerzlevels und des Gangbildes in der Ganganalyse nachweisen. Allerdings waren in einigen Fällen bleibende Defizite vorhanden. Eine große retrospektive Fallserie (118 Patientinnen und Patienten, 208 Osteotomien) von femoralen Derotationsosteotomien beschäftigte sich mit der Rate an Pseudoarthrosen nach Marknagelosteosynthese und zeigten einen hohen BMI, geringe Markraumausfüllung und statische Verriegelung als Risikofaktoren für Pseudoarthrose. Die Pseudoarthrosenrate lag bei 4,9 %, die Gesamtkomplikationsrate bei 6,9 %. Daten zur Korrekturgenauigkeit sind ebenfalls rar. Die übliche Methode mit Bohrdrähten oder Schanz-Schrauben als Rotationsmarker bergen eine hohe Ungenauigkeit [29]. Zukunftsentwicklungen mit personalisierten Schablonen oder 3D-Messmethoden können hier mglw. Verbesserungen bringen [30].

Interessenkonflikte:

C. Chiari, B. Kraler, M. Pallamar, A. Kranzl: keine angegeben.

G. Mindler: Reise- und Kurskosten Übernahme Cherrymed/Newclip Juni 2024

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie auf:
www.online-oup.de.



Foto: © Intercongress/
T. Tanyzyna

Korrespondenzadresse

Prim. ao. Univ. Prof. Dr.
Catharina Chiari, MSc
Orthopädisches Spital Speising
Abteilung für Kinderorthopädie und
Fußchirurgie
Speisingerstraße 109
A-1130 Wien
catharina.chiari@oss.at