

W. Cordier · B.-D. Katthagen  
Orthopädische Klinik, Städtische Kliniken Dortmund

# Femorale Torsionsfehler

## Zusammenfassung

Beschrieben wird zunächst die physiologische Entwicklung der femoralen Torsionsverhältnisse ausgehend von ca. 35° zum Geburtszeitpunkt bis zu einem Durchschnittswert von ca. 15° zum Abschluss des knöchernen Wachstums. Anschließend werden die diagnostischen Verfahren (klinische Untersuchung, Röntgen, Schnittbildtechniken) mit ihrer klinischen Relevanz dargelegt.

Abweichungen von den Normwertgrenzen (10–25°) werden in ihren ätiopathogenetischen Zusammenhängen mit dem klinischen Beschwerdebild für Hüft- und Kniegelenk diskutiert. Im Vordergrund der femoralen Torsionspathologie steht die verminderte Antetorsion, während die erhöhte Antetorsion in der Vergangenheit überbewertet wurde.

## Schlüsselwörter

Femurtorsion · Femurtorsionsdiagnostik · Erhöhte Antetorsion · Verminderte Antetorsion

Zur Analyse von Torsionsdeformitäten der unteren Extremitäten ist eine exakte Etagediagnostik der gesamten Gliederkette erforderlich. Sowohl Femur als auch Tibia sind in sich verdreht (Abb. 1) Beim Erwachsenen weicht die Halsachse um ca. 15° zur Kondylenebene ventralwärts ab. Die Schenkelhalsachse und Sprunggelenkachse sind üblicher Weise gleichsinnig verdreht – bei frontaler Einstellung der queren Kniegelenkachse steht der Fuß nach außen, die Schenkelhalsachse nach vorne. Im Vordergrund dieser Arbeit stehen die femoralen Torsionsfehler.

Bei einer Vielzahl von Erkrankungsbildern (Hüftdysplasie, Epiphyseolysis capitis femoris, idiopathische oder posttraumatische femorale Rotationsfehler, Zerebralaparesen usw.) liegt eine Veränderung der Schenkelhalsanatomie sowohl in der Frontalebene als auch insbesondere in der Transversalebene mit entsprechenden Antetorsionsveränderungen vor, denen auch in der Therapieplanung eine wesentliche Bedeutung zukommt.

In der Vergangenheit wurde fälschlicherweise die häufig im Kindesalter erhöhte Antetorsion (Coxa valga antetorta) als praearthrotische Deformität gedeutet und operativ verändert.

Seit der Arbeit von Gelbermann et al. [2] wissen wir, dass die verminderte Antetorsion bei der Hüftkopfeiphysenlösung eine pathogenetische Rolle spielt und v. a. durch die Arbeiten von Tönnis und Heineke [23, 24, 25] wurde die Bedeutung der verminderten Antetorsion als praearthrotische Deformität dargelegt.

## Physiologische Femurtorsionsentwicklung

Die primäre Anlage der unteren Extremität entsteht in der 4. intrauterinen

Woche mit einer Außenrotationseinstellung der Extremität. Sie erfährt im weiteren Schwangerschaftsverlauf zunächst eine Innenrotation der Gesamtachse, um dann zum Ende der Schwangerschaft eine Außenrotationsentwicklung der Extremität zu durchlaufen.

Morphometrische Untersuchungen an Embryonen von Watanabe [28] haben gezeigt, dass die Bandbreite der zu messenden femoralen Antetorsion in der ersten Hälfte der Schwangerschaft bis zur 24. Schwangerschaftswoche (SSW) zwischen –10 und +30° liegt.

In der 2. Hälfte der Schwangerschaft bis zur Geburt kommt es dann nahezu regelhaft zu einer Erhöhung der femoralen Antetorsion, die um den Geburtszeitpunkt durchschnittlich 35° beträgt.

Das Neugeborene zeigt allerdings bei einer spontanen Hüftbeugeeinstellung eine Außenrotationspositionierung der unteren Extremitäten mit eingeschränkter Innenrotationsfähigkeit. Diese eigentlich paradox anmutende Situation des Außenrotationsaspekts der unteren Extremitäten bei maximaler Schenkelhalsantetorsion, wie sie während des gesamten Lebens nicht mehr zu sehen ist, erklärt sich durch die bei der Geburt vorliegende Außenrotationskontraktur der Hüftgelenke als Resultat der intrauterinen Lage, welche den Effekt der Schenkelhalsantetorsion maskiert [12].

Im Rahmen der weiteren physiologischen Entwicklung des Säuglings kommt es zu einer Rückbildung der Außenrotationskontraktur, so dass die physiologisch hohen Antetorsionsverhält-

---

Dr. W. Cordier  
Orthopädische Klinik,  
Städtische Kliniken Dortmund,  
Beurhausstraße 40, 44137 Dortmund

W. Cordier · B.-D. Katthagen

### Femoral torsional deformities

#### Abstract

First, we describe the physiological development of the torsion of the femoral neck, starting from about an angle of 35° at the time of birth up to an angle of a mean value of about 15° at the end of bone growth.

Furthermore, we explain diagnostic procedures (clinical examination, X-ray, tomography) according to their clinical relevance.

The differences from the normal range are discussed in their pathogenetic context with the clinical symptoms characteristic for the hip and knee joint.

The most relevant aspect of the pathological torsion of the femoral neck is a decreased antetorsion angle, while an increased antetorsion angle was overestimated in the past.

#### Keywords

Increased anteversion · Decreased anteversion · Diagnostic of femoral torsion

## Zum Thema: Kurze und krumme Beine

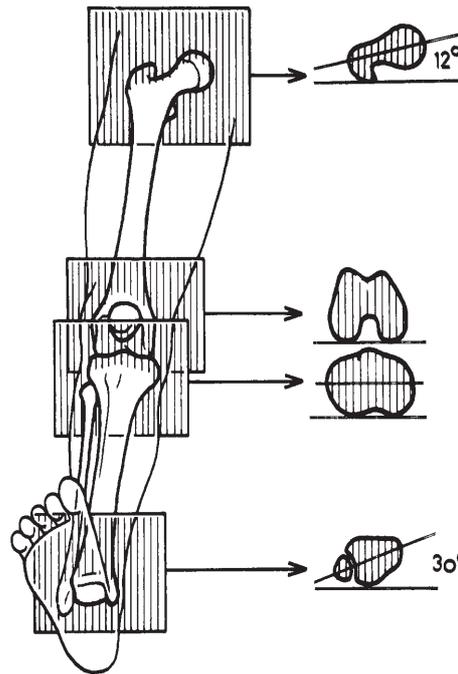


Abb. 1 ◀ Etagendiagnostik/Torsionsanalyse von Femur und Tibia. Schenkelhalsachse zur Kondylenachse bestimmen die femorale Antetorsion. Tibiakopfquerachse zur Sprunggelenksachsenausrichtung bestimmen die Tibiartorsion. (Aus [7])

nisse zunehmend die Hüftrotation bestimmen.

Das häufig zur ärztlichen Konsultation führende und bei den Eltern besorgnisauslösende Innenrotationsgangbild der Kleinkinder ist zu einem überwiegenden Anteil, nach entsprechender Analyse der Rotationsverhältnisse, meist schon durch genaue klinische Untersuchung in Zusammenhang mit der physiologischen Schenkelhalsantetorsion zu erklären und somit nach Ausschluss anderer Ursachen nicht therapiebedürftig.

Jani et al. [8] konnten belegen, dass auch eine pathologisch erhöhte idiopathische Coxa antetorta im Kindesalter in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine spontane Normalisierung erfährt. Jeweils zwischen dem 6. und 8. und 12. und 14. Lebensjahr erfolgten regelhaft Detorsionsschübe. Entsprechend steht die Aufklärung der Eltern über die Harmlosigkeit des Innenrotationsgangbildes der Kinder daher meist im Vordergrund.

Die Femurtorsionsentwicklung im Kleinkindes- und Kindesalter ist durch

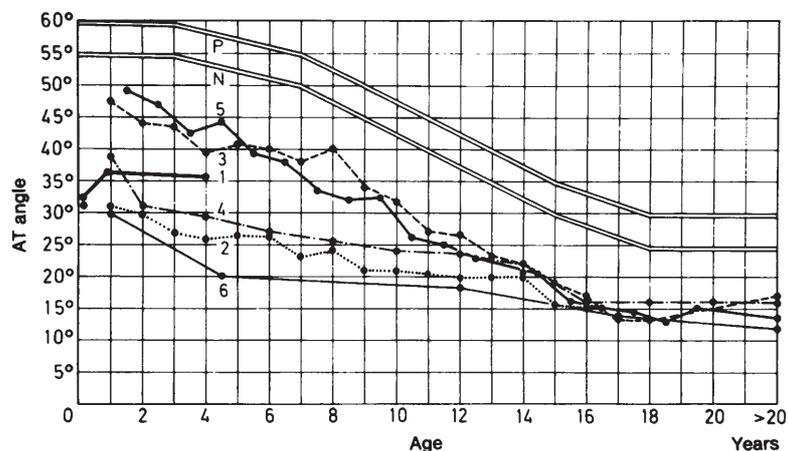


Abb. 2 ▲ Durchschnittswerte der femoralen Antetorsion durch verschiedene Untersucher. Anatomische Untersuchung, Kurve 1 durch Schmidt [15] und in Kurve 6 von Lanz u. Wachsmuth [10]. Radiologische Untersuchungen von Fabry [1] Kurve 2, Schands u. Steel [16] Kurve 4. In Kurve 3 und 5 von Hamacher [5] und Zippel [29] wurde eine Normalpopulation konventionell radiologisch untersucht (N Grenzen des Normbereichs, P Grenzen zu pathologisch erhöhten Antetorsionswerten). (Aus [23])



Abb. 3 ◀ **Klinische Antetorsionsüberprüfung in Bauchlage. Der Unterschenkel dient als „Antetorsionsanzeiger“ bei maximaler lateraler Auslenkung des Trochanter majors und damit paralleler Schenkelhalseinstellung zur Unterlage**

eine ständige, teils in Schüben verlaufende Außenrotationsentwicklung des Femurs gekennzeichnet, welche um das 12. bis 14. Lebensjahr herum nahezu vollständig abgeschlossen ist und mit einem realen Antetorsionswinkel von durchschnittlich  $15^\circ$  im Erwachsenenalter endet (Abb. 2).

## Diagnostik

Die klinische Untersuchung stellt die Basis der Analytik des Rotationsprofils der unteren Extremitäten dar. Diese beinhaltet die visuelle Stand- und Ganganalyse mit Betrachtung der Patellaposition und Rotationsstellung des Fußes sowie die Untersuchung der Rotationsverhältnisse des Hüftgelenks mit palpatorischer Überprüfung der Trochanterposition, insbesondere in Bauchlage (Abb. 3, 4).

Diese einfach zu erhebenden Befunde liefern schon vor Einsatz jedweder technischer Diagnostik valide Daten als Grundlage zur differenzierten Indikationsstellung weiterer diagnostischer Maßnahmen. Insbesondere Staheli [17, 18, 19, 20] hat hier durch die klinische Analyse eines großen Normalkollektivs Normwertkurven für die altersabhängige Hüftrotation mit entsprechenden Standardabweichungen definiert.

Zusätzlich gibt Staheli den sogenannten „foot progression-angel“ an. Dieser Winkel wird von der Fußlängsachse und

der Gehrichtung gebildet. Hiermit ist eine Quantifizierung des Innenrotations- bzw. Außenrotationsgangbildes möglich, ohne hieraus bereits ätiologische Aspekte ableiten zu könnten (Abb. 5). Hinsichtlich der Unterschenkelrotationsverhältnisse wird von Staheli die Prüfung der Malleolarachsausrichtung zur Oberschenkellängsachse in  $90^\circ$  Kniebeugung bei dorsalseitiger Betrachtung definiert (Knie/Hockstellung auf der Liege mit frei hängenden Füßen) und ebenfalls mit entsprechenden Standardabweichungen angegeben.

Die Genauigkeit der klinischen Überprüfung der femoralen Torsionsverhältnisse und hiermit der femoralen Antetorsion wird in der Literatur als insgesamt recht hoch angegeben. Ruwe [14] verglich die Genauigkeit der klinischen Untersuchung mit konventionellen radiologischen Messungen sowie computertomographischen Messungen der Antetorsionsverhältnisse bei 59 Patienten. Zusätzlich erfolgte jeweils ein Abgleich mit intraoperativ erhobenen Daten. Die klinische Untersuchung erfolgte in Bauchlage unter Palpation des Trochanter majors. Die Rotationseinstellung des  $90^\circ$  gebeugten Unterschenkels bei palpatorisch maximal lateraler Trochanterauslenkung diente als Maß der Antetorsion. Ruwe konnte zeigen, dass eine hohe Korrelation der klinischen Messwerte zu den intraoperativ erhobenen Antetorsionsmessungen besteht.

Im Rahmen der bildgebenden diagnostischen Verfahren zur Quantifizierung der femoralen Torsion stehen neben der klassischen Röntgendiagnostik [13] in 2 Ebenen die Schnittbildverfahren, Sonographie [22], Computertomographie (CT) [27] und Kernspintomographie (MRT) [26] zur Verfügung. Auch hier finden sich in der Literatur verschiedene vergleichende Untersuchungen, die die Messgenauigkeiten der einzelnen Verfahren analysieren. Dabei wird die Sonographie als recht verlässliches Messverfahren anerkannt. Wegen fehlender Strahlenbelastung und geringerer Kosten sollte die Sonographie gerade in der Kinderorthopädie als erstes bildgebendes Verfahren zur Antetorsionsmessung eingesetzt werden.

Weitergehende bildgebende Verfahren wie die CT oder MRT stellen die nächste diagnostische Stufe dar und haben ihren Stellenwert im Rahmen der Operationsplanung. Diese modernen Schnittbildtechniken, insbesondere die MRT werden die früher gebräuchlichen röntgenologischen Techniken nach Rippstein und Dunn [13] ersetzen.

Allgemein wird vermutet, dass CT die genauesten Messungen der Schenkelhalsantetorsion ermöglichen. Die Fehlermöglichkeiten bei der Bestimmung der Schenkelhalsachse schränken die Messgenauigkeit der CT allerdings ein

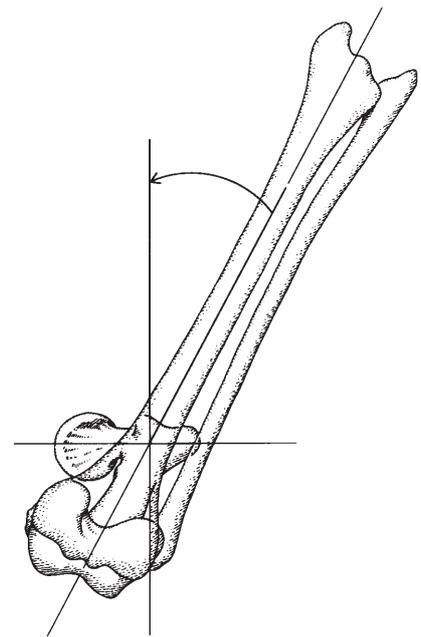


Abb. 4 ▲ **Anatomische Schemazeichnung der Antetorsionsbestimmung in Bauchlage zur Abb. 3. (Aus [14])**

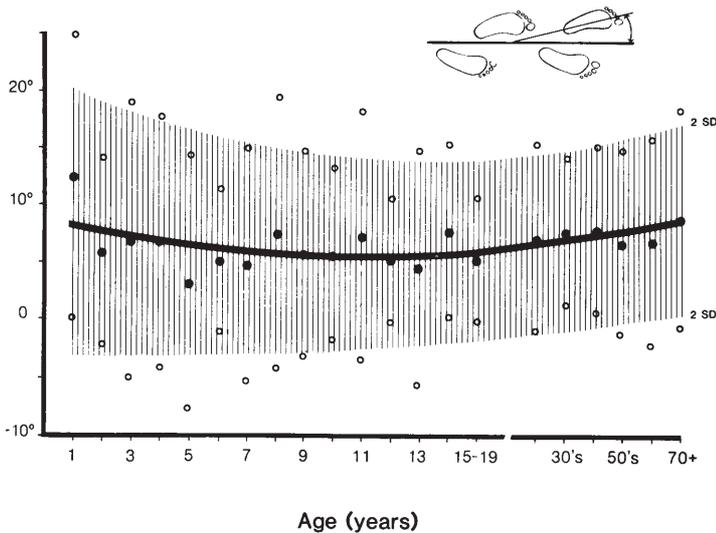


Abb. 5 ▲ „foot progression-angle“ nach Staheli [17]. Winkel aus Fußlängsachse und Gehrichtung zur Quantifizierung von Innen- bzw. Außenrotationsgangbild

[21]. Diese Fehlermöglichkeiten müssen bei der Interpretation scheinbar exakter Messdaten berücksichtigt werden.

Die CT-Messung sowohl der femoralen Antetorsion als auch der gleichzeitig zu bestimmenden Pfannenanteversion erfolgt bei uns in der von Visser [27] beschriebenen Technik. Hierbei wird der Patient in Bauchlage untersucht. Die Auflage von Becken und Symphyse vermindert Fehlprojektionen durch Beckenkipfung bzw. Aufrichtung.

Die Füße werden parallel gelagert. Die Antetorsionsbestimmung ergibt sich aus dem Winkel zwischen der Tangente, die im Bereich der stärksten dorsalen Vorwölbung beider Femurkondylen angelegt wird und der Schenkelhalsachse, die vom Kopfzentrum mittig in den Schenkelhals anzulegen ist. Hierfür werden mehrere Schnittebenen übereinander projiziert, sodass sich ein Summationsbild ergibt, das diese Achsenbestimmung erst ermöglicht. Liegt das Knie innenrotiert, ist der Winkel zur Antetorsion hinzuzuzählen, bei Außenrotation abzuziehen (Abb. 6).

Als wesentlicher Nachteil der computertomographischen Winkelmessung bleibt die Strahlenbelastung des Patienten. Zukünftig wird deswegen vor allem im Kindesalter die MRT die CT ablösen. Bei gleichem Zeitaufwand, ähnlich hoher Zuverlässigkeit und verbesserter Darstellung der anatomischen Strukturen in der Kernspintomographie verglichen mit CT-Messungen sind derzeit nur die noch höheren Kosten der MRT-Untersuchung als Nachteil zu berücksichtigen [4].

### Klinik und Therapie femoraler Torsionsfehler

Ausgehend von den eingangs erwähnten altersabhängigen Normwertbereichen der Femurtorsion stellt sich zunächst die

Frage, wann von einer echten Pathologie im Sinne der erhöhten oder verminderten Antetorsion gesprochen werden kann. Schließlich muss für abgesicherte therapeutische Konsequenzen der natürliche Verlauf bei pathologischen Werten bekannt sein. In anatomischen Studien fanden Lang u. Wachsmuth [9] beim Erwachsenen einen mittleren Schwankungsbereich von  $+4$ – $20^\circ$ , maximale Antetorsionswerte von  $+37^\circ$  und Retrotorsionswerte von  $-25^\circ$ .

Mit der röntgenologischen Methode nach Rippstein definierten Jani et al. [8] Antetorsionswerte über  $+35^\circ$  als eindeutig pathologisch. Allerdings bezogen sich ihre Betrachtungen auf Längsschnittuntersuchungen von Kindern mit massiv erhöhten Ausgangswerten (idiopathische Coxa antetorta). Hier wurde nach Wachstumsabschluss ein Durchschnittswert von  $25^\circ$  mit  $8,5^\circ$  Standardabweichung festgestellt. Die Normwertkurve liegt ca.  $10^\circ$  niedriger mit einem einfachen Standardabweichungsbereich zwischen ca.  $10^\circ$  und  $25^\circ$ .

Die Prognose einer isolierten, erhöhten Antetorsion ohne Begleitpatho-

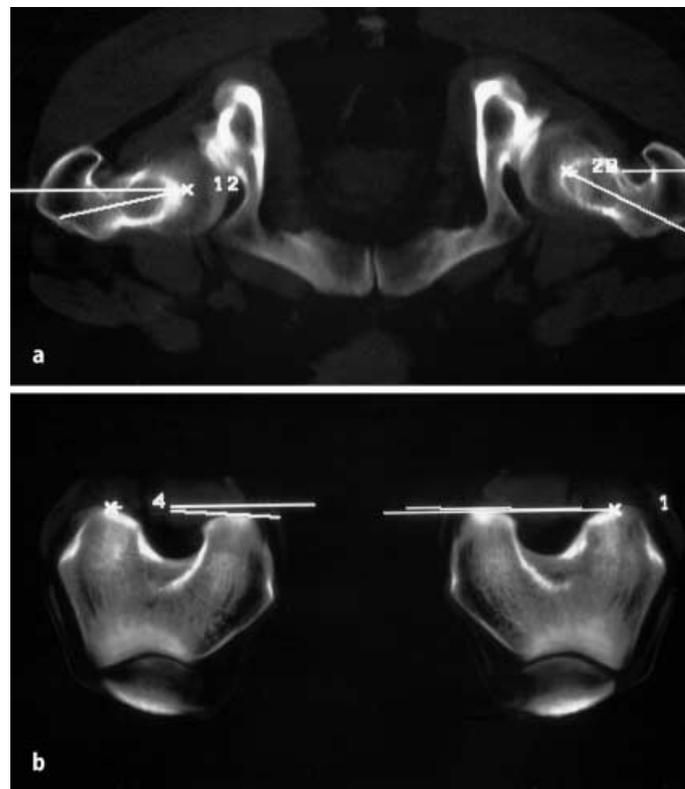


Abb. 6 ▲ a, b CT-Antetorsionsbestimmung in Bauchlage nach Visser [27]. a Linksseitig  $-12^\circ$ , rechts  $-20^\circ$  Retrotorsion bei deutlicher caudaler Arthrose beidseits (Sockelbildung mit Gelenkspaltverschmälerung). b Links  $4^\circ$ , rechts  $1^\circ$  Kondylenachsenaustrichtung in Außenrotation. Daraus ergibt sich links eine Retrotorsion von  $-16^\circ$ , rechts von  $-21^\circ$



Abb. 7 ▲ a–d Verminderte Schenkelhalsantetorsion bei epiphysärer Hüfte mit Belastungsschmerzhaftigkeit. a a.-p.-Projektion des rechten Hüftgelenks mit Hinweisen für abgelaufenen Epiphysenabrutsch. b Erniedrigte Schenkelhalsantetorsion in Rippsteinprojektion. c Zustand nach intertrochantärer Verkürzungsrotationsosteotomie zur Erhöhung der Schenkelhalsantetorsion und Ausgleich einer Beinverlängerung von 1 cm. d Postoperative Rippsteinprojektion mit jetzt physiologischer Schenkelhalsantetorsionseinstellung

logie an Hüftgelenkpfanne oder neuromuskulärem System gilt für das Hüftgelenk weniger für das Kniegelenk allgemein als günstig. Wir stellen deshalb die Indikation zur operativen Korrektur der isolierten Coxa antetorta äußerst zurückhaltend, nicht nur im Kindes- sondern auch im Erwachsenenalter.

Ausschlaggebend sind nicht gemessene pathologische Werte, sondern hierzu in Korrelation stehende Beschwerden. Diese bestehen in hartnäckigen Myotendopathien von Glutaeus medius und minimus durch Verkürzung des Muskelhebelarms bei dorsal stehendem Trochanter major. Weiterhin kommen behindernde Bewegungseinschränkungen der Außenrotation bis zur völligen Aufhebung zur Beobachtung.

Schließlich muss auf einwärtsgedrehte Kniegelenke geachtet werden. Meist wird das Bein bei starker Coxa antetorta nach innen und der Trochanter major nach seitlich außen gedreht. Es kommt dann durch die Innendrehstellung des Kniegelenks häufig zu retro-

patellaren Beschwerden und unphysiologischer, besonders lateral erhöhter Kniegelenkbelastung. Deswegen gehört die Untersuchung der Schenkelhalsantetorsion und Drehbeweglichkeit des Hüftgelenks immer zum Untersuchungsprogramm bei Kniegelenksbeschwerden. In diesen Fällen kann auch eine erhöhte Tibiaaußentorsion auftreten, die eine physiologische Detorsion des Schenkelhalses im Wachstum behindert und bei flüchtiger Betrachtung den Drehfehler maskiert [6]. Auf Kombinationserkrankungen mit Hüftpfannendysplasie oder Zerebralpareesen wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

Bei epiphysären Hüften, Coxa vara und Pfannenprotrusion oder auch idiopathisch fällt bei gezielter Untersuchung öfter klinisch eine Verminderung der Innendrehfähigkeit der Hüftgelenke und röntgenologisch eine verminderte Antetorsion auf. Manche, bisher als primär eingeschätzte Koxarthrose ist auf eine verminderte Antetorsion zurückzuführen, [23, 24, 25]. In

Anbetracht der physiologischen Schenkelhalsentwicklung wird diese Krankheitsentität frühestens in der Adoleszenz oder im jungen Erwachsenenalter beobachtet.

Klinisch soll die Hüftrotation immer in Streckstellung, 45° Beugung und 90° Beugung geprüft werden. Die Prüfung in 90° Beugung ist für die Beurteilung der Sitzfunktion wichtig. So führt z. B. beim Auto- und Fahrradfahren eine Schenkelhalsretrotorsion mit Außenrotationskontraktur der Hüfte zur ständigen Zwangshaltung für Becken und Rücken mit konsekutiven Muskelbeschwerden. In Streckstellung steht bei stark verminderter Antetorsion und Außenrotationskontraktur das Kniegelenk nach außen und Knieinnenspalt und die mediale retropatellare Facette werden überlastet. Außerdem kommt es zu einem erhöhten Pfannenmediocaudal. In diesem Pfannenabschnitt ist der Gelenkknorpel dünn und es kommt zu Schmerz und Koxarthrose (s. Abb. 6).

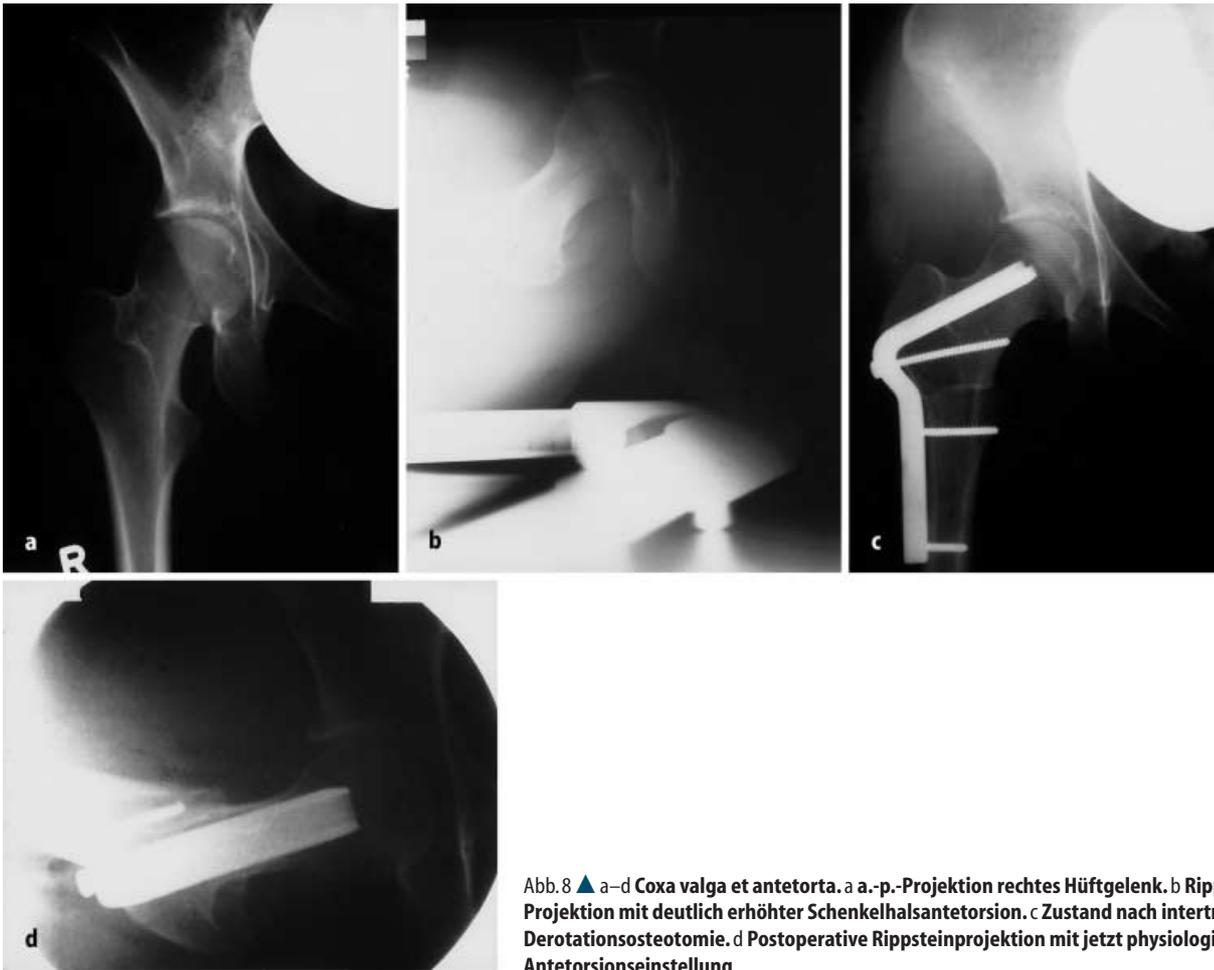


Abb. 8 ▲ a–d Coxa valga et antetorta. a a.-p.-Projektion rechtes Hüftgelenk. b Rippstein-Projektion mit deutlich erhöhter Schenkelhalsantetorsion. c Zustand nach intertrochantärer Derotationsosteotomie. d Postoperative Rippsteinprojektion mit jetzt physiologischer Antetorsionseinstellung

Die Innenrotationsfähigkeit wird dann weiter eingeschränkt, sodass die beschriebenen Beschwerden im Sitzen und Kniegelenksbeschwerden beim Stehen und Gehen hinzutreten. Bei diesen Beschwerden und noch ausreichender Außenrotationsfähigkeit des Hüftgelenks stellen wir bei verminderter Antetorsion des Schenkelhalses unter  $10^\circ$  heute die Indikation zur Rotationsosteotomie. Diese führen wir bevorzugt intertrochantär mit  $90^\circ$  oder  $110^\circ$  Winkelplatten (Abb. 7, 8) durch.

Bei isolierter Rotationsosteotomie ohne Koxarthrose ist eine mediale Unterstellung nicht erforderlich, was bei der Auswahl der Winkelplatte zu berücksichtigen ist. Bei Verwendung der  $110^\circ$  Winkelplatte sind größere Klingenslängen möglich, wodurch bei großem schweren Bein im Erwachsenenalter eine höhere Stabilität der Osteosynthese erreicht werden kann.

Immer ist präoperativ für die Vorbereitung der Operation die Ermittlung der präoperativen Winkelstellung mit

genauer Operationsplanung erforderlich. Allerdings muss intraoperativ die Hüftdrehbeweglichkeit nach provisorischer Fixation der Platte geprüft und berücksichtigt werden. Oft kann eine Rotationskorrektur von  $10^\circ$ , v. a. wenn sie mit gleichzeitiger medialer Unterstellung und evtl. zusätzlicher Varisierung oder mit einer Valgisierung kombiniert wird, zu überraschend stärkeren Änderungen der Beweglichkeit führen als dies die knöchernen Rotationskorrektur vermuten lässt. Ausschlaggebend ist deswegen nicht der idealerweise errechnete knöchernen Rotationswert, sondern die klinische intraoperativ festgestellte Ausgewogenheit von Innen- und Außenrotationsfähigkeit. Mit anderen Worten besteht keine exakte Korrelation zwischen knöcherner Torsionsänderung und klinischer Veränderung der Rotationsverhältnisse, bedingt durch Gelenkgeometrie, Kapselmuskelzug und Spannungsverhältnisse.

In neueren Arbeiten hat Tönnis auf die Zusammenhänge von vermin-

derter femoraler Antetorsion und veringertes acetabulärer Anteversion mit einer Koxarthroseentwicklung hingewiesen. Der Instabilitätsindex nach Mc. Kibbin ergibt sich aus der Summation von Pfannenanteversion und Schenkelhalsantetorsion [11]. Bei stark veringertem Instabilitätsindex ist die Arthroserate der Hüfte signifikant erhöht.

Wie bereits eingangs erwähnt, besteht ein Zusammenhang zwischen verminderter Antetorsion und Hüftkopfeiphysenlösung. Neben den bekannten praedisponierenden Faktoren für einen Hüftkopfeiphysenabrutsch steht auch die verminderte femorale Antetorsion in kausalem Zusammenhang mit dem Epiphysenabrutsch des Adoleszenten. Goodman [3] weist in seiner morphometrischen Untersuchung an 2600 Leichenfemora ebenfalls auf die Assoziation von einer – wie er es nennt „Post slip morphologie“ mit einer mediocaudalen Koxarthroseentwicklung hin.

## Literatur

1. Fabry G, Mac Ewen D, Shands AR (1973) Torsion of the Femur. *J Bone Joint Surg Am* 55: 1726–1737
2. Gelbermann RH, Cohen MS, Shaw BA, Kasser JR, Griffin PP, Wilkinson RH (1986) The association of femoral retroversion with slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 68: 1000–1007
3. Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, Latimer B, Bully RL, Cooperman DR (1997) Subclinical slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 79: 1484–1497
4. Günther KP, Kessler S, Tomczak R, Pfeifer P, Puhl W (1996) Femorale Antetorsion Stellenwert klinischer und bildgebender Untersuchungsverfahren bei Kindern und Jugendlichen. *Z Orthop* 134: 295–301
5. Hamacher P (1974) Röntgenologische Normalwerte des Hüftgelenkes, CCD- und AT-Winkel. *Orthop Prax* 10: 23–28
6. Hefti F (1997) *Kinderorthopädie in der Praxis*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
7. Jacob RP, Haertel M, Stüssi E (1980) Tibial torsion calculated by computerised tomography and compared to other methods of measurement. *J Bone Joint Surg Br* 62: 238–242
8. Jani L, Schwarzenbach U, Aifi K, Scholder P, Gisler P (1975) Verlauf der idiopathischen Coxa valga antetorta, *Orthopäde* 8: 5–11
9. Lang J, Wachsmuth W (1972) *Praktische Anatomie*, Bd 1, Teil 4. Springer, Berlin Heidelberg New York
10. Lanz von T, Wachsmuth W (1938) *Praktische Anatomie*, Bd 1, Teil 3. Springer, Berlin Heidelberg
11. Mc Kibbin B (1970) Anatomical factors in the Stability of the hip joint in newborn. *J Bone Joint Surg* 52: 148–159
12. Pitkow RB (1975) External rotation contracture of the extended hip. *Clin Orthop* 110: 139–145
13. Rippstein J (1955) Zur Bestimmung der Antetorsion des Schenkelhalses mittels zweier Röntgenaufnahmen. *Z Orthop* 86: 345–360
14. Ruwe PA, Gage JR, Ozonoff MB, De Luca PA (1992) Clinical determination of femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am* 74: 820–830
15. Schmidt H (1969) Wechselbeziehungen zwischen Neigung der Pfanneneingangsebene und Richtung der Schenkelhalsachse. *Erg Chir Orthop* 52: 118–156
16. Shands AR, Steel MK (1958) Torsion of the femur. A follow-up report on the use of the Dunlap method for its determination. *J Bone Joint Surg Am* 40: 803–816
17. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H (1985) Lower-extremity rotational problems in children. *J Bone Joint Surg* 67: 39–47
18. Staheli LT (1993) Rotational problems in children. *J Bone Joint Surg Am* 75: 939–949
19. Staheli LT (1989) Torsion-treatment indications. *Clin Orthop* 247: 61–66
20. Staheli LT, Clawson DK, Hubbard DD (1980) Medial femoral torsion. *Clin Orthop* 146: 222–225
21. Sugano N, Noble PC, Kamaric E (1998) A comparison of alternative methods of measuring femoral anteversion. *J Comput Assist Tomogr* 22: 610–614
22. Terjesen T, Anda S (1987) Femoral anteversion in children measured by ultrasound. *Acta Orthop Scand* 58: 403
23. Tönnis D, Heinecke A (1991) Diminished femoral antetorsion-syndrom: A cause of pain and osteoarthritis. *J Pediatr Orthop* 1991: 419–431
24. Tönnis D (1994) Acetabular and femoral anteversion: Relationship with osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 81: 1747–1770
25. Tönnis D, Heinecke A (1999) Verringerte Pfannenanteversion und Schenkelhalsantetorsion verursachen Schmerz und Arthrose. *Z Orthop* 137: 153–167
26. Tomczak R, Günther K, Rilinger N, Friedrich JM (1994) MRI determination of the femoral torsional angle compared to CT-Measurement. 11th Annual Scientific Meeting, The European Society for Magnetic Resonance in Medicine and Biology, Vienna, 1994
27. Visser JD, Jonkers A, Hillen B (1982) Hip joint measurements with computerized tomography. *J Pediatr Orthop* 2: 143–146
28. Watanabe RS (1974) Embryologie of the hip. *Clin Orthop* 98: 8–26
29. Zippel H (1971) Untersuchungen zur Normentwicklung der Formelemente am Hüftgelenk im Wachstumsalter. *Beitr Orthop* 19: 255–269