

Redaktion

R. Seil, Homburg/Saar
 S. Rupp, Homburg/Saar
 D. Kohn, Homburg/Saar

D. Pape¹ · R. Seil¹ · F. Adam¹ · S. Rupp¹ · D. Kohn¹ · P. Lobenhoffer²

¹ Orthopädische Universitätsklinik des Saarlandes, Homburg/Saar

² Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Henriettenstift, Hannover

Bildgebung und präoperative Planung der Tibiakopfosteotomie

Etwa 80% der orthopädischen Patienten jenseits des 60. Lebensjahres zeigen im Röntgenbild großer Gelenke deutliche Arthrosezeichen. Der Anteil von Gonarthrosepatienten schwankt hierbei zwischen 30 und 50% [1]. Ab diesem Alter wird bei entsprechender Symptomatik häufig ein endoprothetischer Gelenkersatz empfohlen. Bei körperlich aktiven älteren Patienten oder bei jüngeren Patienten mit symptomatischen unikompartimentellen Arthrosen, wie z. B. nach frühzeitigem Meniskusverlust, wird eine Umstellungsosteotomie (USO) häufig dem endoprothetischen Ersatz vorgezogen [1, 2, 3, 4, 5].

Der ideale Patient weist eine unikompartimentäre Arthrose bei bandstabiler Varusdeformität $<10^\circ$ auf. Ziel einer USO ist die mechanische Entlastung des betroffenen Kniekompartimentes zur Reduktion des belastungsabhängigen Bewegungsschmerzes. Eine USO kann auch den Zeitpunkt einer endoprothetischen Versorgung hinauszuzögern, was insbesondere hinsichtlich potentieller (Früh-)Lockerungen endoprothetischer Komponenten bei jungen und/oder körperlich sehr aktiver Patienten von Bedeutung ist.

Der Erfolg einer USO hängt maßgeblich von der richtigen Einschätzung der Achsabweichung und der exakten Korrektur der Beinachse ab. Voraussetzung hierfür ist die genaue Kenntnis der physiologischen Achsverhältnisse. Die geometrischen Begriffe der Achsverhältnisse werden in der Literatur je nach Quellenangabe unterschiedlich definiert. Zur Ver-

einheitlichung der Begriffe wurden für diesen Artikel Definitionen verwendet, die nur bei normaler Schaftform von Femur und Tibia (keine Osteomalazie, keine Fraktur) gültig sind.

Definitionen

Gelenkzentrum

- Das Hüftkopfbzentrum (HKZ) ist der Punkt, der mithilfe der konzentrischen Kreismesslehre im Mittelpunkt des Hüftkopfes bestimmt werden kann (■ Abb. 1).
- Das Zentrum des Kniegelenks (KGZ) ist unter physiologischen Bedingungen der Mittelpunkt einer Linie, die die beiden Kreuzbandhöcker verbindet (s. ■ Abb. 1), [6]. Beim arthrotischen und ggf. subluziertem Kniegelenk kann die genaue Abgrenzung der Kreuzbandhöcker unmöglich sein, sodass 2 separate Mittelpunkte für die gelenkseitigen Anteile von Femur und Tibia gefunden werden müssen. Dazu wird eine Tangente durch die subchondrale Zone von Tibiakopf und Femurkondylen gezogen, deren Halbierende jeweils dem Mittelpunkt des distalen Femurs und der proximalen Tibia entspricht (s. Abb. 1, gelbe Linien), [7].
- Das Zentrum des oberen Sprunggelenks (OSGZ) projiziert sich auf den Mittelpunkt der größten Ausdehnung des proximalen Talus in der Horizontalebene parallel zur sub-



Abb. 1 ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Definition des Zentrums von Hüft-, Kniegelenk und OSG bei gering (rote Linien) und stark (gelbe Linien) arthrotisch verändertem Kniegelenk [6, 7]

chondralen Grenzlamelle (s. [Abb. 1](#)).

Achse von Tibia und Femur

- Die mechanische Achse des Femurs ist die Verbindungslinie zwischen HKZ und KGZ ([Abb. 2](#)).
- Die anatomische Achse des Femurs ist die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Femurschaftbreite im Übergang vom mittleren zum distalen Schaftdrittel mit dem KGZ (s. [Abb. 2](#)).
- Die mechanische und anatomische Achse der Tibia sind annähernd deckungsgleiche Linien, die vom KGZ zum OSGZ ziehen ([Abb. 3](#)), [8].

Ganzbeinachse

- Die mechanische Beinachse ist der Winkel zwischen der mechanischen Achse von Femur und Tibia (physiologisch: $0-2,3^\circ$ Valgus ([Tabelle 1](#), [Abb. 4](#)).
- Die anatomische Beinachse ist der Winkel zwischen der anatomischen Achse von Femur und Tibia (physiologisch: $5-7^\circ$ Valgus, vgl. [Tabelle 1](#), [Abb. 5](#)).
- Die mechanische und anatomische Achse werden in Grad angegeben, negative Werte kennzeichnen dabei Varus- und positive Werte Valgusfehlstellungen (vgl. [Tabelle 1](#)).

Traglinie (Mikulicz-Linie) des Beins (horizontal)

- Die Traglinie des Beins (Mikulicz-Linie) verbindet das HKZ mit dem OSGZ und läuft unter physiologischen Bedingungen durch das KGZ ([Abb. 6](#)). Traglinie und mechanische Beinachse (Winkel zwischen der mechanischen Achse von Femur und Tibia) sind nur dann deckungsgleich, wenn die Traglinie exakt durch das KGZ verläuft oder die mechanische Achse durchschnittlich 0° bis $-1,2 \pm 2,3^\circ$ beträgt [9].
- Die Abweichung der Traglinie vom KGZ kann in Millimetern oder als Prozentsatz der Tibiaplateaubreite angegeben werden, dabei liegt die

Zusammenfassung · Abstract

Orthopäde 2004 · 33:122–134
DOI 10.1007/s00132-003-0585-0
© Springer-Verlag 2003

D. Pape · R. Seil · F. Adam · S. Rupp · D. Kohn · P. Lobenhoffer

Bildgebung und präoperative Planung der Tibiakopfosteotomie

Zusammenfassung

Tibiale Umstellungsosteotomien sind zur Behandlung einer medialen Gonarthrose weit verbreitet. Der ideale Patient ist aktiv, jünger als 55 Jahre und weist eine unikompartimentäre Arthrose bei bandstabiler Varusdeformität $<10^\circ$ auf. Eine sorgfältige präoperative Planung einer hohen tibialen Osteotomie ist für das Erreichen eines gewünschten Korrekturwinkels notwendig. Fujisawa fand dann gute postoperative Ergebnisse, wenn die postoperativ erreichte Traglinie durch die 2/3-Koordinate des lateralen Tibiaplateaus verlief. Hernigou beschrieb gute Langzeitergebnisse nach aufklappender Osteotomie, wenn die Varusstellung des Beins exakt korrigiert wurde. Coventry beobachtete schlechtere klinische Langzeitergebnisse nach lateral schließender Osteotomie, wenn der postoperative femurotibiale Winkel $<8^\circ$ Valgus betrug.

Die empfohlenen Methoden der präoperativen Planung variieren zwischen simpler Schätzung des notwendigen Korrekturwinkels, Planungszeichnungen auf Röntgenbildern und der Verwendung von digitalen radiologischen Messapparaten. Unabhängig von der Planungsmethode sollte die reproduzierbare und exakte Korrektur der Beinachse Ziel der Umstellungsoperation sein. Dieses Kapitel beschreibt verschiedene Planungsmethoden, die die Zuverlässigkeit einer tibialen Umstellungsosteotomie erhöhen sollen.

Schlüsselwörter

Tibiakopfumstellung · Präoperative Planung · Bildgebung

Imaging and preoperative planning for high tibial osteotomy

Abstract

Valgus-producing osteotomy of the proximal tibia is a well-established treatment for medial femorotibial osteoarthritis in the varus knee. The ideal patient is active, under 55 years of age, has a stable varus deformity of less than 10° , a good bone stock, and an osteoarthritis stage that is restricted to the medial compartment of the knee. Coventry reported a failure rate in proximal tibial osteotomy to be significantly higher when the postoperative alignment was less than 8° of anatomical valgus. Hernigou noted better clinical long-term results in cases with a precise correction of malalignment.

There are different preoperative planning methods varying between simple estimates of correction angles and specific radiographic planning tools. The reproducibility of operative outcome with regard to a predictable anatomic alignment and functional recovery must have high priority. This chapter deals with different preoperative planning methods to improve the reliability of surgical results after tibial osteotomy.

Keywords

Tibial head placement · Preoperative planning · Imaging

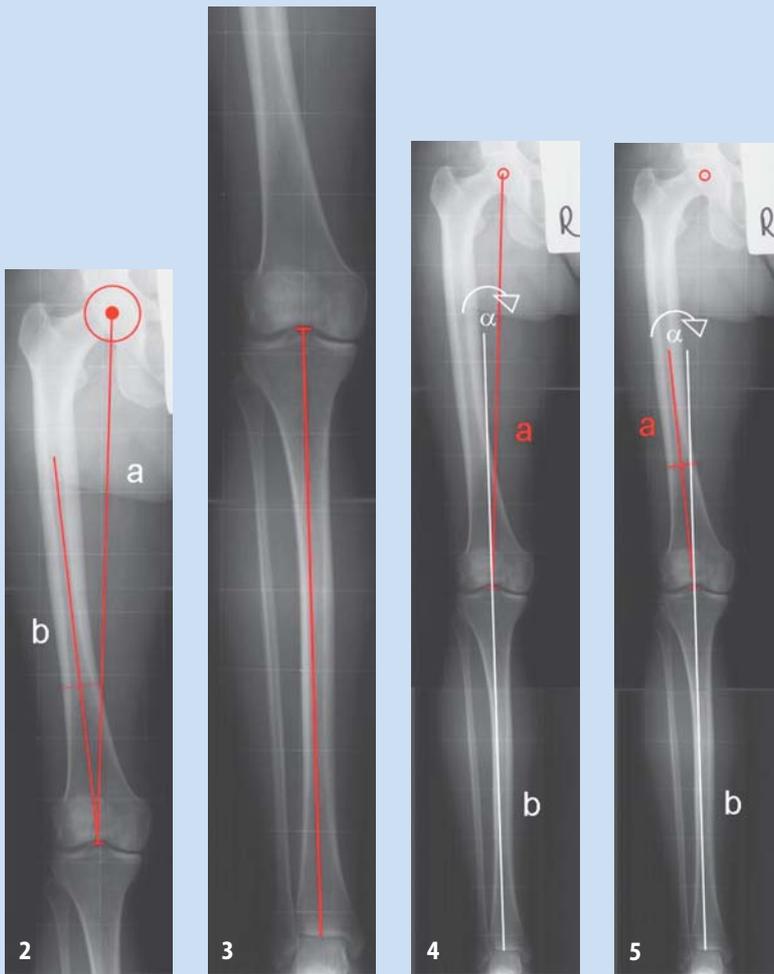


Abb. 2 ▲ Rechtes Femur a.-p.: Definition der mechanischen (a) und anatomischen (b) Achse. Die mechanische Achse des Femurs ist die Verbindungslinie zwischen Hüftkopffzentrum und KGZ. Die anatomische Achse des Femurs ist die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Femurschaftbreite im Übergang vom mittleren zum distalen Schaftdrittel mit dem KGZ

Abb. 3 ▲ Rechte Tibia a.-p.: Definition der mechanischen (a) und anatomischen Achse (b) der Tibia: deckungsgleiche Linien, die vom KGZ zum Zentrum des OSG ziehen

Abb. 4 ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Definition der mechanischen Achse zwischen Tibia (a) und Femur (b), die unter physiologischen Bedingungen einen durchschnittlich Valguswinkel (α) von 0–2,3° bilden (s. ■ Tabelle 1)

Abb. 5 ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Definition der anatomischen Achse zwischen Tibia (a) und Femur (b), die unter physiologischen Bedingungen einen durchschnittlichen Valguswinkel (α) von 5–7° bilden (s. ■ Tabelle 1)

mediale Kortikalis bei 0% und die laterale Kortikalis bei 100%. Läuft die Traglinie außerhalb des Kniegelenks kann sie Werte von <0% sowie >100% erreichen (s. ■ Abb. 6).

Neigung des Tibiaplateaus (sagittal)

Die physiologische Dorsalneigung des Tibiaplateaus beträgt ca. 10° (■ Tabelle 2) und wird bestimmt als der Winkel zwischen der Senkrechten der seitlichen

Längsachse der Tibia und einer Parallelen des medialen konkaven Tibiaplateaus (■ Abb. 7), [10].

Ursachen eines Genu varum

Die varische Stellung der Ganzbeinachse ist eine Summe aus 3 möglichen Faktoren [11]:

1. dem femurotibialen Winkel in der frontalen Ebene, gemessen als anatomische oder mechanische Beinachse;

2. der Verschmälerung des Gelenkspalts durch Verlust oder Aufbrauch des Meniskusgewebes und der medialen osteochondralen Strukturen (Gelenkknorpel und suchondraler Knochen);
3. der Vergrößerung der lateralen Gelenkspaltweite (GSW) durch laxe Band- und Weichteilstrukturen (laterales Kollateralband, Lig. iliotibiale, posterolaterale Kapsel und Popliteusehne).

Der femurotibiale Winkel ist durch die oben beschriebenen Messverfahren der mechanischen oder anatomischen Beinachse quantifizierbar. Die Verschmälerung des arthrotischen medialen Gelenkspalts kann mithilfe zahlreicher Klassifikationen [12, 13] beurteilt werden.

Die Vergrößerung der lateralen GSW durch Weichteil- und Bandlaxität muss bei der präoperativen Planung der Gesamtkorrekturwinkels berücksichtigt werden und kann anhand von a.-p.-Röntgenbildern unter Vollbelastung beider Kniegelenke bestimmt werden. Dazu muss der Abstand zwischen der Tangente beider Femurkondylen und der Tangente des Tibiaplateaus im Seitenvergleich eingezeichnet und die Differenz beider GSW ($\Delta\alpha$) gebildet werden. Mithilfe der Tibiaplateaubreite (TPB), und einer Konstanten K (76,4) lässt sich der von der Gewebelaxität erzeugte Anteil der Varusfehlstellung (Winkel β) an der Gesamtvarusfehlstellung der Beinachse berechnen.

$$\beta = \frac{K(\Delta\alpha)}{TPB} \quad (1)$$

Dieser Winkel β sollte von dem noch auszumessenden präoperativen Korrekturwinkel subtrahiert werden, um eine postoperative Überkorrektur der Beinachse im Valgussinn zu vermeiden.

Fallbeispiel. Das folgende Beispiel soll die Berechnung des β -Winkels illustrieren: Bei einem 40-jährigen Patienten besteht eine rechtsseitige mediale Gonarthrose 10 Jahre nach Knieverdrehttrauma beim Fußballspielen mit nachfolgender offener Menishektomie und konservativer Behandlung einer zweitgradigen Innenbandläsion. In der klinischen Untersuchung zeigt sich eine Varusfehlstellung, ein po-

Hier steht eine Anzeige
This is an advertisement



Springer

(175 x 240 mm)



Abb. 6 ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Definition der Traglinie des Beins (Mikulicz-Linie). Sie läuft unter physiologischen Bedingungen durch das KGZ. Beachte: Traglinie und mechanische Beinachse sind nur dann deckungsgleich, wenn die Traglinie exakt durch das KGZ verläuft oder die mechanische Achse durchschnittlich $0-1,2 \pm 2,3^\circ$ Valgus beträgt [9]. Kleines Bild: Die Abweichung der Traglinie vom KGZ kann in Millimetern oder als Prozentsatz der Tibiaplateaubreite angegeben werden, dabei liegt die mediale Kortikalis bei 0% und die laterale Kortikalis bei 100%



Abb. 8 ◀ Kniegelenk beidseits a.-p. unter Belastung (Rosenberg-View [14]) zur Dokumentation der GSW und zur Berechnung des Anteils der Weichteillausdehnung am Gesamtvaruswinkel des betroffenen rechten Beins

sitiver Lachman-Test, eine zweitgradige laterale Aufklappbarkeit des linken Kniegelenks sowie eine Schmerzzunahme im Bereich des medialen Kniekompartiments beim Duchbewegen unter Varusstress. In der Röntgendiagnostik zeigt sich ein anatomischer femurotibialer Winkel von 7° . Die laterale GSW beträgt rechtsseitig 7 mm, linksseitig 3 mm bei einer TPB von

80 mm im a.-p.-Bild (Abb. 8). Der Anteil der Varusfehlstellung durch die erweiterte laterale GSW an der Gesamtvarusstellung beträgt demnach:

$$\frac{76,4 (3 \text{ mm})}{80 \text{ mm}} = 2,9^\circ \quad (2)$$

Wird der errechnete Winkel von $2,9^\circ$ bei der präoperativen Planung nicht berück-

sichtigt, kann eine Überkorrektur im Valgussinn um diesen Betrag resultieren.

Neben der mathematischen Bestimmung des Korrekturwinkels bei exzentrischem Gelenkspalt gibt es eine zeichnerische Korrekturmethode, die für den Klinikalltag praktikabler erscheint:

Wird auf der belasteten Ganzbeinaufnahme ein Aufklappen des Gelenkspalts festgestellt, wird die Tibia auf Pergamentpapier separat abgezeichnet und unter Ausgleich des Gelenkspalts wieder auf das Röntgenbild aufgeklebt. Der nötige Korrekturbedarf kann dann gemessen werden. Diese Methode ist einfach und hat sich im Alltag als ausreichend präzise erwiesen.

Bildgebung

Die präoperative Bildgebung zur Indikationsstellung und Planung einer USO des Tibiakopfes umfasst beidseitige a.-p.-Ganzbeinstandaufnahmen sowie beidseitige 45° -Belastungsaufnahmen im p.-a.-Strahlengang unter Vollbelastung in Anlehnung an die sog. „Rosenberg-Aufnahme“ [14]. Diese Aufnahmetechniken geben Auskunft über Ausmaß und Lokalisation der Arthrose sowie über die Achsenverhältnisse und den Verlauf der Tragachse des Beins. Darüber hinaus kann durch den Vergleich der GSW zwischen gesundem und erkranktem Kniegelenk das Ausmaß der Weichteillausdehnung an der Gesamtvarusfehlstellung des Beins bestimmt werden (s. oben). Zusätzlich sollte eine Patellatangentialaufnahme zur Einschätzung einer retropatellaren Arthrose sowie eine streng seitliche Kniegelenkaufnahme durchgeführt werden. Dabei sollten sich der mediale und laterale Femurkondylus annähernd deckungsgleich übereinander projizieren, um das Ausmaß der Dorsalneigung des Tibiaplateaus ohne Rotationsfehler bestimmen zu können.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) hat für die Planung der USO keine Bedeutung, da mit ihr keine Bestimmung der Beinachsen erfolgen kann. Die alleinige Indikationsstellung einer USO aufgrund von MRT-Befunden ist umstritten, da das Ausmaß der Knorpelschäden häufig falsch eingeschätzt wird [15]. Dies gilt insbesondere für die Einschätzung von Knorpelschäden geringerer Tiefe und Ausdehnung (Grad I-IIb nach der Klassi-

Tabelle 1

Normalwerte der anatomischen und mechanischen Beinachse

Autor	Mechanische Achse [°]	Anatomische Achse [°]
Kapandji [34]	0	6
Paley u. Tetsworth [35]	0	5–7
Chao et al. [9]	-1,2±2,2	5,4
Hungerford [36]	0	6

Tabelle 2

Normalwerte der Dorsalneigung des Tibiaplateaus in der Sagittalebene

Autor	Dorsalneigung des Tibiaplateaus (tibial slope) [°]
Lecuire et al. [37]	6
Paley et al. [7]	10
Insall et al. [38]	10
Dejour et al. [10]	10±3,1
Matsuda et al. [39]	10,7
Chiu et al. [40]	11,5

fikation von Noyes [16]), die zzt. nur durch direkte arthroskopische Sicht richtig klassifiziert werden können [15, 17, 18]. Trotzdem liegt häufig vor einer geplanten USO eine MRT-Untersuchung vor, mit deren Hilfe zu Beginn der Behandlung des medialen Knieschmerzes ein Meniskusschaden oder eine initiale Osteonekrose ausgeschlossen werden konnte. Die MRT eignet sich jedoch gut zur Verlaufskontrolle hochgradiger umschriebener Knorpelläsionen nach durchgeführter USO [19].

In der Knochenszintigraphie zeigt sich eine mediale Gonarthrose klassischerweise als isolierte Mehranreicherung im medialen Kniekompartiment. Sie hat bei der Planung der USO keinerlei Bedeutung und dient bei der Indikationsstellung lediglich dem Ausschluss von Differentialdiagnosen. Im Unterschied zur MRT bietet die Szintigraphie keine Möglichkeit Meniskus- und Knorpelschaden sowie das Ausmaß höhergradiger Knorpelläsionen simultan zu beurteilen [20, 21].

Ziele der Umstellungsosteotomie

Gute klinische Ergebnisse nach USO werden fast ausschließlich nur bei „exakter“ Korrektur der Beinachse beschrieben. Ab-

hängig von der Autorengruppe werden verschiedene Planungsmethoden zur Bestimmung der Korrekturwinkelgröße empfohlen (■ Tabelle 3). Grundsätzlich kann hierzu sowohl die Traglinie des Beins als auch die anatomische oder mechanische Beinachse (femurotibialer Winkel, s. ■ Abb. 4, 5, 6) genutzt werden. Ein einheitliches standardisiertes Planungsverfahren zur präoperativen Planung einer USO existiert jedoch nicht.

Coventry [22] empfahl die Verwendung der anatomischen Beinachse und schlug einen postoperativen Valguswinkel von wenigstens 8° vor. Hernigou et al. [3] beurteilten den postoperativen Korrekturwinkel mithilfe der mechanischen Achse und beschrieb gute klinische Ergebnisse bei Patienten mit einem Valguswinkel zwischen 3–6°. Bei kleineren Korrekturwinkeln (<3°) beobachteten sie schlechtere klinische Ergebnisse und eine Tendenz zur Revarisierung. Bei größeren Korrekturwinkeln (>6°) beschrieben sie eine Überkorrektur mit der Gefahr einer Aufweitung des medialen Gelenkspalts und zügig fortschreitender Arthrose des lateralen Kompartiments.

In der neueren Literatur wird die Position der Traglinie (Mikulicz-Linie) in Relation zur TPB als genauester Parameter zur Beurteilung der prä- und postoperativen Beinachse angesehen. Grundlage hierfür ist eine Studie von Fujisawa et al. [2], die die Knorpelverhältnisse von 54 Patientenknien vor und nach USO untersuchten. Sie beschrieben nur in den Fällen abheilende Knorpelulzerationen, in denen die Traglinie nach USO das laterale Tibiaplateau im Bereich seiner 30- bis 40%-Weite in Relation zum Kniegelenkzentrum durchzog.

Miniaci et al. [23] empfahlen in enger Anlehnung an die Fujisawa-Kriterien einen Verlauf der Traglinie durch die 60-

bis 70%-Weite der Gesamtbreite des Tibiaplateaus (s. ■ Abb. 6).

Dugdale et al. [11] modifizierten die Kriterien von Fujisawa und definierten ein „Zielgebiet“ der Traglinie, die wenigstens zwischen der 50- bis 75%-Weite und idealerweise zwischen der 62- bis 66%-Weite das Tibiaplateau lateral durchziehen soll, um reproduzierbar gute klinische Ergebnisse erzielen zu können. Dies entspräche einer mechanischen femurotibialen Achse von 3–5°. Noyes et al. [24] legten sich schließlich bei dem Verlauf der Traglinie in Relation zur TPB auf die 62%-Koordinate fest.

Im klinischen Alltag wird die Wahl der Planungsachsen (anatomische Achse vs. mechanische Achse und Traglinie des Beins) häufig auch von der Verfügbarkeit der entsprechenden Röntgenausstattung bestimmt. Dabei wird für die Bestimmung der anatomischen Achse eine „lange“ Aufnahme des Kniegelenks mit Darstellung von kniegelenknahen Anteilen von Femur und Tibia häufig als ausreichend erachtet. Zur korrekten Bestimmung der anatomischen Schaftachsen muss jedoch definitionsgemäß >2/3 des kniegelenknahen Femurs sowie die gesamte Tibia mit OSG in der a.-p.-Ebene abgebildet werden, sodass der Unterschied der langen Kniegelenkaufnahme zur Ganzbeinaufnahme bezüglich der Strahlenexposition nur unwesentlich ist, die lange Aufnahme aber eine ungenauere Planungszeichnung zulässt. Daher empfehlen wir zur Planung einer USO die Anfertigung einer präoperativen Ganzbeinaufnahme, da bei dieser Aufnahmetechnik neben der mechanischen Beinachse auch die Position der Traglinie des Beins bestimmt werden kann.

Werden diese Ganzbeinaufnahmen im Seitenvergleich und unter Vollbelastung angefertigt, kann eine etwaige ligamentäre Instabilität im Seitenvergleich dokumentiert und bei der präoperativen Planung des Korrekturwinkels berücksichtigt werden (s. oben). Mit diesen Aufnahmen wird auch berücksichtigt, dass der Verlauf der Traglinie bei kollateralbandstabilen Patienten von der Länge von Femur und Tibia beeinflusst wird [11].

Bei der Durchführung der Ganzbeinaufnahme sollte darauf geachtet werden,



Abb. 9 ▲ a A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts zur Planung einer lateral schließenden USO des Tibiakopfes nach der Planungsmethode von Miniaci [23]. Linie 1 zieht vom Hüftkopfbereich durch die 60%- bis 70%-Weite der Gesamtbreite des Tibiaplateaus lateral des KGZ bis in Höhe des OSG-Spalts. Diese Linie stellt den Verlauf der gewünschten postoperativen Traglinie dar. Die Linie 2 verbindet das Drehzentrum der Osteotomie, den Punkt D als Endpunkt der geplanten horizontalen Osteotomie mit dem Zentrum des Sprunggelenks. Die Linie 3 verbindet das Drehzentrum der Osteotomie (Punkt D in Höhe der medialen proximalen Tibiametaphyse) mit dem OSG-nahen Ende der Linie 1, wobei die Linie 3 als Radius des Korrekturwinkels die gleiche Länge wie Linie 2 aufweisen muss. Der zu resezierende Korrekturwinkel (x) liegt zwischen Linie 2 und 3. b A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts zur Planung einer medial aufklappenden USO: gleiches Verfahren wie in Abb. 9a. Beachte: Das Drehzentrum der Osteotomie (Punkt D) liegt jetzt in Höhe der lateralen proximalen Tibiametaphyse [30]

Abb. 10 ◀ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Planungsmethode nach Noyes [11]. Der Korrekturwinkel (x) liegt zwischen der Linie 1 [verbindet Hüftkopfbereich mit der 62%-Koordinate des (lateralen) Tibiaplateaus] und der Linie 2 [verbindet das OSG-Zentrum mit der 62%-Koordinate]

dass das Bein korrekt rotiert ist. Hierbei sollte die Kniescheibe auf Höhe des Kniegelenks zentriert erscheinen. Eine Fehlrotation des Femurs ist anhand der Position des Trochanter minor zu erkennen. Ist er frei projiziert, wurde das Femur in zu starker Aussenrotationsstellung geröntgt. Verschwindet er hinter der Femurkortikalis, ist das Bein zu stark innenrotiert. Eine exakte präoperative Planung anhand der Ganzbeinaufnahme ist dann nicht mehr möglich, wenn ein aus-

geprägtes Streckdefizit vorliegt. In diesem Fall sollten Femur und Tibia separat auf einer langen Aufnahme dargestellt werden.

Fasst man die Aussagen der zitierten Studien zusammen, scheint die optimale postoperative Beinstellung in der Frontalebene dann gegeben zu sein, wenn die Traglinie durch die 62- bis 66%-Weite des Tibiaplateaus zieht, eine mechanische Achse von 3–5° Valgus messbar ist oder eine anatomische Valgusstellung von 8–10° er-

zielt wird [2, 3, 11, 22, 23, 25, 26]. Die nachfolgenden Planungsmethoden können sowohl für die lateral schließende als auch für die medial aufklappende USO des Tibiakopfes verwendet werden.

Präoperative Planung (Frontalebene)

Planungsmethode nach Miniaci

Voraussetzung

Vorausgesetzt werden eine a.-p.-Ganzbeinaufnahme und die Planung mithilfe der Traglinie unter Berücksichtigung der Fujisawa-Kriterien.

Hilfslinien

Die Linie 1 zieht vom Hüftkopfbereich durch die 60%- bis 70%-Weite der Gesamtbreite des Tibiaplateaus lateral des Kniegelenkzentrums bis in Höhe des OSG-Gelenkspalts. Diese Linie stellt den Verlauf der gewünschten postoperativen Traglinie dar.

Die Linie 2 verbindet das Drehzentrum der Osteotomie (Punkt D), welches den Endpunkt der geplanten horizontalen Osteotomie darstellt, mit dem Zentrum des Sprunggelenks.

Die Linie 3 verbindet das Drehzentrum der Osteotomie (Punkt D) mit dem OSG-nahen Ende der Linie 1, wobei die Linie 3 als Radius des Korrekturwinkels die gleiche Länge wie Linie 2 aufweisen muss. Der zu resezierende (schließende USO) oder zu öffnende (aufklappende USO) Korrekturwinkel (x) liegt zwischen Linie 2 und 3 [23].

Bemerkungen

Bei der Planung einer lateral schließenden USO des Tibiakopfes liegt das Drehzentrum (Punkt , Abb. 9a) in Höhe der medialen proximalen Tibiametaphyse etwa 2,5 cm unterhalb des Gelenkspalts.

Bei einer medial aufklappenden USO liegt das Drehzentrum im Bereich der lateralen proximalen Tibiametaphyse in Höhe des proximalen Tibiofibulargelenkes (Punkt, Abb. 9).

Planungsmethode nach Noyes

Voraussetzung

Vorausgesetzt werden eine a.-p.-Ganzbeinaufnahme und die Planung mithilfe

der Traglinie unter Modifikation der Fujisawa-Kriterien [11].

Hilfslinien der Methode 1

A.-p.-Ganzbeinaufnahme, Planung auf der Basis der Traglinie (Abb. 10): Der Korrekturwinkel (x) liegt zwischen der Linie 1 [verbindet Hüftkopfbereich mit der 62%-Koordinate des (lateralen) Tibiaplateaus] und der Linie 2 (verbindet das OSG-Zentrum mit der 62%-Koordinate).

Hilfslinien der Methode 2

A.-p.-Ganzbeinaufnahme, Planung auf der Basis der Traglinie (Abb. 11): Einzeichnen der Traglinie, Markierung der 62%-Koordinate in Relation zur gesamten Tibiaplateaubreite, Durchschneiden des Planungsröntgenbildes (gestrichelte weiße Linien) unter Belassen einer intakten Folienbrücke (kontinuierliche weiße Linie) in Höhe der medialen tibialen Kortikalis, Rotieren des distalen Tibiaröntgenbildes bis die Traglinie des Beins die 62%-Koordinate schneidet. Der Korrekturwinkel (x) liegt zwischen der lateralen Folienüberlappung (für lateral schließende USO) oder der medialen Folienlücke (für medial aufklappende Osteotomien).

Bemerkungen

Bei exzentrischer GSW sollte zunächst ein zeichnerischer Ausgleich der GSW erfolgen (abzeichnen der Tibiaumrisse auf Pergamentpapier und Angleichung der Tibiastellung bis zum Erreichen einer symmetrischen GEW), da es sonst zu einer massiven Überkorrektur kommen kann.

Planungsmethode nach Coventry

Voraussetzung

Methode 1. Planung mit der anatomischen Achse: lange Aufnahme des Kniegelenks a.-p., anatomischen Achse von Tibia und Femur mit dem Schnittpunkt im KGZ (Mittelpunkt einer Linie, die die Kreuzbandhöcker verbindet, s. Abb. 1).

Methode 2. Planung mit der mechanischen Achse: a.-p.-Ganzbeinaufnahme [22].

Hilfslinien der Methode 1

Berechnen der Differenz zwischen gemessenem anatomischen Varuswinkel und ge-



Abb. 12 ◀ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Planungsmethode nach Coventry [22] mithilfe der anatomischen Achse. Berechnen der Differenz zwischen gemessenem anatomischen Varuswinkel und gewünschtem anatomischen Valguswinkel von $8-10^\circ$ (μ präoperativer anatomischer Varuswinkel zwischen roter und weißer Linie, x geplanter Korrekturwinkel zwischen roter und gelber Linie)

Abb. 11a, b ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Planungsmethode nach Noyes [11]. Einzeichnen der Traglinie, Markierung der 62%-Koordinate in Relation zur gesamten Tibiaplateaubreite, Durchschneiden des Planungsröntgenbildes (gestrichelte weiße Linien) unter Belassen einer intakten Folienbrücke (kontinuierliche weiße Linie) in Höhe der medialen tibialen Kortikalis, Rotieren des distalen Tibiaröntgenbildes bis die Traglinie des Beins die 62%-Koordinate schneidet. Der Korrekturwinkel (x) liegt zwischen der lateralen Folienüberlappung (für lateral schließende USO) oder der medialen Folienlücke (für medial aufklappende Osteotomien)

wünschtem anatomischen Valguswinkel von $8-10^\circ$ (Abb. 12):

Bei einer präoperativen anatomischen Achse ($AA_{prä OP}$) von 4° Varus und einer geplanten anatomischen Achse ($AA_{post OP}$) von 8° Valgus beträgt der zu resezierende Korrekturwinkel (x) 12° . Er berechnet sich wie folgt:

$$x = (AA_{post OP}) - (AA_{prae OP}) \quad (3)$$

$$x = 8 - (-4) = 12^\circ$$

Hilfslinien der Methode 2

Berechnen der Differenz zwischen gemessenem mechanischen Varuswinkel und gewünschtem mechanischen Valgus-

winkel von $3-7^\circ$ (Abb. 13): Bei einer präoperativen mechanischen Achse ($MA_{prä OP}$) von 3° Varus und einer geplanten mechanischen Achse ($MA_{post OP}$) von 6° Valgus beträgt der zu resezierende Korrekturwinkel (x) 9° . Er berechnet sich wie folgt:

$$x = (MA_{post OP}) - (MA_{prae OP}) \quad (4)$$

$$x = 6 - (-3) = 9^\circ$$

Bemerkungen

Die Verwendung der anatomischen Achse zur Planung einer USO kann auch dann durchgeführt werden, wenn Hüftkopfbereich oder OSG-Zentrum auf den Pla-



Abb. 13 ▲ A.-p.-Ganzbeinaufnahme rechts: Planungsmethode nach Coventry [22] mithilfe der mechanischen Achse (aktuell). Berechnen der Differenz zwischen gemessenem mechanischen Varuswinkel und gewünschtem mechanischen Valguswinkel von 3–7° (μ präoperativer mechanischer Varuswinkel zwischen roter und weißer Linie, x geplanter Korrekturwinkel zwischen roter und gelber Linie)

Abb. 14 ▲ A.-p.-Aufnahme rechte Tibia zur Bestimmung des konstitutionellen tibialen Varuswinkels: Einzeichnen der epiphysären Achse (Linie a), die vom Mittelpunkt der Kreuzbandhöcker zur Mitte einer Linie, die die Endpunkte der ehemaligen proximalen Tibiametaphyse verbindet (rot gestrichelte Linie). Der Winkel (μ) zwischen dieser epiphysären Achse und der mechanischen Tibiaachse (Linie b) entspricht dem konstitutionellen Varuswinkel und lässt eine rein ossäre tibiale Varusstellung vermuten, wenn er wenigstens 3–5° beträgt

nungsröntgenbildern nicht abgebildet sind. Sie ist jedoch nur dann zulässig, wenn das Kniegelenk weitgehend horizontal eingestellt ist und die Deformität in Gelenknähe auftritt.

Die mechanische Achse des Beines erlaubt jedoch eine genauere Planung einer USO als die anatomische, da mit ihr auch gelenkfernere Deformitäten berücksichtigt werden, solange eine weitgehende horizontale Einstellung des Kniegelenks erfolgen kann. Auch Coventry et al. [1] haben mittlerweile die Anfertigung von Ganzbeinaufnahmen zur Verwendung der mechanischen Achse empfohlen.

Ist eine horizontale Einstellung des Kniegelenks aufgrund von knöchernen Deformitäten durch z. B. Osteomalazie oder Fraktur nicht möglich, muss die vom jeweiligen Gelenk ausgehende Teilachse bestimmt werden, um das Zentrum der Deformität zu ermitteln. In diesen Fällen sind die hier vorgeschlagenen Planungsmethoden ungeeignet, da gelenkferne Korrektur Eingriffe in Erwägung gezogen werden müssen [8].

Prognosefaktoren der Umstellungsosteotomie

Übergewicht [1], hohes Lebensalter [27], Unterkorrektur und frühe Revarisierung [5] werden häufig mit einem schlechten klinischen Ergebnis assoziiert. Im französischen Sprachraum gewinnt darüber hinaus der sog. konstitutionelle tibiale Varuswinkel als Prognosefaktor an Bedeutung [28, 29].

Levigne [29] konnte erstmals mithilfe dieses Winkels zwischen einer anlagebedingten knöchernen Varusstellung einerseits und einer verschleißbedingten, varisch erscheinenden Tibia andererseits unterscheiden. Er postulierte, dass bei konstitutioneller Tibia vara eine valgisierende USO physiologische Achsverhältnisse wiederherstellt und daher die Ursache der Fehlstellung beseitigen kann. Im Gegensatz dazu erzielt die USO laut Levigne bei verschleißbedingter und durch Absenkung des medialen tibialen Plateaus varisch erscheinender Tibia eine unphysiologische Valgusstellung der Tibiaachse und hat in diesen Fällen daher nur einen palliativen Charakter. Untersuchungen 6 Jahre nach der USO scheinen diese Hypothese zu bestätigen. Sie zeigten bei Patienten mit anlagebedingter tibialer Varusstellung signifikant bessere klinische Ergebnisse als bei Patienten mit verschleißbedingter Absen-

kung des medialen Plateaus und physiologischen Achsverhältnissen [28].

Zur Unterscheidung dieser beiden Tibiaformen wird auf einem konventionellen Röntgenbild der Tibia in der a.-p.-Ebene die epiphysäre Achse bestimmt (Abb. 14, Linie a). Sie zieht vom Mittelpunkt beider Kreuzbandhöcker zur Mitte einer Linie, die die Endpunkte der ehemaligen proximalen Tibiametaphyse verbindet (rote gestrichelte Linie). Der Winkel (μ) zwischen dieser epiphysären Achse und der mechanischen Tibiaachse (Linie b) entspricht dem konstitutionellen Varuswinkel und lässt eine rein ossäre tibiale Varusstellung vermuten, wenn er wenigstens 3–5° beträgt. Ob dieser Winkel den Status eines sicheren Prognosefaktors für die USO erlangen kann, muss durch weitere klinische Studien belegt werden.

Höhe der Keilbasis

Allen Planungsverfahren gemeinsam ist der Umstand, dass die Höhe der Keilbasis (h) des zu resezierenden Knochenkeiles einen entscheidenden Einfluss auf die Größe des Korrekturwinkels hat. Diese Höhe der Keilbasis ist von der TPB in Höhe der horizontalen Osteotomie abhängig und kann berechnet werden, indem die TPB mit der Tangente (\tan) des Korrekturwinkels (μ) multipliziert wird: $h = TPB \times \tan \mu$. Diese geometrische Formel ist nur bei horizontaler Osteotomieführung gültig.

Die Achsaufnahmen stellen jedoch keine 1:1-Projektion dar, in Abhängigkeit der Film-Fokus-Weite entstehen unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren. Um die zu resezierende Keilbasishöhe verlässlich bestimmen zu können, sollte einmalig der Vergrößerungsfaktor des verwendeten standardisierten Röntgenaufbaus einer Abteilung bestimmt werden.

Eine Faustregel kann bei der Plausibilitätsprüfung einer fertig gestellten Planungszeichnung helfen (pro Zentimeter Keilbasishöhe ändert sich der Korrekturwinkel um 8–10° im Varussinn), ersetzt diese jedoch nicht. Bei dem häufig vorhandenen begleitenden Streckdefizit des Kniegelenks sollte bei der Planung bedacht werden, dass das Ausmaß der Varusstellung überschätzt wird. Aus diesem

Hier steht eine Anzeige
This is an advertisement



Springer

(175 x 240 mm)

Tabelle 3

Überblick über die empfohlenen Korrekturwinkel und -linien

Autor	Präoperative Planung mittels	Idealer postoperativer Korrekturwinkel im Valgussinn [°]	Idealer Verlauf der postoperativen Traglinie in Realation zur Tibiaplateaubreite [%]
Coventry [22]	Anatomische Achse	8–10	–
Engle u. Lippert [41]	Anatomische Achse	5–10	–
Kettlekamp et al. [42]	Anatomische Achse	>5	–
Koshino et al. [43]	Anatomische Achse	6–15	–
Hernigou [3]	Mechanische Achse	3–6	–
Ivarson et al. [4]	Mechanische Achse	3–7	–
Myrnerets et al. [44]	Mechanische Achse	3–7	–
Miniaci et al. [23]	Traglinie		60–70
Noyes et al. [24]	Traglinie		62
Dugdale et al. [11]	Traglinie		50–75

Grund kann bei einem starken Streckdefizit des Kniegelenks keine präzise Planung anhand der Ganzbeinaufnahme erfolgen (s. oben).

Neuere Osteotomiesets ermöglichen die Resektion einer vorbestimmten Knochenkeilgröße mithilfe von sog. kalibrierten Sägelehren, sodass die Basishöhe des Keils nicht mehr bestimmt werden muss.

Vor allem bei öffnenden Osteotomien besteht eine intraoperative Kontrollmöglichkeit der Keilbasishöhe: Wird eine axiale Kompression auf den Fuß des Patienten ausgeübt und das Bein in seiner Rotation korrekt eingestellt, kann mit einem entsprechend langen Metallstab und einem Abstandhalter (nicht mit einem Kabel, da zu ungenau) die mechanische Beinachse intraoperativ gut überprüft werden; hierbei kann auch das wechselseitige Öffnen und Schließen der Gelenkspalte nachvollzogen werden, welches v. a. bei bandinstabilen Patienten zur Erfolgskontrolle der Operation wichtig ist.

Präoperative Planung (Sagittalebene)

Die Dorsalneigung des Tibiaplateaus (tibial slope) wird in der Mehrzahl der Untersuchungen mit ca. 10° angegeben (s. [Tabelle 2](#)). Zur Bestimmung des Normwertes kann auch ein streng seitliches Röntgenbild des kontralateralen gesunden Kniegelenks dienen. Die Dorsal-

neigung des Tibiaplateaus muss bei einer geplanten USO und gleichzeitiger Kreuzbandinsuffizienz berücksichtigt werden. Sie kann sowohl bei lateral zuklappenden, als auch bei medial aufklappenden Osteotomien verändert werden. Tendenziell kommt es bei lateral zuklappenden Osteotomien eher zu einer Verminderung und bei medial aufklappenden Eingriffen am ehesten zu einer Vergrößerung der Dorsalneigung. Die Möglichkeiten, diese Effekte intraoperativ exakt zu kontrollieren und zu quantifizieren sind häufig ungenau und beschränken sich zzt. auf die intraoperative Fluoroskopie. Eine höhere intraoperative Präzision wird möglicherweise in naher Zukunft mithilfe von navigationsgestützten Verfahren erreicht werden können.

Eine Erhöhung des „tibial slope“ entspricht funktionell einer Zunahme der Kniebeugung, d. h. einem Ventralgleiten der Tibia gegenüber dem Femur, welches sich unter axialer Belastung noch verstärken kann. Osteotomien, die mit einer Erhöhung des „tibial slope“ einhergehen, können bei gleichzeitig bestehender Insuffizienz des vorderen Kreuzbands (VKB) die klinischen Beschwerden verschlechtern, während diese bei einer gleichzeitig bestehenden Insuffizienz des hinteren Kreuzbands (HKB) verbessert werden können [6]. Die Erhöhung des „tibial slope“ im Rahmen einer USO ist demnach bei gleichzeitiger VKB-Insuffizienz

kontraindiziert genauso wie seine Verminderung bei gleichzeitig bestehender HKB-Insuffizienz. Bei Patienten mit kombinierter VKB- und HKB-Insuffizienz sowie bei unikompartimentärer Arthrose ohne Bandinstabilität sollte die Dorsalneigung des Tibiaplateaus nicht verändert werden.

Umstellungsosteotomie: Femoral oder tibial?

Klassischer Weise wird bei medialer Gonarthrose eine valgusierende USO der Tibia in aufklappende oder lateral schließender Technik empfohlen, während bei lateraler Gonarthrose häufig eine suprakondyläre varisierende Femurosteotomie durchgeführt wird. Weitere Differentialindikationen zwischen distaler femoraler und proximaler tibialer USO wurden bislang selten gestellt. Biomechanische Überlegungen aus der Endoprothetik zeigen jedoch die Notwendigkeit einer harmonischen Relation von Streck- und Beugespaltweite nach Implantation eines Oberflächenersatzes des Kniegelenks. Diese Sichtweise lässt sich auch auf die Planung kniegelenknaher Osteotomien übertragen: Prinzipiell gilt, dass proximale tibiale Osteotomien die Biomechanik des Kniegelenks sowohl in Beugung als auch in Streckung beeinflussen, während distale femorale Osteotomien ausschließlich die Streckspaltweite betreffen.

Chambat u. Barth [30] empfehlen daher bei medialer Gonarthrose ausschließlich eine valgusierende (aufklappende oder zuklappende) Tibiakopfumstellungsosteotomie. Als Kontraindikation hierfür könnte eine präoperativ stark nach lateral abfallende Gelenklinie gelten, die jedoch bei medialer Gonarthrose nur selten anzutreffen ist. Bei lateraler Gonarthrose kann sowohl eine varisierende tibiale als auch die technisch schwierigere varisierende femorale Osteotomie durchgeführt werden. Die varisierende Tibiakopfosteotomie produziert aufgrund des physiologischen tibialen Varus häufig einen nach medial abfallenden Gelenkspalt von >10°, der zu einem schnell fortschreitenden Verschleiß des medialen Kompartiments prädisponieren kann [30].

Eine distale femorale Osteotomie verändert ausschließlich die Streckspaltwei-

te, sodass ihr varisierender Effekt mit zunehmender Flexion verloren gehen kann. Bei 90° gebeugtem Kniegelenk kann daher ein Varisierungseffekt nur noch über eine vermehrte Außenrotation des distalen Femurs erreicht werden.

Eine Korrelation dieser biomechanischen Erwägungen mit den klinischen Ergebnissen konnte bislang mangels geeigneter Studien noch nicht hergestellt werden. Angesichts ihrer Bedeutung in der Knieendoprothetik sollten diese Überlegungen jedoch auch bei der Planung einer kniegelenknahen Umstellungsosteotomie nicht außer Acht gelassen werden.

Auf wenig Beachtung stieß bislang der mögliche Effekt einer kniegelenknahen Umstellungsosteotomie (tibial oder femoral) auf die knieübergreifende Muskulatur. Es wird vermutet, dass eine aufklappende Tibiakopfoosteotomie die axiale Belastung des Kniegelenks durch einen vermehrten Tonus der ischiokruralen Muskulatur und des medialen Gastrocnemius erhöhen kann [30]. Machner et al. [31] wiesen auf den für das Kniegelenk bedeutenden M. quadriceps femoris hin, dessen Kraftentwicklung Funktion auch 1 Jahr nach USO des Tibiakopfes im Vergleich zum präoperativen Zustand noch erheblich reduziert war.

Tibiakopfoosteotomie: auf- oder zuklappend?

In der Literatur wurde bisher häufig über die lateral schließende USO des Tibiakopfes berichtet. Mit der Entwicklung von neuen Operationstechniken und Knochenersatzmaterialien gewann die aufklappende Tibiakopfoosteotomie in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung [32, 33]. Obwohl dieses Thema an dieser Stelle nicht erschöpfend behandelt werden kann, möchten wir auf einige der Vor- und Nachteile beider Operationsverfahren hinweisen, die bei der Planung einer USO berücksichtigt werden sollten.

Bei der aufklappenden USO des Tibiakopfes bestehen extreme Unterschiede bezüglich der Primärstabilität und der Notwendigkeit einer Knochentransplantation je nach verwendeter Osteotomietechnik und nach verwendetem Implantat.

In der Vergangenheit wurde der Osteotomiespalt nach Entnahme größerer

Knochenkeile häufig mit autologem Knochen, Fremdknochen oder einem Knochenersatzmaterial aufgefüllt. Durch die Verwendung von winkelstabilen Implantaten scheint die Auffüllung des Osteotomiespalts bis zu einer Größe von 12 mm Größe aber nicht systematisch erforderlich zu sein, auch ist kein maßgeblicher klinischer Korrekturverlust mehr zu verzeichnen [33]. Vorteile der aufklappenden USO des Tibiakopfes sind u. a. in der minimalen Invasivität im Vergleich zur zuklappenden USO zu sehen. Auch kann intraoperativ das Ausmaß von Keilgröße und „tibial slope“ leichter korrigiert werden.

Während die Knochenheilung bei der zuklappenden USO des Tibiakopfes in der Regel unproblematisch verläuft, liegen die Komplikationen dieser Technik meistens in iatrogenen Schäden des tibiofibularen Gelenks und seiner benachbarten Strukturen. Eine Lösung des proximalen Tibiofibulargelenks kann zu einer Destabilisierung des lateralen Kompartiments führen. Bei einer Fibulaosteotomie ist das Risiko einer Peronäusläsionen oder schmerzhafter Fibulapseudarthrosen erhöht.

Fazit für die Praxis

Die optimale postoperative Beinstellung in der Frontalebene ist dann gegeben, wenn die Traglinie durch die 62- bis 66%-Weite des Tibiaplateaus zieht, eine mechanische Achse von 3–5° Valgus messbar ist oder eine anatomische Valgusstellung von 8–10° erzielt wird. Bei der Vielzahl der Planungsmethoden sollte wenigstens eine vom Operateur sicher beherrscht werden und regelmäßig zur Anwendung kommen. Der präoperativen Ganzbeinaufnahme zur Bestimmung der mechanischen Beinachse und der Traglinie des Beins sollte gegenüber der „langen“ Aufnahme des Kniegelenks, die nur die Bestimmung der anatomischen Beinachse gestattet, der Vorzug gegeben werden.

Korrespondierender Autor

Dr. D. Pape

Orthopädische Universitätsklinik des Saarlandes, Kirrbergerstraße Gebäude 37, 66421 Homburg/Saar
E-Mail: dietrich.pape@web.de

Literatur

1. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL (1993) Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 75: 196–201
2. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S (1979) The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am* 10: 585–608
3. Hernigou P, Medeville D, Debeyre J (1987) Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity: A ten to thirteen year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 69: 332–354
4. Ivarsson I, Myrnerets R, Gillquist J (1990) High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 72: 238–244
5. Tjornstrand B, Egund N, Hagstedt B, Lindstrand A (1981) Tibial osteotomy in medial gonarthrosis. The importance of over-correction of varus deformity. *Arch Orthop Trauma Surg* 99: 83–89
6. Brown G, Amendola A (2000) Radiographic evaluation and preoperative planning for high tibial osteotomies. *Operat Techn Sports Med* 8: 2–14
7. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhava A (1994) Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 25: 425–465
8. Paley D, Pfeil J (2000) Prinzipien der kniegelenknahen Deformitätenkorrektur. *Orthopäde* 1: 18–38
9. Chao EY, Neluhani EV, Hsu RW, Paley D (1994) Biomechanics of malalignment. *Orthop Clin North Am* 25: 379–386
10. Dejour H, Bonnin M (1994) Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br* 76: 745–749
11. Dugdale TW, Noyes FR, Styer D (1992) Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. *Clin Orthop* 274: 248–264
12. Benedetto KP (1992) Score des IKDC (International Kne Documentatation Committee). *Mitteilungen der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie (AGA)*, Nr. 4
13. Ahlback S (1968) Osteonecrosis of the knee – radiographic observations. *Calcif Tissue Res* 36 (Suppl)
14. Rosenberg T, Paulos L, Parker R, Coward D, Scott S (1988) The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 70: 1479–1483
15. Engebretsen L, Arendt E, Fritts HM (1993) Osteochondral lesions and cruciate ligament injuries. MRI in 18 knees. *Acta Orthop Scand* 64: 434–436
16. Noyes FR, Stabler CL (1989) A system for grading articular cartilage lesions at arthroscopy. *Am J Sports Med* 17: 505–513
17. Vallotton JA, Meuli RA, Leyvraz PF, Landry M (1995) Comparison between magnetic resonance imaging and arthroscopy in the diagnosis of patellar cartilage lesions: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3: 157–162
18. Gelb HJ, Glasgow SG, Sapega AA, Torg JS (1996) Magnetic resonance imaging of knee disorders. Clinical value and cost-effectiveness in a sports medicine practice. *Am J Sports Med* 24: 99–103
19. Mori R, Ochi M, Sakai Y, Adachi N, Uchio Y (1999) Clinical significance of magnetic resonance imaging (MRI) for focal chondral lesions. *Magn Reson Imag* 17: 1135–1140
20. Bjorkengren AG, AlRowaih A, Lindstrand A, Wingstrand H, Thorngren KG, Pettersson H (1990) Spontaneous osteonecrosis of the knee: value of MR imaging in determining prognosis. *AJR Am J Roentgenol* 154: 331–336

21. Healy WL (1991) Osteonecrosis of the knee detected only by magnetic resonance imaging. *Orthopedics* 14: 703–704
22. Coventry MB (1985) Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am* 67: 1136–1140
23. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP (1989) Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop* 246: 250–259
24. Noyes FR, Barber SD, Simon R (1993) High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. A two- to seven-year follow-up study. *Am J Sports Med* 21: 2–12
25. Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A (1983) Tibial osteotomy for the varus osteoarthritic knee. *Clin Orthop* 176: 239–251
26. Insall JN, Shoji H, Mayer V (1974) High tibial osteotomy. A five-year evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 56: 1397–1405
27. Insall JN, Joseph DM, Msika C (1984) High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 66: 1040–1048
28. Bonnin M, Chambat P (2004) Der Stellenwert der valgusierenden Tibiakopfeosteotomie bei der medialen femorotibialen Arthrose des jungen Menschen. *Orthopade* 33
29. Levigne C (1991) Intérêt de l'axe épiphysaire dans l'arthrose. Analyse du groupe témoin. Les gonarthroses. *J Lyon Chir Genou* 7: 127–141
30. Chambat P, Barth J (2002) Osteotomy around the knee. Abstract Publication, ESSKA
31. Machner A, Pap G, Krohn A, Rohkohl K, Awiszus F (2002) Quadriceps muscle function after high tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop* 399: 177–183
32. Koshino T, Murase T, Saito T (2003) Medial opening-wedge high tibial osteotomy with use of porous hydroxyapatite to treat medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 85: 78–85
33. Lobenhoffer P, De Simoni C, Staubli A (2002) Opening-wedge high-tibial osteotomy with rigid plate fixation. *Techn Knee Surg* 1: 93–105
34. Kapandji IA (1970) The physiology of the joints. Churchill Livingstone. Edinburgh, pp 74–75
35. Paley D, Tetsworth K (1992) Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of uniaxial angular deformities of the tibia or femur. *Clin Orthop* 280: 48–64
36. Hungerford D (1995) Alignment in total knee replacement. Instructional course lectures. *Am Acad Orthop Surg* 44: 455–468
37. Lecuire L, Bousquet G (1980) Le genu recurvatum et son traitement par ostéotomie tibiale. *Rev Chir Orthop* 66: 95–103
38. Insall JN (1993) Total knee arthroplasty in rheumatoid arthritis. *Ryumachi* 33: 472
39. Matsuda S, Miura H, Nagamine R, Urabe K, Ikenoue T, Okazaki K, Iwamoto Y (1999) Posterior tibial slope in the normal and varus knee. *Am J Knee Surg* 12: 165–168
40. Chiu KY, Zhang SD, Zhang GH (2000) Posterior slope of tibial plateau in Chinese. *J Arthroplasty* 15: 224–227
41. Engel GM, Lippert FG (1981) Valgus tibial osteotomy: avoiding the pitfalls. *Clin Orthop* 160: 137–143
42. Kettelcamp D, Wenger D, Chao E, Thompson C (1976) Results of proximal tibial osteotomy: The effects of tibiofemoral angle, stance phase flexion-extension and medial plateau force. *J Bone Joint Surg Am* 58: 952
43. Koshino T, Morii T, Wada J, Saito H, Ozawa N, Noyori K (1989) High tibial osteotomy with fixation by a blade plate for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Orthop Clin North Am* 20: 227–243
44. Myrmers R (1980) Failure of the correction of varus deformity obtained by high tibial osteotomy. *Acta Orthop Scand* 51: 569–573

Reisestipendium "Technische Orthopädie 2005"

Die gemeinsam von der DGOOC und dem BVO getragene "Initiative '93 Technische Orthopädie" wurde gegründet, um die Technische Orthopädie in Fort- und Weiterbildung sowie auf dem wissenschaftlichen Sektor nachdrücklich zu fördern.

In diesem Zusammenhang wird von dem Kuratorium der Initiative alle 2 Jahre eine Studienreise von 4 Wochen durch die USA und Kanada im Zeitrahmen Mitte Februar bis Mitte April ausgeschrieben. Die Reisegruppe setzt sich üblicherweise aus zwei deutschen, einem österreichischen und einem schweizer Kollegen zusammen. Ein Platz der deutschen Gruppe wird ggf. durch einen Orthopädietechniker eingenommen. Die orthopädischen Gesellschaften Österreichs und der Schweiz bzw. die Bundesfachschule für Orthopädietechnik tragen die Reisekosten für ihren TO-Fellow.

Als Bewerber kommen in der Regel nur Fachärzte für Orthopädie aus Österreich, der Schweiz und Deutschland in Frage, die sich klinisch und wissenschaftlich mit dem Problemkreis der technischen Orthopädie auseinandersetzen. Sie müssen in der Lage sein, Vorträge über eigene Forschungsergebnisse aus diesem Gebiet anlässlich der Klinikbesuche in englischer Sprache zu halten. Für deutsche Bewerber wird die Mitgliedschaft in BVO und/oder DGOOC vorausgesetzt, die Bewerber sollen in der Regel nicht über 40 Jahre alt sein.

Die etwa einen Monat dauernde Reise wird von der Initiative '93 mit \$ 5000,- unterstützt. Die schriftlichen Bewerbungen für das Fellowship 2005 sind unter Beifügung eines Lebenslaufes mit Foto, einer Publikations- und Vortragsliste, Angaben über Mitgliedschaften in Berufsorganisationen und über Englischkenntnisse sowie 1 oder 2 Empfehlungsschreiben, auch des Klinikdirektors bzw. Chefarztes, bis zum **31.05.2004** an die Sprecherin des Kuratoriums der Initiative "Technische Orthopädie" einzureichen:

Frau PD Dr. Ute Maronna
Schweizerstr. 16, 60594 Frankfurt a. M.

Für Auskünfte stehen Frau PD Dr. Maronna (Tel. 069 629797, Fax 069 60329631) und die ehemaligen Fellows Prof. Dr. Greitemann (Tel. 05424 220-401) und Dr. Koller (Tel. 0251 835-6764) zur Verfügung.

Gründung "Verbund für Angewandte Hygiene"

Am 11. November 2003 wurde in Frankfurt (Main) in einer konstituierenden Sitzung von Mitgliedern der DGKH, GHU, DGHM und BVÄ-ÖGD der Verein "Verbund für Angewandte Hygiene" – VAH – gegründet. Zielsetzung des Verbundes, dem sowohl persönliche Mitglieder als auch wissenschaftliche Gesellschaften angehören werden, ist die Bündelung der Kräfte auf dem Gebiet der angewandten Hygiene, um den neuen Herausforderungen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene gerecht zu werden und die Kompetenz der deutschsprachigen Länder auf diesem Gebiet durch Weiterentwicklung sicherzustellen.

Durch die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen, durch die aktive Mitarbeit in übergreifenden Projekten und durch die verstärkte Öffentlichkeitsarbeit soll unter anderem die medizinische Hygiene in allen Bereichen des Gesundheitswesens gefördert und die Ausbildung von Nachwuchs unterstützt werden.

Als Vorsitzender des "Verbundes für Angewandte Hygiene" wurde von den Gründungsmitgliedern Herr Professor Dr. V. Hingst (Erlangen), als stellvertretender Vorsitzender Herr Dr. J. Steinmann (Bremen) sowie als Schriftführer Herr Professor Dr. H.-P. Werner (Schwerin) gewählt.

Weitere Informationen sind erhältlich bei Professor Dr. H.-P. Werner
Bornhövedstraße 78
19055 Schwerin
Telefon 0385/568265, Fax 0385/568267,
E-Mail: info@vah-online.de.