

Beinlängendifferenzen bei Kindern und Jugendlichen – Diagnostik und Therapieoptionen

Andreas H. Krieg, Basel

Einleitung

Beinlängendifferenzen geringen Ausmasses (bis zu 1.5 cm) sind häufig und finden sich in über einem Drittel der Bevölkerung. Eine Beinlängendifferenz von über 1.5 cm findet sich in > 6% der Bevölkerung und 1/1000 erhält ein Rezept für Sohlen/Schuherrhöhung¹⁾⁻⁴⁾. Häufig fallen geringe Beinlängendifferenzen (< 1.5 cm) somit nicht auf und der betreffende Patient kann schmerzfrei damit leben. Bei grösseren Beinlängendifferenzen jedoch wird das biomechanische Problem zum Beispiel beim Kleiderkauf, im Schwimmbad, beim Sport oder in einer medizinischen Routineuntersuchung wahrgenommen.

Je grösser die Differenz und/oder je umfangreicher der Patient aktiv ist, desto eher können Schmerzen aus den unterschiedlich langen Gliedmassen resultieren. Beschwerden treten meist im Hüft- oder Kniegelenk sowie im Rücken auf⁵⁾. Grund dafür ist, das «schiefe» Becken, welches durch die unterschiedlich langen Beine in Schräglage kommt. Das führt zur Überbeanspruchung der genannten Gelenke, einer Verschlechterung der allgemeinen Beweglichkeit, einer Verspannung der Muskulatur an den Beinen und der Wirbelsäule, welches im schlimmsten Fall beim Jugendlichen zu einer funktionellen Skoliose führen kann⁶⁾⁻⁹⁾. In entsprechenden Finite-Elemente-Simulationen konnte bei einer BLD von bereits > 1 cm der 5-fache Stress auf das Sacroiliacal-Gelenk der kürzeren Seite nachgewiesen werden¹⁰⁾. Längerfristig kann eine Beinlängendifferenz eine Risikoerhöhung für eine Arthroseentwicklung darstellen^{11), 12)}.

Ursachen der Beinlängendifferenz

Eine Beinlängendifferenz und damit der Beckenschiefstand resultiert meistens aus einer funktionellen (muskulären Überlastung) und weniger aus einer anatomischen Ursache (= echter Unterschied der Beinlänge) heraus⁵⁾. Anatomisch bedingte Beinlängendifferenzen können bereits bei Geburt oder durch eine Lähmungskrankung bestehen und nehmen während dem Wachstum zu. Ein direkter Schaden durch Infektion, ein Trauma oder

Tumor am Knochen oder der Wachstumsfuge beim Kind können direkt die Länge des betroffenen Knochens beträchtlich reduzieren. Diese anatomischen Beinlängendifferenzen sind in der Regel grösser als die funktionell bedingten Differenzen, die durch ein Bagateltrauma wie z. B. einen Misstritt mit Umknicken im Sprunggelenk über entsprechende Kompensations- und Schutzmechanismen an Hüfte (vermehrte Aussenrotation), Absenken des Fussgewölbes und am Knie (X-Bein, Rotation) zu einer funktionellen Beinverkürzung führen können¹³⁾.

Diagnostik

Zur Feststellung der Beinlängendifferenz sollte am Anfang die klinische Untersuchung

stehen. Der Patient wird bis auf die Unterwäsche ausgezogen und man beurteilt dann zunächst das Gangbild (siehe auch *Abb. 3*) mit der Frage nach einem Verkürzungshinken. Man kann eine anatomische Beinlängendifferenz durch direktes Messen der Beinlängen an anatomischen Landmarken (Spina iliaca ant. superior, medialer Kniegelenksspalt und Malleolus medialis) bestimmen, was allerdings ungenau ist. Praktikabler ist es, die beiden Beckenkammhöhen oder Spina iliaca superior anterior oder posterior bds. miteinander zu vergleichen und durch Unterstellen mit Holzbrettchen definierter Höhe die beiden anatomischen Landmarken wieder zu äquilibrieren (*Abb. 1a*). Eine entsprechende Beinachsendiformität (Varus/Valgus) kann dann ebenfalls beurteilt werden. Beim Patienten in Bauchlage kann man bei gerade ausgerichtetem Becken schnell feststellen, ob die BLD am Unterschenkel oder Oberschenkel besteht (*Abb. 1b*). In dieser Position lassen sich auch die Unterschenkeltorsionen und die Schenkelhalsantetorsion beurteilen.

Radiologisch können mit einer korrekten Ganzbeinaufnahme beider Beine (Patellae



Abbildung 1: a) Patientin mit einem fibulären Längsdefekt und Zehenaplasie am rechten Fuss mit Beinlängendifferenz von -5.5 cm rechts b) in Bauchlage mit äquilibriertem Becken verteilt auf Unterschenkel -3.5 cm und Oberschenkel -2 cm



Abbildung 2: Korrekte Ganzbeinaufnahme (beide Patellae nach ventral ausgerichtet mit 3 cm Unterstellung der kürzeren linken Seite) eines 18-jährigen professionellen Mountainbikers mit einer anatomischen 3 cm grossen Beinlängendifferenz am Oberschenkel links (Pfeil) nach klinischer Untersuchung durch den Sportphysiotherapeuten festgestellt. Die Ursache wurde dann in unserer Klinik mit dem Rx- Bild eruiert: Der Pat. hatte in der Vergangenheit eine Femurkopfdeformierung (Kreis) mit Höhenverlust (Femurkopfnekrose-Morbus Perthes) durchgemacht.

müssen beide nach anterior ausgerichtet sein unabhängig von der Fussstellung!) mit entsprechender Unterstellung der kürzeren Seite, knöcherne Ursachen und Achsendeformitäten analysiert werden (Abb. 2).

In der erweiterten Deformitätenanalyse hilft die Rotations-MRT (Magnetresonanztomographie) strahlenfrei Rotationsfehler in den Knochen festzustellen. Die MRT hat in diesem Diagnoseschritt die strahlenbelastende Computertomographie abgelöst. In Zukunft werden diese Untersuchungen von dem EOS-imaging abgelöst. EOS-Imaging ermöglicht hochauflösende 3D-Aufnahmen des Achsen skeletts in stehender/sitzender Position zu erstellen und dabei die Strahlenbelastung des Patienten ohne Qualitätsverlust im Vergleich zur herkömmlichen Aufnahme deutlich zu reduzieren¹⁴. Des Weiteren benötigt man für die Wachstumsprognose mit Bestimmung des Knochenalters und der Körperendgrösse ein Röntgen der linken Hand oder des Ellbogens, alternativ sind Bestimmungen mit einer Ultraschalluntersuchung des Handskeletts gleichwertig^{15,16}.

Sollte eine Beinlängendifferenz in den statischen Untersuchungen festgestellt werden, analysieren wir Patienten an unserer Klinik im Ganglabor, wo die kompensatorischen, funktionellen Mechanismen mit Video, sowie Muskelaktivitäts- und Kraftmessungen genau

analysiert werden können¹⁷. Im Gegensatz zur statischen Untersuchung kann das Ganglabor die dynamische Relevanz der Beinlängendifferenz eruieren. Dies gehört heute in einer modernen Klinik mittlerweile zum Goldstandard. Hier erhält man entscheidende Hinweise auf die Auswirkungen bzw. Kompensationen der Beinlängendifferenzen (siehe Legende Abb.3) und somit auch auf den anzusetzenden Therapieweg im alltäglichen Gang-/Laufmuster (Abb. 3).

Therapieoptionen

Bei einer funktionellen Beinlängendifferenz muss zuerst die eigentliche (meist muskuläre) Ursache erkannt und dann physiotherapeutisch behandelt werden, ansonsten kann auch die konservativ ausgeglichene Beinlängendifferenz kaum zur Verbesserung der Beschwerden führen¹⁸. Eine Indikation für eine Behandlung sehen wir bei anatomischen Beinlängendifferenzen > 1 cm beim wachsenden Kind/Jugendlichen und beim ausgewachsenen Jugendlichen bei > 2.5 cm.

Beinlängendifferenzen vom geringen Ausmass (1 – 2.5 cm) können temporär beim wachsenden Kind durch eine Einlage oder Sohlenerhöhung und für den Sport mit einem Spezialsportschuh ausgeglichen werden.

Grössere Beinlängendifferenzen mit entsprechenden Beschwerden können operativ prinzipiell mit einer Knochenverlängerung mittels

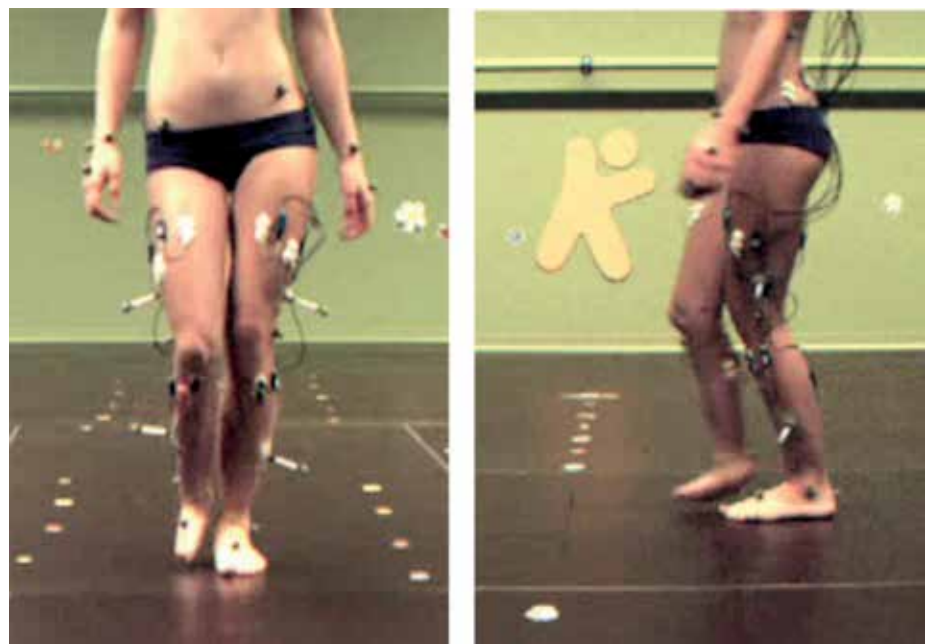


Abbildung 3: 14-jährige Patientin wird im Ganglabor analysiert mit einer angeborenen Beinverkürzung rechts (- 6 cm) am Unterschenkel mit den klassischen Kompensationen: Beckenschiefstand, Spitzfuss auf der kürzeren rechten Seite sowie vermehrte Beugung im Knie- und Hüftgelenk auf der längeren linken Seite während der Standphase links.

Kallusdistraktion (1 mm/Tag) oder einer Knochenverkürzung (Verödung der Wachstumsfugen = Epiphysiodese am längeren Knochensegment oder direkte Knochenverkürzung beim Ausgewachsenen) korrigiert werden.

Beim wachsenden Kind kann nach entsprechender prognostischer Wachstumsanalyse durch das perkutane Stoppen der Wachstumsfugen (Epiphysiodese) am längeren Bein zum richtigen Zeitpunkt, die Beinlängendifferenz mit dem Restwachstum der kürzeren Seite ausgeglichen werden. Dies lässt sich bei älteren Kindern (ca. ab 10. Lebensjahr) und Beinlängendifferenzen von 1.5 cm bis zu 3 cm relativ genau durchführen¹⁹⁾. Diese Methode bedingt aber einen Eingriff an dem meist nicht betroffenen längeren Bein und geht mit einer Reduzierung der prognostischen Endgrösse einher. Dies muss daher individuell mit dem Patienten und der Familie aus psychologischen und sozioökonomischen Gründen besprochen werden, vor allem wenn der Patient eine unterdurchschnittliche Endgrössenprognose (Durchschnittsgrösse Mann 178 cm und Frau 166 cm in der Schweiz) hat²⁰⁾.

Der konservative Ausgleich grösserer, vor allem progredienter, Beinlängendifferenzen (> 5 – 6 cm) des Patienten kommt orthetisch an seine biomechanischen Grenzen. So sollte bei

jüngeren Kindern mit offenen Fugen initial noch eine Knochenverlängerung (Kallusdistraktion) mit (computergesteuerten) äusseren Knochenspannern (sogenannte Fixateur externe) durchgeführt werden. Aufgrund der externen und transmuskulären Komponente der Pins des Fixateur externe ist diese operative Behandlung mit erhöhtem Risiko für Infekte, Muskelkontrakturen, einziehende Narben, Schmerzen sowie verzögerte Rehabilitation verbunden^{21), 22)}.

Da Knochenverlängerungen an Tibia oder Femur je nach Länge des Knochensegmentes maximal nur bis zu 6 – 8 cm möglich sind, werden Kinder mit grösseren Beinlängendifferenzen (> 8 cm) im Rahmen eines Therapieplanes in der Regel zweiseitig verlängert. Die zweite Verlängerung kann dann aber mit einem weniger invasiven Implantat (z. B. intramedullären, motorisierten Nagel) nach Wachstumsabschluss erfolgen.

Beim Jugendlichen und Erwachsenen können wir heute auf die aufwendige und strapaziöse Beinverlängerung mit äusseren Knochenspannern (sogenannte Fixateur externe) dank moderner, motorisierter, intramedullärer Nägel, die minimal invasiv in den Knochen eingeführt werden können, weitgehend verzichten (*Abbildung 4*). Wir verlängern seit über 10

Jahren erfolgreich mit einem motorisierten, im Markraum liegenden Teleskopnagel am Oberschenkel (bis 8 cm Verlängerung) und/oder am Unterschenkel (bis 6 cm Verlängerung) (der sogenannte FITBONE®-Nagel) sowohl beim Jugendlichen als auch beim Erwachsenen^{23), 24)}. Aber auch hier muss mit dem Patienten die Option der Beinverkürzung, welche am Femur ad hoc bis 4 cm und an der Tibia bis 3 cm möglich ist, diskutiert werden. Die akute Beinverkürzung ist sowohl operativ als auch rehabilitativ für den Patienten die wesentlich einfachere und schnellere Methode, jedoch verbunden mit der Verminderung der Gesamtgrösse und in der Regel einem operativen Eingriff am «gesunden» Bein.

Zusammenfassung

Besteht bei einem Kind eine Beinlängendifferenz von > 1 cm, sollte zunächst festgestellt werden, ob eine funktionelle oder anatomische Ursache besteht.

Kinder im Wachstumsalter mit einer anatomischen BLD von 1.5 cm – 3 cm sollten zunächst konservativ mit Einlagen/Physiotherapie behandelt werden und dann 3 Jahre vor Wachstumsabschluss an einem kinderorthopädischen Zentrum zur Möglichkeit einer Epiphysiodese/ Beinverlängerung vorgestellt werden.



Abbildung 4: a) Beim oben angeführten Mountainbiker (*Abb. 2*) wurde über kleine Hautschnitte ein sogenannter FITBONE®-Nagel in den Oberschenkelknochen eingeführt und der Knochen erfolgreich um 3 cm verlängert. Hierbei setzt der Patient von aussen mit einer Energieeinheit Impulse über die unter der Haut gelegene Antenne an den im Nagel befindlichen Motor, der mit seiner Kraft umgerechnet ca. 120 kg ziehen könnte. b) Bereits nach 3 Monaten kann der Patient wieder das MTB-Training aufnehmen und startet seine ersten Rennen wieder nach 5 Monaten. 10 Monate später erfolgt in einer «Rennpause» die Nagelentfernung.

Kinder mit grösseren anatomischen Beinlängendifferenzen benötigen regelmässige, klinische Kontrollen: Bei BLD > 5–6 cm kommt je nach Körpergrösse eine orthetische Versorgung an seine Grenzen. Hier sollte an einem kinderorthopädischen Zentrum ein operativer Therapieplan erstellt werden im Kontext der Wachstums- und BLD-Prognosen, dem sozialen Umfeld des Kindes und dem Anspruch an die Funktion²⁵⁾. In der Regel sind hier je nach BLD-Prognose zwei bis drei operative Eingriffe während der ersten 2 Lebensjahrzehnte notwendig.

Aus der kurzen Übersicht über Beschwerden und mögliche Ursachen lässt sich bereits herauslesen, dass schon eine kleinere Beinlängendifferenz grosse Probleme verursachen kann. Daher lohnt es sich für jeden Patienten mit klinisch relevanter Beinlängendifferenz (> 1.5 cm), seinen Bewegungsapparat analysieren zu lassen. Der frühzeitige Besuch beim Pädiater, Kinderorthopäden oder Physiotherapeuten (zwecks Muskelfunktions- und Beweglichkeitstest) kann womöglich falschen Schlussfolgerungen zuvorkommen und Schmerzen/falsche Behandlungsansätze gar nicht erst entstehen lassen.

Literatur

- Guichet J-M, Spivak JM, Trouilloud P, Grammont PM. Lower Limb-Length Discrepancy: An Epidemiologic Study. *Clinical orthopaedics and related research* 1991; 272: 235-241.
- Gross RH. Leg length discrepancy: how much is too much? *Orthopedics* 1978; 1: 307-310.
- Hellsing A-L. Leg length inequality: a prospective study of young men during their military service. *Upsala journal of medical sciences* 1988; 93: 245-253.
- Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part I, anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance. *Chiropractic & osteopathy* 2005; 13: 1.
- Mincer AE, Cummings GS, Andrew PD, Rau JL. Effect of Leg Length Discrepancy on Trunk Muscle Fatigue and Unintended Trunk Movement. *Journal of Physical Therapy Science* 1997; 9: 1-6.
- Zabjek K, Leroux M, Coillard C et al. Acute postural adaptations induced by a shoe lift in idiopathic scoliosis patients. *European Spine Journal* 2001; 10: 107-113.
- Friberg O. Clinical symptoms and biomechanics of lumbar spine and hip joint in leg length inequality. *Spine (Phila Pa 1976)* 1983; 8: 643-651.
- Young RS, Andrew PD, Cummings GS. Effect of simulating leg length inequality on pelvic torsion and trunk mobility. *Gait & posture* 2000; 11: 217-223.
- Swaminathan V, Cartwright-Terry M, Moorehead J et al. The effect of leg length discrepancy upon load distribution in the static phase (standing). *Gait & posture* 2014; 40: 561-563.
- Kiapour A, Abdelgawad AA, Goel VK et al. Relationship between limb length discrepancy and load distribution across the sacroiliac joint—a finite element study. *Journal of Orthopaedic Research* 2012; 30: 1577-1580.
- Harvey WF, Yang M, Cooke TD et al. Association of leg-length inequality with knee osteoarthritis: a cohort study. *Annals of internal medicine* 2010; 152: 287-295.
- Golightly YM, Allen KD, Renner JB et al. Relationship of limb length inequality with radiographic knee and hip osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage* 2007; 15: 824-829.
- Hasler C. Beinlängendifferenzen. *Der Orthopäde* 2000; 29: 766-774.
- Hasler CC, Krieg AH. Current concepts of leg lengthening. *Journal of children's orthopaedics* 2012; 6: 89-104.
- Milner G, Levick R, Kay R. Assessment of bone age: a comparison of the Greulich and Pyle, and the Tanner and Whitehouse methods. *Clinical radiology* 1986; 37: 119-121.
- Hajalioghli P, Tarzamni MK, Arami S et al. The utility of ultrasonographic bone age determination in detecting growth disturbances; a comparative study with the conventional radiographic technique. *Skeletal radiology* 2015; 44: 1351-1356.
- Gurney B, Mermier C, Robergs R et al. Effects of limb-length discrepancy on gait economy and lower-extremity muscle activity in older adults. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83: 907-915.
- Kanstorf R. Manualtherapeutische Behandlung in Verbindung mit Schuheinlagenversorgung. *Manuelle Medizin* 2010; 48: 23-27.
- CANALE ST, CHRISTIAN CA. Techniques for epiphyseodesis about the knee. *Clinical orthopaedics and related research* 1990; 255: 81-85.
- Gautschi T, Hangartner D. Size Does Matter. Körpergröße, Humankapital und Einkommen. *Soziale Welt* 2006; 273-294.
- Faber FW, Keessen W, van Roermund PM. Complications of leg lengthening. 46 procedures in 28 patients. *Acta Orthop Scand* 1991; 62: 327-332.
- Young N, Bell DF, Anthony A. Pediatric pain patterns during Ilizarov treatment of limb length discrepancy and angular deformity. *J Pediatr Orthop* 1994; 14: 352-357.
- Krieg AH, Speth BM, Foster BK. Leg lengthening with a motorized nail in adolescents: an alternative to external fixators? *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466: 189-197.
- Krieg AH, Lenze U, Speth BM, Hasler CC. Intramedullary leg lengthening with a motorized nail: indications, challenges, and outcome in 32 patients. *Acta orthopaedica* 2011; 82: 344-350.
- Ramaker RR, Lagro SW, van Roermund PM, Sinema G. The psychological and social functioning of 14 children and 12 adolescents after Ilizarov leg lengthening. *Acta Orthop Scand* 2000; 71: 55-59.

Korrespondenzadresse

PD Dr. Andreas H. Krieg,
Leitender Arzt Korrekturen, Hüfte, Tumoren
Orthopädie, Universitätskinderhospital
beider Basel (UKBB)
Postfach, Spitalstrasse 33
CH- 4056 Basel
andreas.krieg@ukbb.ch

Der Autor hat keine finanzielle Unterstützung und keine anderen Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.