

Orthopädie 2026 · 55:281–288
<https://doi.org/10.1007/s00132-026-04770-8>
 Eingegangen: 30. Oktober 2025
 Angenommen: 14. Januar 2026
 Online publiziert: 5. Februar 2026
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2026



Gangbild bei Hüftpathologien

Pathomechanik und klinische Relevanz

Harald Böhm^{1,2} · Ferdinand Wagner^{1,3}

¹ Orthopädische Kinderklinik, Behandlungszentrum Aschau GmbH, Aschau im Chiemgau, Deutschland

² Fakultät Ingenieurwissenschaften und Gesundheit Göttingen, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Göttingen, Deutschland

³ Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), LMU-Klinikum, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland

In diesem Beitrag

- **Trendelenburg- und Duchenne-Gang: Pathomechanik und funktionelle Bedeutung bei Hüftproblemen**
- **Krankheitsbilder und deren Auswirkungen auf das Gangbild**
 Legg-Calvé-Perthes-Krankheit (LCPD) •
 Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) •
 Entwicklungsdysplasie der Hüfte (DDH)
- **Schlussfolgerungen**

Zusammenfassung

Gangstörungen sind ein zentrales Merkmal bei Hüftpathologien im Kindes- und Jugendalter und spiegeln muskuläre Insuffizienzen, strukturelle Fehlstellungen und kompensatorische Strategien wider. Typische Muster wie Trendelenburg- und Duchenne-Gang zeigen Beckenabsenkung und laterale Rumpfneigung, die funktionelle Defizite kaschieren, aber sekundäre Fehlbelastungen verursachen können. Die instrumentierte 3-D-Ganganalyse liefert objektive Daten zu Bewegungswinkel, Muskelaktivität und Gelenkbelastung. Die Therapie umfasst langfristige Physiotherapie, gezielte Abduktorenkräftigung und gegebenenfalls operative Korrekturen zur Optimierung der Hebelarme und Reduktion von Gelenkbelastungen. Früherkennung und differenzierte Bewertung der Gangmuster sind entscheidend für gezielte Therapieplanung, Verlaufskontrolle und die Prävention degenerativer Veränderungen.

Schlüsselwörter

Gangstörung · Ganganalyse · Trendelenburg · Duchenne · Hinken

Gangstörungen sind in der Orthopädie ein zentrales klinisches Leitbild bei Hüftproblemen. Sie spiegeln funktionelle Einschränkungen und kompensatorische Strategien wider und geben wertvolle Hinweise auf die Schwere und Dynamik der Erkrankung. Für die Praxis sind sie entscheidend, um Fehlbelastungen früh zu erkennen, Therapieentscheidungen zu steuern und den Behandlungserfolg gezielt zu beurteilen.

Die Hüfte ist ein komplexes und stark belastetes Gelenk, dessen Erkrankungen, Fehlbildungen oder Verletzungen im Kindes- und Jugendalter häufig zu charakteristischen Gangstörungen führen. Zu den typischen Ursachen zählen die Legg-Calvé-Perthes-Krankheit (LCPD), die Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) sowie die Entwicklungsdysplasie der Hüfte (DDH). Diese Pathologien beeinflussen nicht nur Schmerzempfinden und Bewegungsumfang, sondern führen auch zu adaptiven Veränderungen im Gangbild mit Auswirkungen auf

Becken, Hüfte, Knie und Rumpf sowie auf zentrale Gangparameter wie Schrittlänge und Ganggeschwindigkeit.

Ziel dieses Artikels ist es, aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zum Gangbild bei diesen Hüftpathologien zusammenzufassen, typische Gangmuster und Kompensationsmechanismen anhand von Fallbeispielen zu veranschaulichen und die zugrunde liegende Pathomechanik der Gangabweichungen zu beschreiben. In der Diagnostik werden neben der visuellen Ganganalyse zumeist instrumentelle videobasierte 3-D-Ganganalysen eingesetzt, um Gangabweichungen objektiv und quantitativ zu erfassen. Diese liefern präzise Informationen über Bewegungswinkel, Muskelmomente und Gelenkbelastungen sowie Weg-Zeit-Parameter wie Ganggeschwindigkeit, Kadenz und Schrittlänge.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

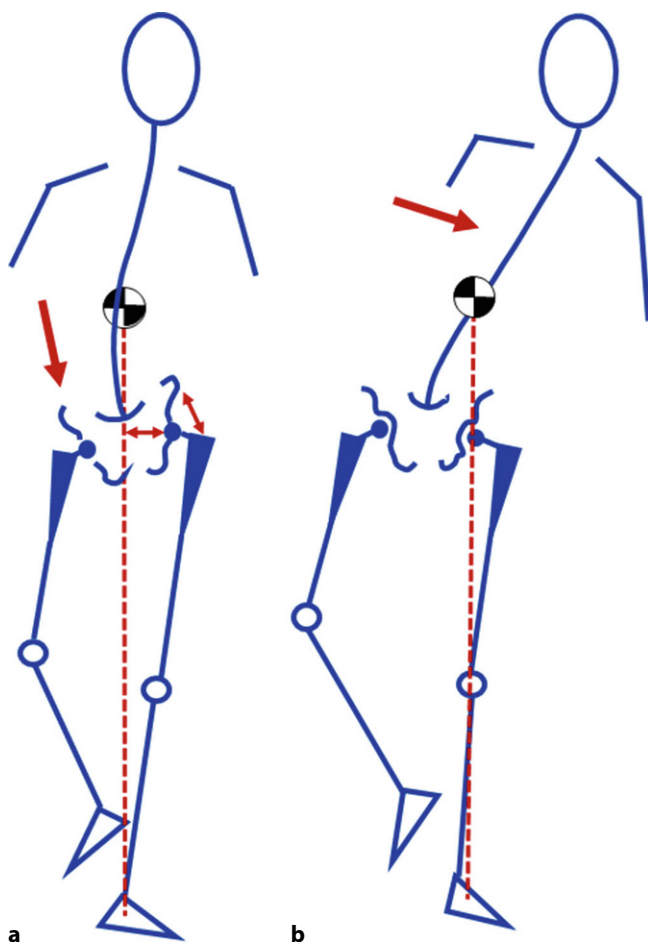


Abb. 1 ◀ **a** Trendelenburg-Gangbild – Bei Insuffizienz oder verminderter Aktivierung der Hüftabduktoren kommt es zu einem Absinken des Beckens auf der kontralateralen Seite der Standbeinphase. **b** Duchenne-Gangbild – Durch eine kompensatorische Verlagerung des Körperschwerpunkts über die Standbeinseite verläuft die Lastlinie näher oder sogar durch das Hüftgelenk. Dadurch verkürzt sich der Hebelarm des Körpergewichts gegenüber dem betroffenen Hüftgelenk, das erforderliche Abduktorenmoment nimmt ab und das Becken bleibt trotz Abduktorschwäche weitgehend horizontal

Trendelenburg- und Duchenne-Gang: Pathomechanik und funktionelle Bedeutung bei Hüftproblemen

Im Zusammenhang mit Hüftgelenkspathologien werden insbesondere der Trendelenburg-Gang und eine ausgeprägte laterale Rumpfneigung häufig beobachtet [1–4]. Beide stellen charakteristische Gangstörungen in der Frontalebene dar und sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Der *Trendelenburg-Gang* ist charakterisiert durch ein deutliches Absinken des Beckens auf der Schwungbeinseite während der Einbeinstandphase (■ **Abb. 1**). Ursache ist eine Insuffizienz der Hüftabduktoren auf der Standbeinseite, die das durch das Körpergewicht erzeugte externe Drehmoment nicht ausreichend kompensieren können. Dadurch verliert das Becken an Stabilität. Dieses Gangmuster kann zugleich als Schutzmechanismus dienen – etwa zur Schmerzvermeidung –, indem es die muskuläre Belastung und damit die Gelenkkräfte im betroffenen Hüftgelenk reduziert.

Typischerweise zeigt sich beim Trendelenburg-Gang eine kompensatorische Oberkörperneigung zur Standbeinseite (■ **Abb. 1**). Durch diese Gewichtsverlagerung wird der Körperschwerpunkt näher an das Hüftgelenkszentrum gebracht. Der Hebelarm des externen Moments verkürzt sich, was die notwendige Kraftentwicklung der Hüftabduktoren und somit die Belastung des Hüftgelenks verringert.

Diese ausgeprägte laterale Rumpfneigung wird häufig als *Duchenne-Gang* bezeichnet – ein Begriff, der ursprünglich von Guillaume-Benjamin-Amand Duchenne de Boulogne zur Beschreibung von Gangstörungen bei neurologischen Erkrankungen, insbesondere der Duchenne-Muskeldystrophie, eingeführt wurde. Inzwischen wird die Bezeichnung auch im orthopädischen Kontext verwendet, um ein kompensatorisches Gangmuster bei Insuffizienz der Hüftabduktoren oder anderen nichtneurologischen Ursachen zu beschreiben [1, 2, 4]. Der Duchenne-Gang stellt dabei eine Strategie dar, um ein Absinken des Beckens auf der Schwungbeinseite zu vermeiden: Durch eine ipsilaterale Verlagerung des Oberkörpers wird das Becken stabilisiert und das sonst sichtbare Beckenabsinken, wie es beim klassischen Trendelenburg-Gang auftritt, weitgehend maskiert.

Allerdings kann diese Kompensation langfristig zu erhöhten Belastungen der Lendenwirbelsäule sowie zu einer unphysiologischen Beanspruchung des lateralen Kompartiments der Kniegelenke führen – vergleichbar mit den Belastungsverhältnissen bei einem Genu valgum [5]. Diese Fehlbelastungen können weitere muskuloskeletale Beschwerden begünstigen. Zudem ist eine ausgeprägte laterale Oberkörperneigung im Gangbild in der Öffentlichkeit deutlich erkennbar und wird insbesondere von Jugendlichen häufig als ästhetisch störend und stigmatisierend empfunden.

Darüber hinaus können Beinlängendifferenzen und Kontrakturen, die infolge der Hüfterkrankung oder deren Behandlung entstehen, zu auffälligen Veränderungen des Gangbildes führen. Diese werden im Folgenden anhand von Fallbeispielen zu den jeweiligen Hüftpathologien erläutert.

Krankheitsbilder und deren Auswirkungen auf das Gangbild

Legg-Calvé-Perthes-Krankheit (LCPD)

Patientinnen und Patienten mit LCPD leiden vor allem unter belastungsabhängigen Schmerzen, insbesondere beim Gehen. In der Mehrzahl der Fälle ist die Erkrankung einseitig ausgeprägt [6]. Zur

Abkürzungen	
ARO	Außenrotation
DDH	Entwicklungsdysplasie der Hüfte
ECF	Epiphyseolysis capitis femoris
IGA	Instrumentierte Ganganalyse
IRO	Innenrotation
LCPD	Legg-Calvé-Perthes-Krankheit
PAO	Periazetabuläre Osteotomie nach Ganz
VAS	Visuelle Analogskala

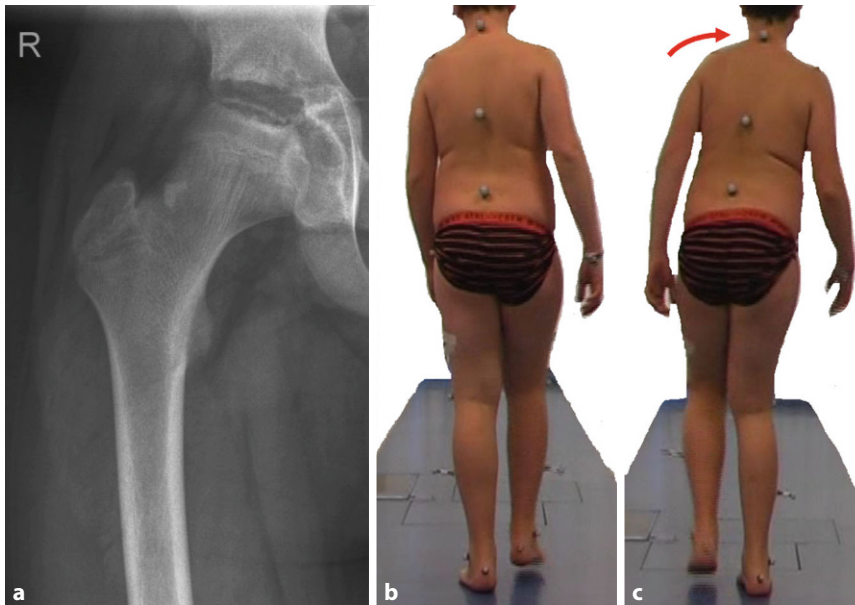


Abb. 2 ▲ Elfjähriger Junge mit Legg-Calvé-Perthes-Krankheit (LCPD) der rechten Hüfte. a Im Röntgenbild zeigt sich die typische Veränderung des Hüftkopfes rechts. Klinisch bestehen Hüftschmerzen rechts (Visuelle Analogskala 6/10) sowie eine Abduktorenchwäche 3/5 nach Janda. c Aufgrund der rechtsseitigen Abduktorenchwäche und Schmerzen verlagert der Patient in der rechten Standbeinphase den Oberkörper zur betroffenen Seite, um die Hüfte zu entlasten. b In der linken Standbeinphase ist die Oberkörperhaltung unauffällig

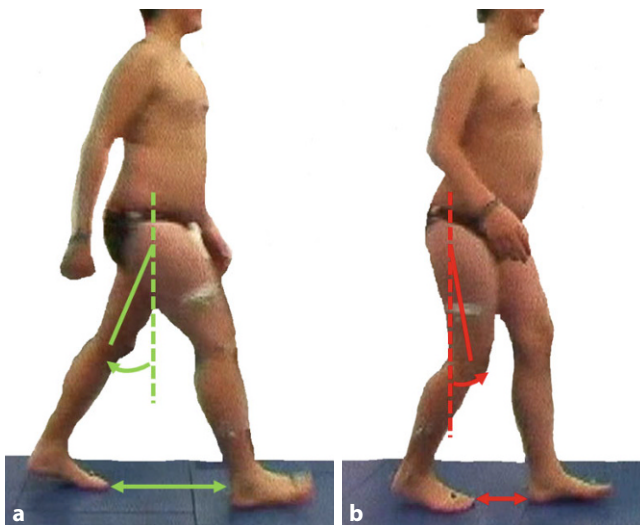


Abb. 3 ▲ Sagittale Ansicht des in **Abb. 2** dargestellten Patienten. Aufgrund der rechtsseitigen Hüftbeugekontraktur von 20° kann der rechte Oberschenkel beim Gehen nicht hinter die vertikale, gestrichelte Referenzlinie gebracht werden, wie es physiologischer Weise zu erwarten wäre (a). Dadurch resultiert eine verkürzte Schrittweite auf der linken Seite (b). Zur Kompensation kippt das Becken nach ventral und retrahiert, um die Schrittweite (Pfeile) geringfügig zu vergrößern; dies führt jedoch zu einer Hyperlordose der Lendenwirbelsäule und einer zusätzlichen Fehlbelastung infolge der bestehenden lateralen Seitneigung

Schmerzvermeidung zeigen betroffene Kinder und Jugendliche charakteristische kompensatorische Gangmuster. Mehrere Studien beschrieben dabei während der Einbeinstandphase der betroffenen Seite die beiden in der Einleitung vorgestellten

Muster: den Trendelenburg- und den Duchenne-Gang [2, 4, 7, 8]. Ein 11-jähriger Junge mit einseitiger LCPD und Duchenne-Gangbild ist in **Abb. 2** dargestellt.

Das Trendelenburg-Gangbild ist häufig mit einer vermehrten Hüftadduktion

während der Standbeinphase verbunden [4]. Dieses Gangmuster führt nicht nur zu einer erhöhten Belastung der betroffenen Hüfte [4, 9], sondern verkleinert auch die effektive Belastungsfläche des Hüftgelenks. Daher sollte ein derartiges Gangbild bei Kindern mit LCPD dringend vermieden werden [4]. Beobachtungen zeigen, dass insbesondere ältere Kinder dazu neigen, die Hüfte zu überlasten, indem sie während der Einbeinstandphase bevorzugt in Hüftadduktion gehen (Trendelenburg-Gangbild) und häufig bereits fortgeschrittene Gelenkveränderungen aufweisen [4]. Als Ursache für dieses Phänomen wird häufig eine Adduktorenkontraktur diskutiert, die bei Kindern mit LCPD vorkommt [4, 10]. Eine solche Kontraktur kann alleine oder in Kombination mit einer Abduktoreninsuffizienz ein Trendelenburg-Gangbild verursachen und verhindert in diesen Fällen den Effekt der kompensatorischen ipsilaterale Rumpfvorverlagerung (Duchenne-Gang), mit der sonst das Beckenabsinken reduziert werden könnte.

» Kinder mit Perthes-Krankheit weisen eine reduzierte Gehgeschwindigkeit auf

Eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit konnte zeigen, dass Kinder mit Perthes-Krankheit im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen eine reduzierte Gehgeschwindigkeit aufweisen, die vor allem durch eine verkürzte Schrittweite bedingt ist [1]. Diese Veränderungen werden auf mehrere Faktoren zurückgeführt: Zum einen besteht häufig eine muskuläre Insuffizienz der Hüftabduktoren, die durch strukturelle Veränderungen des Hüftkopfes und des Pfannendachs mit konsekutiver Verkürzung des Abduktorenhebels bedingt ist, welche zu einer posturalen Instabilität führt [8]. Zum anderen neigen die Kinder dazu, ihre Gehgeschwindigkeit bewusst zu reduzieren, um durch einen geringeren Impact die Belastung des Femurkopfes zu verringern und Schmerzen zu vermeiden [1]. Darüber hinaus können Bewegungseinschränkungen durch ein vermindertes passives Bewegungsausmaß in Flexion und Extension die Schrittweite zusätzlich reduzieren. Diese Einschränkungen sind häufig Folge eines ventralen Impingement-Syndroms oder

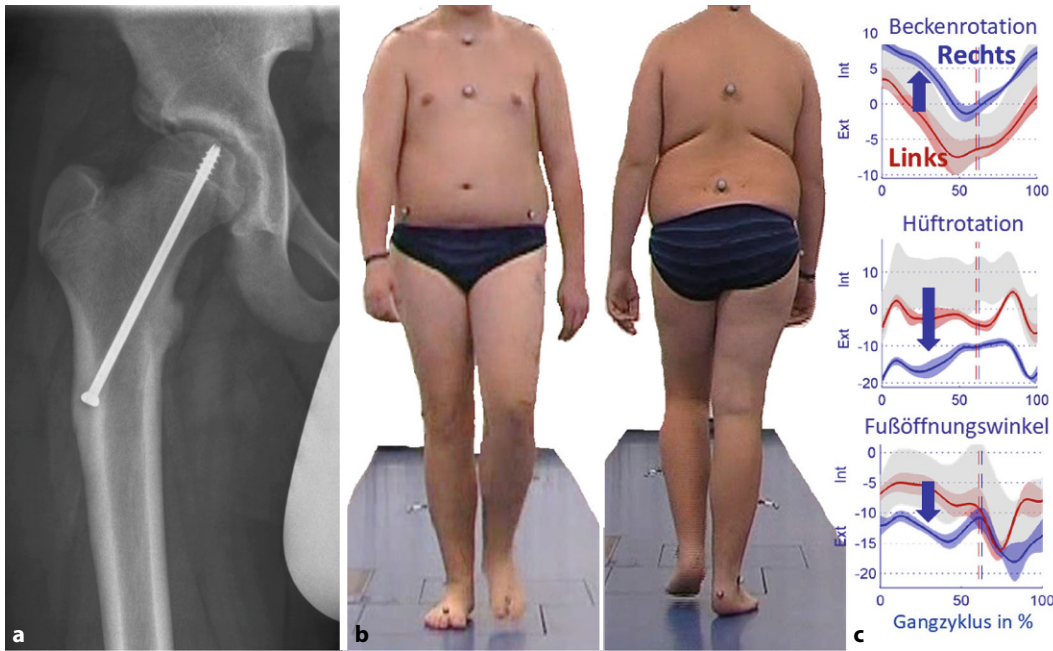


Abb. 4 ▲ Vierzehnjähriger Junge mit beidseitiger Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) mittels Schrauben fixiert (a). Rechts bestehen Hüftschmerzen (Visuelle Analogskala 4/10) sowie eine ausgeprägte Einschränkung der Innenrotation (Innenrotation/Außenrotation [IRO/ARO] 0°/70°) mit positivem Drehmann-Zeichen. Links ist die Hüfte schmerzfrei, die passive Rotation beträgt IRO/ARO 30°/60°. Die Abduktion ist frei, die Abduktorenkraft beträgt 5/5 nach Janda. In der visuellen Gangbeurteilung zeigen sich nur geringe Auffälligkeiten (b). Die instrumentelle 3-D-Ganganalyse (c) weist jedoch eine deutliche Hüftaußenrotation rechts nach, die durch eine kompensatorische Beckenprotraktion ausgeglichen wird, sodass der rechte Fuß beim Gehen nur minimal nach außen rotiert erscheint

von Deformitäten des Femurkopfes nach Abschluss der Heilungsphase [11]. Bei dem Fallbeispiel mit unilateraler LCPD aus **Abb. 2** besteht eine Beugekontraktur der rechten Hüfte von Extension/Flexion 0°/20°/120°, die linke Hüfte ist frei beweglich. In der Folge ist die Schrittlänge auf der linken Seite signifikant gegenüber der rechten Seite reduziert wie in **Abb. 3** eindrucksvoll in der Ansicht von sagittal zu erkennen ist, der Junge geht hierdurch langsamer.

Impingement-Mechanismen gelten auch als mögliche Ursache für „Out-toeing“- bzw. „In-toeing“-Gangbilder, die durch eine kompensatorische Rotation des proximalen Femurs entstehen [12]. Auf diese Weise wird versucht die anteriore Prominenz des Femurkopfes (Femur-Hump) in den relativ defizienten anterolateralen Gelenkabschnitt zu verlagern, um ein schmerzhaftes Anschlagen zu vermeiden [12].

Darüber hinaus können funktionelle oder auch anatomische Beinlängendifferenzen auftreten, verursacht durch eine Adduktionskontraktur oder eine kollabierende Epiphyse [6]. Diese führen zu bestimm-

ten kompensatorischen Strategien: Bei milden Längendifferenzen bis etwa 3 cm erfolgt häufig eine funktionelle Verkürzung der längeren Extremität durch Hüft- und Kniebeugung sowie eine vermehrte Dorsalextension im Sprunggelenk während der Standphase. Eine funktionelle Verlängerung durch Zehengang der kürzeren Extremität ist sehr energieintensiv und wird erst bei größeren Beinlängendifferenzen oder Kontrakturen der Wadenmuskulatur beobachtet [13].

Nach „containment“-verbessernden Operationen (z. B. Becken- oder Femurosteotomien) konnte eine Reduktion der ipsilateralen Oberkörperseitneigung nachgewiesen werden [5]. Abgesehen davon existieren bislang jedoch nur wenige qualitativ hochwertige Studien, die den Einfluss konservativer oder operativer Therapieformen auf das Gangbild systematisch untersuchen [1].

Epiphyseolysis capitis femoris (ECF)

Bei der ECF ist das häufigste klinische Zeichen eine Einschränkung der Hüftinnenrotation und Flexion [14]. Dadurch entsteht

typischerweise ein „Out-toeing“-Gangbild infolge der fehlenden Innenrotationsfähigkeit während des Gehens. Diese Deformität kann zu sekundären Gangstörungen und einer vorzeitigen Koxarthrose führen, wobei ein femoroazetabuläres Impingement als wesentlicher pathogenetischer Mechanismus gilt. Bei höhergradigen, lateral betonten Abrutschformen ist die Hüftabduktion eingeschränkt, was eine kraniale Beckeninklination und eine scheinbare Beinlängendifferenz verursachen [15]. In der Transversalebene kann die ausgeprägte Außenrotationsstellung durch eine protrahierte Beckenrotation kompensiert werden, sodass der Fuß trotz limitierter Innenrotation in nahezu neutraler Progressionsrichtung bleibt, wie beim in **Abb. 4** dargestellten Patienten. Nach In-situ-Fixation liegen die Gangparameter häufig nahe den Normwerten [15, 16]. Die dreidimensionale Ganganalyse erlaubt eine sensitive Erfassung selbst geringfügiger Störungen der Hüftkinematik [2, 15, 16]. Bei ausgeprägten Deformitäten können Flexions- oder Rotationsosteotomien das pathologische Außenrotationsgangbild signifikant verbessern [17].



Abb. 5 ▲ Zehnjähriges Mädchen nach Repositionsbehandlung wegen angeborener Hüftluxation (DDH Typ III–IV nach Graf). Die Röntgenaufnahme zeigt rechts eine auskorrigierte Hüftpfanne mit gut zentriertem Hüftkopf, links weiterhin eine dysplastische Pfanne mit pathologischer Kongruenz zwischen Hüftpfanne und Hüftkopf. Klinisch berichtet die Patientin nach längerem Gehen (mit dem Gangbild in **Abb. 6**) über Schmerzen im linken M. gluteus medius (Visuelle Analogskala 6/10). Die Kraft der linken Abduktoren ist deutlich reduziert (2/5 nach Janda)

Entwicklungsdysplasie der Hüfte (DDH)

Verglichen mit den zuvor beschriebenen Patienten mit LCPD und ECF wiesen Kinder und Jugendliche mit DDH den höchsten Anteil an ausgeprägter Beckenabkippung (Trendelenburg-Gangbild) auf – mit 46% im Vergleich zu 15% bei ECF und 8% bei LCPD [3]. Biomechanisch lässt sich dies dadurch erklären, dass bei DDH das Hüftgelenkzentrum häufig lateralisiert ist. Dadurch verkürzen sich die Hebelarme der Abduktoren, die zur Aufrechterhaltung der Beckenstabilität deutlich höhere Kräfte aufbringen müssten [9].

Ein klinisches Beispiel verdeutlicht diesen Zusammenhang: Ein 10-jähriges Mädchen, das im Säuglingsalter eine Repositionsbehandlung wegen angeborener Hüftluxation erhalten hatte, zeigt rechts eine auskorrigierte Hüftpfanne mit gut zentriertem Hüftkopf. Links besteht weiterhin eine dysplastische Pfanne mit pathologischer Kongruenz zwischen Hüftpfanne und Hüftkopf. Nach längerem Gehen klagt die Patientin über belastungsabhängige Schmerzen im Bereich des linken M. gluteus medius (VAS 6/10). Klinisch zeigte sich eine deutliche Abduktoreninsuffizienz der linken Hüfte (Kraftgrad 2/5 nach Janda) mit positivem Trendelenburg-

Zeichen, d. h. klarer Beckenabsenkung zur Gegenseite im Einbeinstand links. Beim Gehen war während der Standphase links ein ausgeprägtes kontralaterales Absinken des Beckens zu beobachten, während das Becken in der rechten Standphase sogar leicht angehoben war (**Abb. 5**).

Die Elektromyografie zeigte eine deutlich reduzierte Aktivität des M. gluteus medius auf der linken, betroffenen Seite im Vergleich zur rechten. Eigentlich wäre eine erhöhte Aktivierung zu erwarten, um trotz verringerter Maximalkraft das Becken zu stabilisieren. Die verminderte EMG-Amplitude könnte jedoch sowohl schmerzbedingt als auch Ausdruck einer fortgeschrittenen muskulären Atrophie sein, die mit einer reduzierten Rekrutierbarkeit motorischer Einheiten, veränderter Muskelfaserarchitektur und eingeschränkter Leitfähigkeit einhergeht [18].

Zudem zeigte sich eine Verlängerung der linken Extremität um 6 mm infolge einer femoralen Überlänge – ein Befund, der bei unilateraler Hüftdysplasie häufig beschrieben wird [19]. Diese Überlänge kompensiert teilweise die durch die Subluxation verursachte funktionelle Beinverkürzung der linken Seite. Sie reicht jedoch nicht aus, sodass die kontralaterale, nicht betroffene Seite funktionell länger erscheint. Dies wird durch eine kompen-

satorische Hüft- und Kniebeugung sowie eine vermehrte Dorsalextension des kontralateralen Beins während der Standphase ausgeglichen, um den Abstand zwischen Boden und dem tieferstehenden Becken zu verringern (**Abb. 5**).

» Ein nicht kompensiertes Trendelenburg-Gangbild verkürzt die effektiven Hebelarme der Hüftabduktoren

Ein nicht kompensiertes Trendelenburg-Gangbild wie bei der Patientin in **Abb. 5** – im Gegensatz zum Duchenne-Gang mit lateraler Rumpfleigung als Kompensationsmechanismus – verkürzt die effektiven Hebelarme der Hüftabduktoren zusätzlich [20]. Bei Patienten mit DDH zeigen nahezu alle Hüftmuskeln im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen verkürzte abduzierende oder vermehrt adduzierende Momentarme (z. B. M. iliacus und M. rectus femoris; [9]). Diese Veränderungen beeinflussen das Zusammenspiel der einzelnen Muskeln, die gemeinsam das zur Beckenstabilisierung erforderliche Abduktionsmoment während der Einbeinstandphase erzeugen. Beispielsweise entwickeln der M. iliacus und der M. rectus femoris bei dysplastischen Hüften zwar hohe Kräfte zur Vortriebsunterstützung, wirken jedoch aufgrund veränderter Kraftlinien gleichzeitig vermehrt adduzierend. Dieses Ungleichgewicht muss durch eine erhöhte Aktivität der Abduktoren kompensiert werden. Zusätzlich führt der verkürzte Hebelarm des M. iliacus für die Innenrotation dazu, dass der M. tensor fasciae latae eine überproportional hohe Kraft aufbringen muss, um das notwendige Drehmoment in der späten Standphase zu erzeugen [9].

Insgesamt erfordern die verkürzten Hebelarme der Abduktoren deutlich höhere Muskelkräfte, um das Becken während der Einbeinstandphase zu stabilisieren. Dies führt zu einer Zunahme der Gelenkreaktionskräfte und zu einer ungünstigeren Kraftlinie im Hüftgelenk. Die daraus resultierende Kombination aus erhöhter Kompressions- und Scherbelastung auf den Pfannenrand und den Gelenkknorpel begünstigt strukturelle Schädigungen von Knorpel und Labrum und beschleunigt degenerative Veränderungen [9]. Klinisch zeigt sich, dass unbehandelte dysplastische

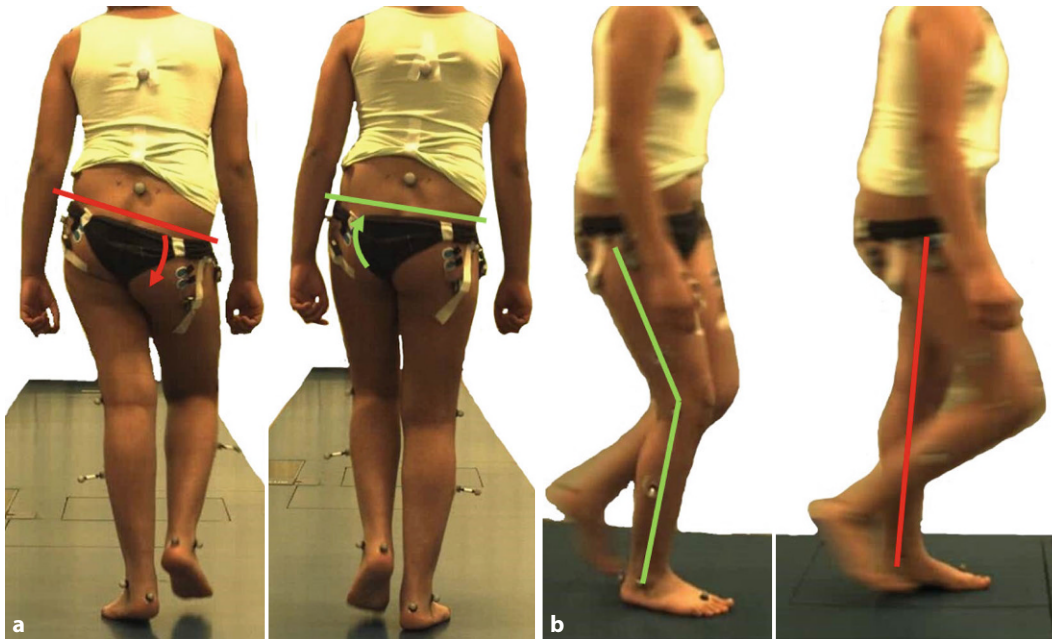


Abb. 6 ▲ **a** Während der Standphase auf der linken Seite zeigt sich ein ausgeprägtes Absinken des kontralateralen Beckens, während in der rechten Standphase das kontralaterale Becken leicht angehoben ist. Auf dem Bild sind zudem die Oberflächen-elektroden im Bereich des M. gluteus maximus sichtbar; aufgrund der ausgeprägten Schwäche wurde eine Elektromyografie des M. gluteus maximus und medius durchgeführt, um zusätzliche Informationen zur muskulären Funktion und zum Aktivierungspotenzial zu gewinnen. **b** In der Einbeinstandphase des rechten, anatomisch um 6 mm kürzeren Beins zeigt sich eine verstärkte Beugung, um den durch den Beckentiefstand verursachten Abstand zum Boden auszugleichen, während das linke Bein leicht überstreckt wird

sche Hüften in etwa 20–50% der Fälle vorzeitig eine degenerative Koxarthrose entwickeln [21]. Der Schweregrad dieser degenerativen Veränderungen korreliert dabei eng mit dem Ausmaß der Gangstörung [22].

Eine aktuelle Studie von Demirel et al. [23] untersuchte Kinder, die im frühen Kindesalter (<18 Monate) mittels medialer „open reduction“ mit zusätzlichem Weichteilrelease behandelt wurden, einschließlich Tenotomien des M. iliopsoas und des M. adductor longus, bei ein- oder beidseitiger DDH. Die Ergebnisse bestätigten die oben beschriebenen Beobachtungen eines ausgeprägten Trendelenburg-Ganges, insbesondere bei unilateraler DDH. Zwar war auch die Schrittlänge verkürzt, diese wurde jedoch durch eine höhere Kadenz kompensiert, sodass die Gehgeschwindigkeit nicht reduziert war [23]. Dies entspricht dem Befund im zuvor beschriebenen Fallbeispiel in **Abb. 6**, bei dem die linke Schrittlänge zwar verkürzt war, die Patientin dies jedoch durch eine erhöhte Kadenz gut kompensierte.

Früherkennung und Ganganalyse sind essenziell, da ein persistierender Trende-

lenburg-Gang bei DDH die Hüftbelastung erhöht und zu einem vorzeitigem Gelenkverschleiß beitragen kann [3]. Eine gezielte Kräftigung der Abduktoren kann hilfreich sein, adressiert jedoch nicht den anatomischen Nachteil bei stark lateralisierendem Hüftgelenkzentrum. Daher sind häufig kombinierte Strategien notwendig, bestehend aus Physiotherapie und gegebenenfalls operativer Korrektur. Eine operative Korrektur, beispielsweise mittels periazetabulärer Osteotomie nach Ganz (PAO), zielt auf eine dreidimensionale Reorientierung des Azetabulums ab. Durch die verbesserte Überdachung des Hüftkopfes wird die Gelenkkontaktfläche vergrößert und die resultierende Gelenkbelastung pro Flächeneinheit reduziert. Insbesondere bei ausgeprägter Pfannendysplasie kann die PAO den kranialen Translations- bzw. Schubanteil des Hüftkopfes in der Standphase vermindern und so eine funktionelle Stabilisierung des Hüftgelenks bewirken. Infolge der veränderten Kraftvektoren verlängern sich die effektiven Hebelarme der Hüftabduktoren, wodurch die erforderlichen Muskelkräfte sowie die resultierenden Gelenkreaktionskräfte reduziert wer-

den und sich sowohl die Muskelmechanik als auch die Gelenkbelastung verbessern [9].

Schlussfolgerungen

Gangbildveränderungen sind bei Hüftproblemen im Kindes- und Jugendalter ein häufiges und klinisch relevantes Symptom. Sie manifestieren sich nicht nur im Bereich des Beckens, der Hüfte und des Rumpfes, sondern wirken sich oft auch sekundär auf Knie- und Sprunggelenke aus, insbesondere bei anatomischen oder funktionellen Beinlängendifferenzen. Solche Gangabweichungen spiegeln sowohl muskuläre Insuffizienzen als auch strukturelle Fehlstellungen wider und geben wertvolle Hinweise auf die Schwere und Dynamik der Erkrankung.

Eine umfassende Diagnostik, idealerweise einschließlich instrumentierter, videobasierter 3-D-Ganganalyse, ist zentral, um das Ausmaß der Abweichungen objektiv zu erfassen, Therapieentscheidungen zu fundieren und den Verlauf sowie den Behandlungserfolg langfristig zu überwachen. Die Analyse von typischen Gang-

mustern wie Trendelenburg-Gangbild und Duchenne-Gang liefert dabei wichtige Informationen zu muskulären Kompensationen, Beckenstabilität und Gelenkbelastungen.

Therapeutisch stehen gezielte muskuläre Kräftigungsprogramme, physiotherapeutische Interventionen sowie – abhängig vom Ausmaß der strukturellen Fehlstellung, dem Erkrankungsstadium und individuellen funktionellen Defiziten – operative Korrekturen im Vordergrund. Bei Hüftpathologien, die operativ adressiert werden können, liefert die instrumentierte Ganganalyse (IGA) wichtige Hinweise zur postoperativen Normalisierung des Gangbildes sowie zur gezielten Kräftigung der hüftstabilisierenden und gangbeschleunigenden Muskulatur. Bei nicht oder nur eingeschränkt korrigierbaren Hüftpathologien kann die IGA darüber hinaus genutzt werden, adaptive Kompensationsstrategien gezielt zu optimieren, um die Gangeffizienz zu verbessern und eine progressive Gelenkbelastung sowie den Gelenkverschleiß möglichst zu verlangsamen.

Kliniker sollten insbesondere den Trendelenburg-Gang und das kompensatorische Duchenne-Gangbild bewusst erkennen, deren Ursachen differenziert beurteilen und in Therapieplanung und Zielsetzung aktiv einbeziehen. Nur so können funktionelle Defizite reduziert, Überlastungen vermieden und langfristige Gelenkgesundheit sowie Bewegungsqualität der Patienten gesichert werden.

Fazit für die Praxis

- Gangstörungen bei Hüftpathologien spiegeln funktionelle Defizite, muskuläre Insuffizienzen und strukturelle Fehlstellungen wider.
- Trendelenburg- und Duchenne-Gangbilder sind typische Kompensationsstrategien, die sowohl Schmerzen reduzieren als auch sekundäre Fehlbelastungen verursachen können.
- Eine frühe und umfassende Ganganalyse (idealerweise instrumentiert oder visuell) ist zentral für Diagnostik, Therapieplanung und Verlaufskontrolle.
- Physiotherapie und gezielte Kräftigung der Hüftabduktoren sind essenziell, sollten langfristig erfolgen und an das Gangbild angepasst werden.
- Operative Maßnahmen können biomechanische Hebelarme verbessern und Fehlbelastungen reduzieren.

Hier steht eine Anzeige.



- **Kliniker sollten Gangmuster bewusst erfassen, Ursachen differenziert beurteilen und in Therapieentscheidungen und Zielsetzung einbeziehen.**

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Harald Böhm

Orthopädische Kinderklinik, Behandlungszentrum Aschau GmbH
Bernauerstr. 18, 83229 Aschau im Chiemgau, Deutschland
h.boehm@kiz-chiemgau.de

Förderung. Keine Förderungen.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Böhm und F. Wagner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

Literatur

- Mashabi A, Abdallat R, Alghamdi MS, Al-Amri M (2024) Gait Compensation among Children with Non-Operative Legg–Calvé–Perthes Disease: A Systematic Review. *Healthcare*. <https://doi.org/10.3390/healthcare12090895>
- Westhoff B, Petermann A, Hirsch MA, Willers R, Krauspe R (2006) Computerized gait analysis in Legg Calvé Perthes disease-Analysis of the frontal plane. *Gait Posture* 24:196–202. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.08.008>
- Anable NR, Luginisland LA, Carlos C, Stevens WR, Loewen AM, Jeans KA et al (2024) Investigating pelvic drop gait abnormality in adolescent hip pathology patients. *Gait Posture* 110:65–70. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.03.007>
- Švehlík M, Kraus T, Steinwender G, Zwick EB, Linhart WE (2012) Pathological gait in children with Legg–Calvé–Perthes disease and proposal for gait modification to decrease the hip joint loading. *Int Orthop* 36:1235–1241. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1416-2>
- Stief F, Schmidt A, Adolf S, Kremer L, Brkic M, Meurer A (2016) Development of gait performance and dynamic hip and knee joint loading after containment improving surgery in patients with Legg–Calvé–Perthes disease. *Gait Posture* 47:51–56. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.04.009>
- Nelitz M, Lippacher S, Krauspe R, Reichel H (2009) Morbus perthes: Diagnostische und therapeutische prinzipien. *Dtsch Arztebl* 106:517–523. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2009.0517>
- Stief F, Böhm H, Ebert C, Döderlein L, Meurer A (2014) Effect of compensatory trunk movements on knee and hip joint loading during gait in children with different orthopedic pathologies.

Gait pattern in hip problems. Pathomechanics and clinical relevance

Gait disturbances are a central sign of underlying hip pathologies in children and adolescents, reflecting muscular insufficiencies, structural deformities, and compensatory strategies. Typical patterns such as Trendelenburg and Duchenne gait exhibit pelvic drop and lateral trunk lean, which can mask functional deficits but may also lead to secondary misloading. Instrumented 3D gait analysis provides objective data on joint angles, muscle activity, and joint loading. Therapy includes long-term physiotherapy, targeted strengthening of the hip abductors, and, if necessary, surgical corrections to optimize leverage and reduce joint stress. Early detection and a differentiated assessment of gait patterns are essential for targeted therapy planning, monitoring progress, and preventing degenerative changes.

Keywords

Gait disorder · Gait analysis · Trendelenburg gait · Duchenne gait · Limping

- Gait Posture 39:859–864. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.11.012>
- Karimi MT, Gutierrez-Farewik L, McGarry A (2019) Evaluation of the hip joint contact force in subjects with Perthes based on OpenSIM. *Med Eng Phys* 67:44–48. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2019.03.001>
 - Song K, Gaffney BMM, Shelburne KB, Pascual-Garrido C, Clohisy JC, Harris MD (2020) Dysplastic hip anatomy alters muscle moment arm lengths, lines of action, and contributions to joint reaction forces during gait. *J Biomech*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109968>
 - Wagner F, Weiß B, Holzapfel BM, Ziegler CM, Heimkes B (2023) Functional adaptation after femoral intertrochanteric valgus osteotomy in Legg–Calvé–Perthes disease. *Sci Rep* 13:20538. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45749-1>
 - Stulberg SD, Cooperman DR, Wallensten R (1981) The natural history of Legg–Calvé–Perthes disease. *J Bone Joint Surg Am* 63:1095–1108
 - Yoo WJ, Choi IH, Cho TJ, Chung CY, Park MS, Lee DY (2008) Out-Toeing and In-Toeing in Patients With Perthes Disease. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 28:717–722. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318186c4be>
 - Böhm H, Dussa CU (2025) Impact of mild leg length discrepancy on pelvic alignment and gait compensation in children. *Gait Posture* 118:122–129. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.02.003>
 - Siegel DB, Kasser JR, Sponseller P, Gelberman RH (1991) Slipped capital femoral epiphysis. A quantitative analysis of motion, gait, and femoral remodeling after in situ fixation. *J Bone Joint Surg Am* 73:659–666
 - Sangeux M, Passmore E, Gomez G, Balakumar J, Graham HK (2014) Slipped capital femoral epiphysis, fixation by single screw in situ: A kinematic and radiographic study. *Clin Biomech* 29:523–530. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.03.012>
 - Henry B, Detrembleur C, Mahaudens P, Boulet S, Docquier PL (2019) Gait abnormalities following slipped capital femoral epiphysis treated with in situ fixation. *Gait Posture* 69:156–161. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.036>
 - Caskey PM, McMullin ML, Gordon AB, Posner MA, Baird GO, Tompkins BJ (2014) Gait Outcomes of Patients With Severe Slipped Capital Femoral Epiphysis After Treatment by Flexion-Rotation Osteotomy. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 34:668–673. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000180>
 - Banks NF, Rogers EM, Jenkins NDM (2021) Electromyographic amplitude versus torque relationships are different in young versus postmenopausal females and are related to muscle mass after controlling for bodyweight. *Eur J Appl Physiol* 121:479–488. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04532-0>
 - Merchant RM, Tolik JJ, Ayub AA, Eastwood DM, Hashemi-Nejad A (2022) The Importance of Monitoring and Factors That May Influence Leg Length Difference in Developmental Dysplasia of the Hip. *Children*. <https://doi.org/10.3390/children9121945>
 - Henderson ER, Marulanda GA, Cheong D, Temple HT, Letson GD (2011) Hip abductor moment arm—a mathematical analysis for proximal femoral replacement. *J Orthop Surg Res* 6:6–6. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-6-6>
 - Böhm P, Brzuske A (2002) Salter innominate osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip in children: results of seventy-three consecutive osteotomies after twenty-six to thirty-five years of follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 84:178–186
 - Lai KA, Lin CJ, Su FC (1997) Gait analysis of adult patients with complete congenital dislocation of the hip. *J Formos Med Assoc* 96:740–744
 - Demirel M, Evrendilek H, Akalan NE, Bilgili F, Meriç E, Kuchimov S et al (2024) Residual gait deviations in children treated by medial open reduction for developmental dysplasia of the hip at long-term follow-up: a comparison with healthy controls. *Int Orthop* 48:2661–2671. <https://doi.org/10.1007/s00264-024-06263-9>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.