

Orthopädie, Kantonsspital Liestal¹; Orthopädische Universitätsklinik Basel²

¹Markus Knupp, ²Beat Hintermann, ²Victor Valderrabano

Krumme Beine – mehr als ein ästhetisches Problem?

Crooked Legs – just an Aesthetic Problem?

Zusammenfassung

Ob eine Fehlstellung von klinischer Relevanz ist, hängt im Wesentlichen vom Beschwerdebild, der Ausprägung, Lokalisation und einer allfälligen Progression ab. Achsenfehlstellungen führen bei der belasteten, unteren Extremität zu pathologischen Druckverteilungsmustern in den Gelenken. Da die degenerativen Gelenkerkrankungen primär mechanischer und nicht entzündlicher Natur sind, nehmen Deformitäten der Beine bei der Entwicklung der Arthrose eine Schlüsselrolle ein. Klinisch relevante Fehlstellungen können in Frühstadien mit Orthesen oder Korrekturosteotomien behandelt werden und zeigen bei adäquater Therapie eine gute Prognose. In Spätstadien werden grössere Gelenke mit Prothesen ersetzt. Kleinere Gelenke und solche, die nicht für einen Gelenkersatz qualifizieren, können versteift werden.

Schlüsselwörter: Fehlstellung – Arthrose – oberes Sprunggelenk – Knie – Osteotomie

Was sind «krumme Beine»?

Achsen und Torsionen durchlaufen vom Säugling über das Kleinkind zum Erwachsenen charakteristische Veränderungen. Typischerweise besteht beim Kleinkind eine O-Beinstellung (Varusstellung), die von varisch geformten Tibiae herrührt. Bei Gehbeginn geht diese in eine X-Bein Stellung (Valgus-

Stellung) über, bevor sich um das zehnte Lebensjahr die physiologische Achse von 5–7° valgus einstellt. Störungen dieser Entwicklung, z.B. durch einen vorzeitigen, partiellen Verschluss der Wachstumsfugen, führen zu Deformitäten. Andere Ursachen sind posttraumatische Fehlstellungen (Malunion nach Fraktur, chronisch ligamentäre Instabilitäten), Stoffwechselkrankheiten (z.B. Rachitis), renale Osteopathie, systemisch neuropathische und myopathische Erkrankungen sowie sekundäre Achsabweichungen nach partieller Gelenksdestruktion (Nekrose, Tumor, rheumat. Arthritis u.ä.). Letztere gehen häufig mit einer Hyperlaxizität oder Instabilität einher, welche die Deformität zusätzlich verstärken können.

Ob eine Fehlstellung ein rein ästhetisches Problem oder von klinischer Relevanz ist, hängt in erster Linie vom Beschwerdebild des Patienten ab. Deformitäten, die keine Beschwerden verursachen und im zeitlichen Verlauf keine Progredienz zeigen, bedürfen in der Regel keiner weiteren Abklärung. Ausgeprägte Deformitäten beim beschwerdefreien Patienten werden im Verlauf klinisch und allenfalls radiologisch beobachtet. Bestimmte Fehlstellungen weisen jedoch eine schlechtere Langzeitprognose auf und sollten daher engmaschiger nachkontrolliert werden (z.B. Rekurvatumfehlstellung am Unterschenkel als eigentliche Präarthrose am oberen Sprunggelenk).

Treten beim Patienten Beschwerden auf, so korrelieren diese häufig direkt mit dem Ausmass der Deformität. Aus-

geprägte Fehlstellungen führen meist schon nach kurzer Zeit zu erheblichen Einschränkungen. Die Beschwerden sind auf die Überlastung der Gelenksfläche oder der periartikulären Weichteile (Sehnen und Ligamente) zurückzuführen. In fortgeschrittenen Stadien können zudem Symptome von arthrotischen Veränderungen des Gelenkes auftreten. Das Ausmass der Fehlstellung wird mittels belasteter Röntgenbilder der gesamten Extremität quantifiziert. Bei der radiologischen Beschreibung wird die anatomische von der mechanischen Beinachse unterschieden (Abb. 1). Diese Achse eines Röhrenknochens wird durch eine Linie gebildet, die in der Mitte der Diaphyse verläuft. Die anatomischen Achsen des Femurs und der Tibia bilden in der Frontalebene einen Winkel von 5–7° valgus. Die mechanische Achse eines Röhrenknochens verläuft durch das Zentrum des proximalen und des distalen Gelenkes. Im Gegensatz zu den anatomischen Achsen verlaufen die mechanischen Achsen des Femurs und der Tibia in der Frontalebene leicht varisch zueinander. Das hat zur Folge, dass beim normal alignierten Knie etwa 60% des Kraftflusses durch das mediale Kompartiment übertragen werden und dieses entsprechend häufiger von degenerativen Veränderungen betroffen ist (Varusgonarthrose). Die mechanische Achse der gesamten unteren Extremität wird auch als Mikulicz-Linie bezeichnet.

Im Artikel verwendete Abkürzungen:
OSG Oberes Sprunggelenk

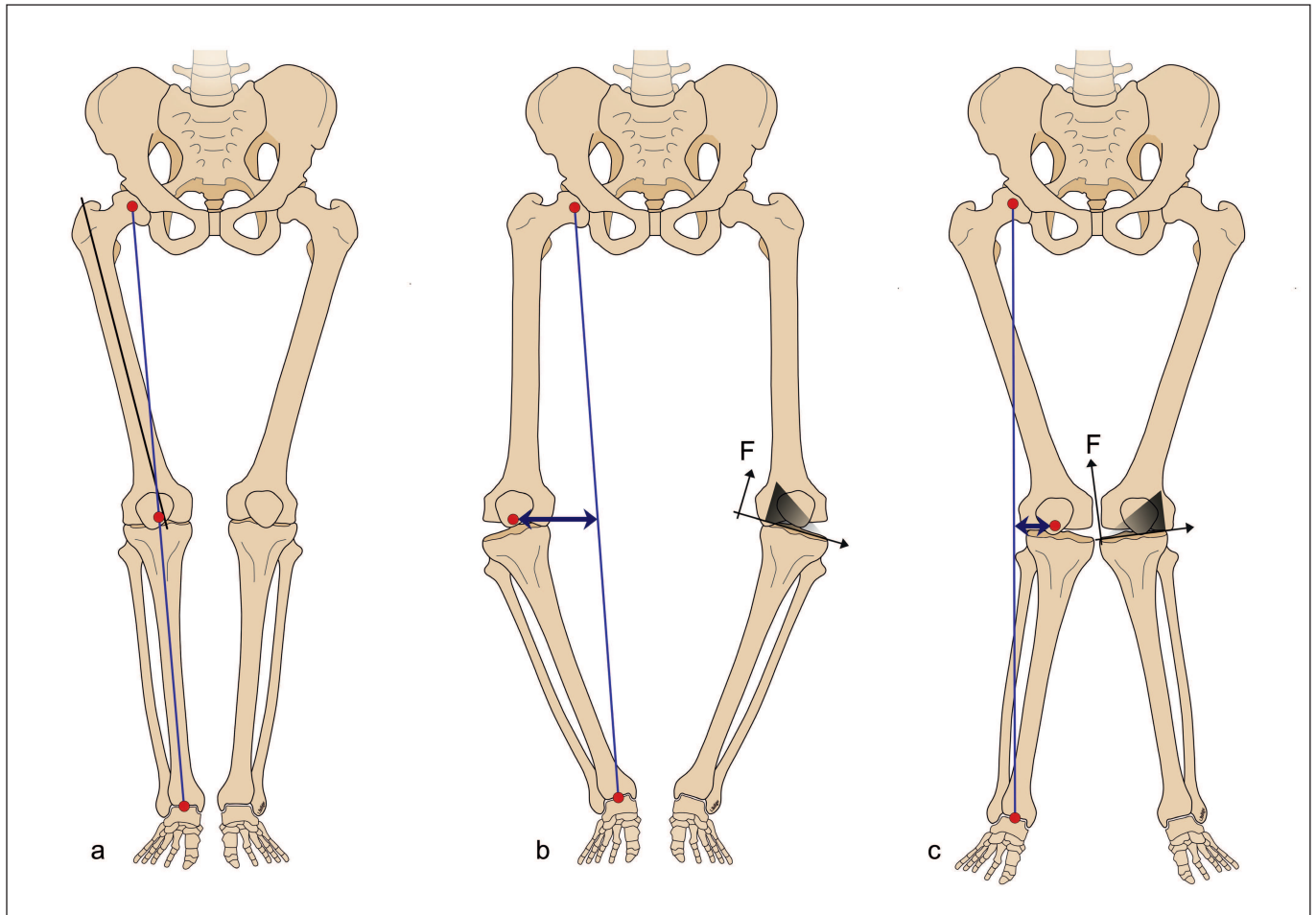


Abb. 1: Die Illustration zeigt die Verteilung der Kräfte im Kniegelenk bei Varus- und Valgus-Fehlstellungen. Die blaue Linie stellt die Mikulicz-Linie dar. Auf der Abbildung **a**) ist eine normale Achsenstellung zu sehen, wobei die Mikulicz-Linie leicht medial des Zentrums des Kniegelenkes verläuft. Schwarz eingezeichnet ist die anatomische Achse des Femurs. Die anatomische und die mechanische Achse der Tibia verlaufen in diesem Beispiel gemeinsam mit der Mikulicz-Linie. Die Abbildung **b**) stellt die Kraftverhältnisse einer Varus-Fehlstellung mit erhöhten Kräften auf der medialen Seite des Kniegelenkes dar. Auf der Darstellung **c**) ist eine Valgus-Fehlstellung mit der entsprechenden lateralen Gelenksüberlastung dargestellt.

Diese verläuft vom Zentrum des Femurkopfes zur Mitte der Malleolengabel und schneidet das Kniegelenk 2–4 mm medial des Zentrums – analog zur Varusstellung der mechanischen Achsen des Femurs und der Tibia. Beim Varusknie verschiebt sich die Mikulicz-Linie weiter nach medial während sie beim Valgusknie lateral des Gelenkes liegt (Abb. 1). Analoge Überlegungen gelten auch für den distalen Unterschenkel und den Rückfuss.

Die in der Literatur festgehaltenen Normwerte zur Beurteilung der Achsen der unteren Extremität sind in der Praxis jedoch mit Vorsicht anzuwenden, da zum Teil grosse Streuungen beschrieben sind. Im letzten Jahr zeigte zudem eine

Studie an einem beschwerdefreien Kollektiv von 250 Probanden, dass bei 32% der untersuchten Männer und bei 17% der Frauen eine varische Kniegelenksachse vorlag [1]. Die gleiche Studie hob hervor, dass sportlich aktive Probanden häufiger varische Achsen hatten als solche, die im Adoleszentenalter wenig Sport betrieben. Ähnliche Abweichungen finden sich am oberen Sprunggelenk (OSG). Der Unterschenkel und der Rückfuss zeigen je nach Herkunft der Probanden grosse geographische Unterschiede: Probanden aus dem asiatischen Raum und dem mittleren Osten zeigen deutlich varischere Achsen als europäische Probanden [2,3]. Aus diesem Grund gilt bei der radiologischen

Beurteilung von Fehlstellungen der Grundsatz, dass nach Möglichkeit zuerst die Fehlstellung an der betroffenen Extremität beurteilt wird, anschliessend mit der Gegenseite verglichen wird und erst an dritter Stelle, die in der Literatur beschriebenen Normwerte als Referenz verwendet werden.

Neben dem Beschwerdebild und der Ausprägung einer Deformität ist die Lokalisation der dritte Faktor, der die klinische Relevanz einer Fehlstellung bestimmt. Deformitäten können an verschiedenen Lokalisationen unterschiedlich gut kompensiert werden. Je näher die Fehlstellung bei einem Gelenk mit vielen Freiheitsgraden liegt desto grösser die Kompensationsmöglichkei-

ten. Die Hüfte bietet als Kugelgelenk die meisten Freiheitsgrade der unteren Extremität, weshalb hüftnahe Fehlstellungen relativ gut kompensiert werden können. Dagegen bietet das Knie, das im Wesentlichen eine Flexion und Extension ausübt, nur geringe Kompensationsmöglichkeiten. Der Rückfuss nimmt eine Zwischenstellung ein. Das obere Sprunggelenk (OSG) übt, vereinfacht ausgedrückt, nur eine Flexion/Extension aus und erlaubt daher nur beschränkte Kompensationsmöglichkeiten. Fehlstellungen können jedoch zusätzlich durch das in unmittelbarer Nähe liegende untere Sprunggelenk ausgeglichen werden.

Mechanischer Einfluss von krummen Beinen

Der statische Effekt von Fehlstellungen lässt sich gut mittels Grafiken von Varus- und Valgus-Achsen am Kniegelenk darstellen (Abb. 1). Beim Varus-Knie kommt es zu einer Überlastung der medialen Gelenksanteile, vor allem am Knie aber auch am OSG. Analog führt die Valgus-Fehlstellung zu einer lateralen Überlastung. Zahlreiche Experimente haben diesen pathologischen Kraftfluss mittels photoelastischer Modelle [4], am Tierversuch [4], aber auch an humanen In-vitro-Versuchen [5] nachgewiesen. Die verschiedenen Modelle haben gezeigt, dass die schädlichen Kräfte im Gelenk mit zunehmender Fehlstellung an Bedeutung gewinnen. Bei zusätzlicher Instabilität der Gelenke verstärken sich diese pathologischen Kräfte [4].

In der Klinik kann der veränderte Kraftfluss indirekt dargestellt werden. Mittels Druckmessanalysen im Ganglabor werden pathologische externe Kräfte abgeleitet, die indirekt auf erhöhte interne Kräfte an den Ligamenten, Sehnen und Gelenksflächen schließen lassen. Als neues und sehr wertvolles Diagnostikum bei der Abklärung von Achsenfehlstellungen an der unteren Extremität hat sich das SPECT-CT erwiesen. Die Szinti-

graphie weist eine sehr hohe Sensibilität für frühe degenerative Gelenkserkrankungen auf. Durch die Kombination von Szintigraphie und Computertomographie erhält man beim SPECT-CT hochauflösende Informationen zu lokal überlasteten Gelenksanteilen und Frühstadien der Arthrose [6]. Dies erlaubt eine frühzeitige Diagnose von potenziell schädlichen Kräften im Gelenk bevor konventionell radiologisch Veränderungen sichtbar werden [7,8].

Gelenkverschleiss bei Fehlstellungen

Die Entzündung ist eine der Hauptmerkmale bei der Entstehung der Arthrose [9]. Diese tritt aufgrund von Überlastung (Achsenfehlstellungen, Trauma, Instabilität), Systemerkrankungen (Kristallarthropathien, chronisch-entzündliche Erkrankungen) oder idiopathisch auf [10]. Insbesondere bei der unteren, belasteten Extremität können Achsenfehlstellungen einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung und das Fortschreiten von degenerativen Gelenkserkrankungen haben.

Einschränkend gilt es zu erwähnen, dass es bisher keine prospektive Studie gibt, die den natürlichen Verlauf von Achsenfehlstellungen untersucht hat. Zahlreiche klinische Arbeiten zeigen jedoch den Zusammenhang zwischen Achsenfehlstellungen und der Entwicklung von degenerativen Gelenkserkrankungen an der unteren Extremität. Am Knie beispielsweise ist der Effekt von Achsenfehlstellungen auf die Entwicklung von Varus- oder Valgusarthrosen gut dokumentiert [11,12]. Auch am oberen Sprunggelenk wurde beobachtet, dass bei über 60% der Patienten mit einer Arthrose eine Fehlstellung der Achsen vorliegt [13]. In der klassischen orthopädischen Literatur geht man davon aus, dass je nach Natur posttraumatische Fehlstellungen von bereits 5° zur Ausbildung einer Arthrose beitragen können [14].

Therapeutische Möglichkeiten

Die therapeutischen Ansätze zielen darauf hin, die Symptome der asymmetrischen Gelenksbelastung zu mindern und das Fortschreiten der Arthrose zu verlangsamen. Dies ist insbesondere bei jüngeren Patienten und bei mässig ausgeprägten Veränderungen erstrebenswert, da die prothetische Versorgung keine Lösung auf Lebenszeit darstellt und Gelenksversteifungen zu erheblichen Einschränkungen im Alltag führen können. Schuheinlagen können für die Patienten mit Beschwerden am Kniegelenk und am OSG eine Linderung der Symptome erbringen. Beim Varus-Knie kann zum Beispiel durch eine laterale Schuhranderhöhung die Bodenreaktionskraft lateralisiert und damit die pathologische Kraftübertragung am Knie vermindert werden [15]. Dieser Effekt kann auch mit einer Knieorthese erreicht werden, die durch eine Aktivierung von stabilisierenden Muskelgruppen zu einer Verminderung der Symptome führt [16]. Als Alternative besteht die Möglichkeit, die Fehlstellung operativ zu korrigieren. Die entsprechenden Korrekturosteomien werden idealerweise auf der Höhe der Deformität durchgeführt. In der Praxis am häufigsten verwendet werden die knienahen Korrekturen (suprakondyläre Femurosteotomie, proximale Osteotomie der Tibia/Fibula) und die Osteotomien am Rückfuss (supramalleoläre und Kalkaneus Osteotomie). Die suprakondyläre Osteotomie wird meist zur Korrektur einer Valgusfehlstellung am Knie verwendet und daher in der Regel medial zuklappend durchgeführt (Entnahme eines Keiles medial am distalen Femur) [17]. Die Osteotomien am proximalen Unterschenkel werden mehrheitlich zur Korrektur von Varusfehlstellungen verwendet (sog. Tibiavalgisations-Osteotomien). Diese zeigen mittelfristig gute Verläufe und verlangsamen das Fortschreiten des degenerativen Prozesses [18,19]. Technisch werden sie mittels Keilentnahme an der lateralen Tibia

Key messages

- Die degenerativen Gelenkerkrankungen sind primär mechanischer und nicht entzündlichen Natur.
- Achsenfehlstellungen führen an der belasteten unteren Extremität zu pathologischen Druckverteilungsmustern in den Gelenken und können damit wesentlich zur Entstehung und zum Fortschreiten von degenerativen Gelenkerkrankungen beitragen.
- Bei symptomatischen Patienten können Achsenkorrekturen das Fortschreiten von arthrotischen Veränderungen verlangsamen und damit die Prognose verbessern.

Lernfragen

1. Die Therapie der frühen Stadien der Arthrose an den Gelenken der unteren Extremität zielt darauf hin, ... (Einfachauswahl, 1 richtige Antwort)
 - a) durch einen prothetischen Gelenkersatz die Mobilität des Patienten so frühzeitig wie möglich wieder herzustellen.
 - b) schädliche Einflussfaktoren zu reduzieren.
 - c) durch regelmässige Viskosupplementation (Hyaluronsäurepräparate) den Reibungskoeffizienten zu vermindern.
 - d) die primär verantwortlichen Entzündungsmediatoren zu vermindern.
2. Was trifft nicht zu? Die klinische Relevanz einer Deviation der Achse der unteren Extremität wird bestimmt durch ... (Einfachauswahl, 1 richtige Antwort)
 - a) das Ansprechen auf analgetische/antiphlogistische Therapie.
 - b) das Beschwerdebild des Patienten.
 - c) die Höhenlokalisierung der Fehlstellung.
 - d) die Ausprägung der Fehlstellung.

(mit Verkürzung der Fibula) oder durch eine medial aufklappende Osteotomie durchgeführt. Die Wahl der Technik beruht auf der Präsentation des Femoropatellargelenkes (Patella baja stellt eine Kontraindikation für die aufklappende Osteotomie dar), der Weichteile (erhöhtes Risiko für Nervenschädigungen bei der lateral zuklappenden Osteotomie) sowie der Präferenz des Chirurgen. Bei einer ausgeprägten Fehlstellung ist zudem die Veränderung der Beinlänge in die Planung miteinzubeziehen (Verlängerung bei aufklappenden und Verkürzung bei zuklappenden Osteotomien). Die supramalleolären Osteotomien werden analog durchgeführt. Valgusfehlstellungen der distalen Tibia werden meist mit einer medial zuklappenden Osteotomie korrigiert (häufig in Kombination mit einer Verlängerung der

Fibula). Varusfehlstellungen können durch medial aufklappende oder lateral zuklappende Osteotomien angegangen werden. Letztere bedingt eine zusätzliche Osteotomie der Fibula. Die Wahl der Technik ist bestimmt durch den Zustand der Haut (vorbestehende Narben/Transplantate), Weichteile (kontrakte Spitzfussstellung: zuklappende Osteotomie) sowie das Ausmass der Korrektur (medial aufklappende Osteotomien nur bei Deformitäten $<10^\circ$) [20]. Deformitäten unterhalb des OSG werden mit Verschiebeosteotomien am Kalkaneus korrigiert. Bei Valgusfehlstellungen wird der *Tuber calcanei* medialisiert [21] und bei Varusfehlstellungen lateralisiert [22]. Als Alternative zur Osteotomie kann die Korrektur auch durch eine Kallusdistraction erfolgen. Hierbei wird nach einer Osteotomie über einen Fixateur ex-

tern die Fehlstellung graduell korrigiert und, falls vorhanden, Beinlängendifferenzen ausgeglichen. Beim erwachsenen Patienten wird dieses Verfahren am häufigsten zur Korrektur von knienahen Fehlstellungen verwendet [23]. Die Korrekturosteotomien führen an den meisten Lokalisationen zu grösseren Einschränkungen in der Rehabilitationsphase als ein Gelenkersatz an entsprechender Stelle. Dennoch weisen die Osteotomien gewisse Vorteile gegenüber dem Gelenkersatz auf: (1) Das native Gelenk kann erhalten werden (wichtig vor allem bei jüngeren Patienten, da der Gelenkersatz keine lebenslange Lösung darstellt) und (2) ein allenfalls später durchzuführender Folgeeingriff bei Arthrose im Endstadium (prothetischer Gelenkersatz oder Arthrodesen) lässt sich bei vorgängig korrigierter Achse besser durchführen. Letzteres ist insbesondere von Bedeutung, da nicht korrigierte Fehlstellungen sowohl für den Gelenkersatz am Knie/OSG als auch für Arthrodesen am Rückfuss eine der Hauptursachen für ein frühes Therapieversagen sind.

Dank

Die Autoren danken Fr. L. Bolliger, MSc, für die graphische Gestaltung der Arbeit.

Abstract

Because the lower extremities are weight bearing, malalignment plays a key role in the development of degenerative disease of the joints. This is particularly true as degenerative arthropathy is of mechanical and not inflammatory cause. Deviation of the axis has been shown to alter the load and force distribution in the joint and thereby causing excessive wear. Whether or not a deformity is clinically relevant or not depends on the symptoms, the amount of the deformity and the location of the deformity. Relevant deformities can be treated with orthotics or corrective osteotomies in early

stages. In late stages fusions or joint replacement is the mainstay of treatment.

Key words: malalignment – arthritis – ankle – knee – osteotomy

Résumé

Parce que les extrémités inférieures portent un poids, un mauvais alignement de ces dernières joue un rôle clé dans le développement des atteintes dégénératives des articulations. Cela est particulièrement vrai puisque l'arthropathie dégénérative est d'origine mécanique et non pas inflammatoire. Une déviation axiale a été montrée modifier la répartition des charges et des forces dans l'articulation et provoquer ainsi un poids excessif. Qu'une déformation soit significative ou non sur le plan clinique dépend des symptômes, de l'importance et de la localisation de la déformation. Les déformations significatives peuvent être traitées dans des stades précoces par des ostéotomies orthotiques ou correctrices. Dans les stades tardifs des fusions ou des remplacements articulaires représentent les options thérapeutiques principales.

Mots-clés: arthrose – malalignement – ostéotomie – genou – cheville

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Markus Knupp
Leitender Arzt
Orthopädie
Kantonsspital Liestal
Rheinstrasse 26
4410 Liestal

markus.knupp@ksli.ch

Interessenskonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenskonflikt besteht.

Manuskript eingereicht: 1.11.2012, revidierte Fassung angenommen: 23.4.2013.

Bibliographie

1. Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J: The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res* 2012; 470: 45–53.
2. Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S: Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 50–54.
3. Knupp M, Ledermann H, Magerkurth O, Hinterman B: The surgical tibiotalar angle: a radiologic study. *Foot Ankle Int* 2005; 26: 713–716.
4. Radin EL, Burr DB, Caterson B, Fyhrie D, Brown TD, Boyd RD: Mechanical determinants of osteoarthritis. *Semin Arthritis Rheum* 1991; 21 (3 Suppl 2): 12–21.
5. Tarr RR, Resnick CT, Wagner KS, Sarmiento A: Changes in tibiotalar joint contact areas following experimentally induced tibial angular deformities. *Clin Orthop Relat Res* 1985; 199: 72–80.
6. Pagenstert GI, Barg A, Leumann AG, et al.: SPECT-CT imaging in degenerative joint disease of the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Br* 2009; 91: 1191–1196.
7. Hirschmann MT, Schön S, Afifi FK, et al.: Assessment of loading history of compartments in the knee using bone SPECT/CT: A study combining alignment and 99mTc-HDP tracer uptake/distribution patterns. *J Orthop Res* 2013; 31: 268–274.
8. Knupp M, Pagenstert GI, Barg A, Bolliger L, Easley ME, Hintermann B: SPECT-CT compared with conventional imaging modalities for the assessment of the varus and valgus malaligned hindfoot. *J Orthop Res* 2009; 27: 1461–1466.
9. Sellam J, Berenbaum F: The role of synovitis in pathophysiology and clinical symptoms of osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol* 2010; 6: 625–635.
10. Egloff C, Hügle T, Valderrabano V: Biomechanics and pathomechanisms of osteoarthritis. *Swiss Med Wkly* 2012; 142: w13583.
11. Tanamas S, Hanna FS, Cicuttini FM, Wluka AE, Berry P, Urquhart DM: Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. *Arthritis Rheum* 2009; 61: 459–467.
12. Sharma L, Chmiel JS, Almagor O, et al.: The role of varus and valgus alignment in the initial development of knee cartilage damage by MRI: the MOST study. *Ann Rheum Dis* 2013; 72: 235–240.
13. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B: Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467: 1800–1806.
14. Mueller ME, Allgöwer M, Schneider, Willenegger H: Manual of internal Fixation. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo; Springer: 1991.
15. Hinman RS, Bowles KA, Metcalf BB, Wrigley TV, Bennell KL: Lateral wedge insoles for medial knee osteoarthritis: effects on lower limb frontal plane biomechanics. *Clin Biomech* 2012; 27: 27–33.
16. Ramsey DK, Briem K, Axe MJ, Snyder-Mackler L: A mechanical theory for the effectiveness of bracing for medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2398–2407.
17. Finkelstein JA, Gross AE, Davis A: Varus osteotomy of the distal part of the femur. A survivorship analysis. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78: 1348–1352.
18. Harris JD, McNeilan R, Siston RA, Flanigan DC: Survival and clinical outcome of isolated high tibial osteotomy and combined biological knee reconstruction. *Knee* 2013; 20: 154–161.
19. Aglietti P, Buzzi R, Vena LM, Baldini A, Mondaini A: High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study. *J Knee Surg* 2003; 16: 21–26.
20. Knupp M, Stufkens SA, Bolliger L, Barg A, Hintermann B: Classification and Treatment of Supramalleolar Deformities. *Foot Ankle Int* 2011; 32: 1023–1031.
21. Stufkens SA, Knupp M, Hintermann B: Medial Displacement Calcaneal Osteotomy. *Techniques in Foot & Ankle Surgery* 2009; 8: 85–90, doi 10.1097/BTF.0b013e3181a76c66.
22. Knupp M, Horisberger M, Hintermann B: A New Z-Shaped Calcaneal Osteotomy for 3-Plane Correction of Severe Varus Deformity of the Hindfoot. *Techniques in Foot & Ankle Surgery* 2008; 7: 90–95, doi 10.1097/BTF.0b013e3181a76c66.
23. Merian M, Schäfer D, Hintermann B: Proximal tibial valgus osteotomy with callus distraction. *Oper Orthop Traumatol* 2005; 17: 313–325.

2. Antwort a) ist richtig.

1. Antwort b) ist richtig.

Antworten zu den Lernfragen