

Orthopäde 2014 · 43:1008–1015  
 DOI 10.1007/s00132-014-3028-1  
 Online publiziert: 28. Oktober 2014  
 © Die Autor(en) 2014. Dieser Artikel ist auf  
 Springerlink.com mit Open Access verfügbar

T. Gerich<sup>1</sup> · V. Lens<sup>2</sup> · R. Seil<sup>3</sup> · D. Pape<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Traumatologie des Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg

<sup>2</sup> Radiologie des Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg

<sup>3</sup> Orthopädie des Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg

# Aufklappende Osteotomie des Tibiakopfes

## Management von vaskulären Komplikationen

**Betrachtet man die Literatur, so sind Gefäßverletzungen im Rahmen der Osteotomie der proximalen Tibia überaus seltene Komplikationen. Die Untersuchung von Pozowski et al. [20] mit 121 und Huang et al. [13] mit 32 Patienten beschreiben in der Methodik keine auf die Gefäßsituation bezogene Untersuchungen.**

In einer Untersuchung von Chae et al. [4] zur aufklappenden Osteotomie wurde bei einer Gesamtkomplikationsrate von 19% (26/138) lediglich in einem Fall ein Pseudoaneurysma 2 Wochen nach der Indexoperation diagnostiziert. Das Aneurysma wurde mit einem Veneninterponat verschlossen. Georgoulis et al. [9] analysierten 250 Patienten mit konsekutiver lateral schließender Osteotomie über einen anterolateralen Zugang. In dieser Serie wurde eine Verletzung der A. poplitea beschrieben, die mikrochirurgisch versorgt wurde. In dieser und in der Mehrzahl der weiteren Veröffentlichungen handelt es sich um Zusammenstellungen, die anlässlich einer singulären Komplikation durchgeführt worden sind [11, 23, 24, 35] oder um Zufallsbefunde im Rahmen einer biomechanisch-funktionell orientierten Studie.

Serien mit der dezidierten Fragestellung, die Inzidenz vaskulärer Komplikationen zu untersuchen, sind zu unserer Kenntnis nicht publiziert worden. Berücksichtigt man, dass Gefäßverletzungen eher selten unmittelbar klinisch manifest werden und berücksichtigt man das Intervall zwischen Operation und Diagnose, so muss man zu dem Schluss gelangen, dass eine Vielzahl von Gefäßverlet-

zungen nicht erkannt und nicht behandelt wird. Die Diagnosestellung erfolgt häufig als Zufallsbefund [12]. Dabei kann die Gefäßverletzung mit einer Amputationsrate bis 10% unmittelbar dramatische Konsequenzen haben [14, 22].

### Gefäßverletzungen in Abhängigkeit vom Zugang

#### Medial vs. lateral

In der vorherrschenden Literaturmeinung ist die lateral zuklappende Osteotomie mit dem höheren Risiko einer Gefäßverletzung verbunden. Anhand der Literatur kann nicht eindeutig geklärt werden, ob hierfür anatomische Gründe vorliegen oder ob die Häufigkeit der jeweiligen Operationstechnik verantwortlich ist (Tab. 1).

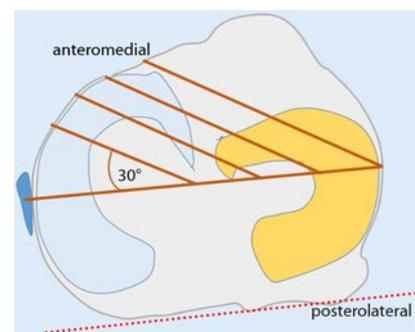
Betrachten wir die Publikationen hierzu, so ist die Diagnose Gefäßverletzung nicht das Ergebnis einer systematischen angiologischen Untersuchung. Dies betrifft auch die Publikationen von Chae et al. ([4], n = 138, aufklappend), Georgoulis et al. ([9], n = 250, zuklappend) Floerkemeier et al. ([7], n = 533, aufklappend) und Birmingham et al. ([3], n = 126, aufklappend). In keiner dieser aktuell größeren Serien war die Erhebung des angiologischen Status Bestandteil der Methodik.

Es muss daher für beide operative Verfahren davon ausgegangen werden, dass die Erfassung angiologischer Komplikationen unvollständig ist und dass sich weder aufgrund der publizierten Kasuistiken noch aufgrund der Serien die Bevor-

zugung einer Operationstechnik formulieren lässt.

Allein anatomische Betrachtungen könnten eine Tendenz aufzeigen. Kim et al. [16] analysieren die mediale Osteotomie und kommen zu dem Schluss, dass bei einem Winkel von  $< 30^\circ$  zur koronaren Ebene ein nur geringes Risiko besteht, eine Gefäßverletzung zu verursachen. Die Distanz bis zum Gefäß kann bis zu 6 cm betragen (Abb. 1). Allerdings ist hierzu eine partielle anteriore Ablösung des medialen Seitenbandes erforderlich. Ungeachtet dieser „safe zone“ verbleibt das Risiko einer Gefäßverletzung bei falsch bestimmter Schraubenslänge (Abb. 2).

Georgoulis et al. [9] beschreiben einen möglichen Präparationsfehler, bei dem la-



**Abb. 1** ▲ Sichere Arbeitsrichtung der osteotomierenden Instrumente: Osteotomie in der „safe zone“ mit idealerweise paralleler Ausrichtung der Instrumente zur Tibiaplateautangente (dorsale, quer verlaufende rote gepunktete Linie mit noch sicherer dorsaler Angulation des Sägeblattes bis  $30^\circ$  zur Tibiatangente. Selbst bei einer knöchernen Einführtiefe des Sägeblattes von 6 cm war es nicht möglich, die poplitealen Gefäße zu verletzen [16]

**Tab. 1** Fallbezogene Publikationen anlässlich einer Gefäßverletzung und Sammelstudien mit mindestens einer entdeckten Gefäßläsion. Verteilung dieser Komplikation entsprechend dem operativen Zugang. Mehrheitlich handelt es sich um laterale Zugänge<sup>a</sup>

Autoren	Kollektiv	Osteotomie	Gefäß und Art der Läsion	Intervall bis Diagnose
Franke u. Gosse [8]	Kasuistik	Lateral schließend	Pseudoaneurysma A. poplitea und AV-Fistel	6 Tage
Goubier et al. [10]	Kasuistik		Pseudoaneurysma A. poplitea	9 Tage
Sawant u. Ireland [24]	Kasuistik		Pseudoaneurysma A. tibialis anterior	8 Wochen
Georgoulis et al. [9]	250		A. poplitea	Unmittelbar
Rubens et al. [23]	Kasuistik		Pseudoaneurysma A. poplitea	16 Tage 11 Monate
Lang et al. [18]	Kasuistik		AV-Fistel	
Chae et al. [4]	138	Medial aufklappend	Pseudoaneurysma A. poplitea	15 Tage
Shenoy et al. [26]	Kasuistik		A. poplitea	16 Tage
Beelmann et al. [2]	Kasuistik		A. poplitea	3 Jahre

AV arteriovenös

<sup>a</sup>Zur Methodenkritik muss angeführt werden, dass diese Befunde nicht das Ergebnis einer systematischen Untersuchung sind

**Tab. 2** Wohin bewegen sich die poplitealen Gefäße bei Beugung des Kniegelenks?

Autor	Distanz zw. Tibia und A. poplitea	Verfahren	Probanden (n)	Position des Probanden/Specimen
Coventry [5]	Zunahme			
Vernon et al. [34]	Zunahme	Anatomische/angiographische Präparation	6	
Kim et al. [16]	Zunahme	Anatomische/angiographische Präparation	7	Rückenlage, hängendes Bein
Smith et al. [28]	Zunahme, partiell Abnahme	MRT	9	Rückenlage, aufgestelltes Knie
Shetty et al. [27]	Zunahme, partiell Abnahme	Duplex	50	Rückenlage, aufgestelltes Knie
Zaidi et al. [35]	Abnahme	Duplex	10	Seitenlage

**Tab. 3** Ursprung und Verlauf der A. tibialis anterior in Bezug zum M. popliteus

Autoren	Präparateprobanden (n)	Hoher Abgang der A. tibialis anterior (%)	Anteriore Lage zum M. popliteus (%)	Dorsale Lage zum M. popliteus (%)
Klecker et al. [17]	1.116		23	–
Adachi [1]	770 Japan	2,8	1,9	1
Trotter [33]	264 Europäer	4,9	3,9	2,4
	368 Afro-Amerikaner	6,2		
Keen [15]	280	5	4	0,4
Somayaji et al. [29]	250	10	6,4	3,6
Reena u. Usha [21]	60	3,3	3,3	–
Lippert u. Pabst [19]	–	–	1	4
Tindall et al. [32]	50	6		

teral die Membrana interossea nicht unmittelbar an der Tibia gelöst wird und der Operateur dann mit dem eigentlich schützenden Hohmann-Haken hinter den

M. popliteus und das Gefäßnervenbündel gelangt und dieses in Richtung der Osteotomie drängt (■ Abb. 3).

## Position der A. poplitea bei Extension und Flexion des Kniegelenks

Coventry [5] hat maßgeblich zu der Theorie beigetragen, dass sich die A. poplitea bei der Beugung von der Osteotomie entfernt – allerdings gibt es ausreichende Hinweise, diese apodiktische Formulierung in Frage zu stellen ([27, 28], ■ Tab. 2).

## Dopplersonographische Untersuchung

Zaidi et al. [35] untersuchten dopplersonographisch 10 gesunde Probanden in Seitenlage. Bei 12/20 Probanden fand sich ein verminderter Abstand bei 90° Flexion. In der Sekundärliteratur zu dieser Untersuchung wird kritisch angemerkt, dass bei dieser Untersuchungstechnik die Schwerkraft ausgeschaltet ist und der Effekt des Druckes auf die Weichteile schwierig zu bewerten ist [27, 28].

Shetty et al. [27] untersuchten den Abstand zur Poplitealarterie in Abhängigkeit vom Abstand zur Gelenkebene. Hierbei zeigte sich im Bereich bis zu 1,5 cm unterhalb der Gelenkebene ein zunehmender Abstand in 76% der 100 Probanden; im Bereich zwischen 1,5 und 2,0 cm in 85 Fällen. Dies bedeutet im Umkehrschluss eine Verminderung des Abstandes zur posterioren Kortikalis in 15–25% bei zunehmender Flexion.

## Magnetresonanztomographie

Smith et al. [28] analysierten 9 Patienten im MRT in Rückenlage. Bei 2 Patienten zeigte sich eine verminderte Distanz.

## Eigene MRT-Untersuchung

An 6 gesunden Probanden wurde der Abstand der A. poplitea von der dorsalen Kortikalis der Tibia bei 70° und 90° bestimmt. Die Untersuchungen wurden in einem 1,5-T-General Electric MRT mit den folgenden technischen Parametern durchgeführt:

- Array: 1,5 T Flex phased array coil,
- T1, TR:500, TE: 12,
- Schichtdicke 3 mm, alle 3,9 mm,

T. Gerich · V. Lens · R. Seil · D. Pape

## Aufklappende Osteotomie des Tibiakopfes. Management von vaskulären Komplikationen

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Verletzungen der poplitealen Gefäße im Rahmen von Osteotomien des Tibiakopfes sind seltene Komplikationen; entsprechend haben Publikationen hierzu einen eher zufallsbefundlichen Charakter. Über Verläufe bis zur Diagnosestellung von bis zu 3 Jahren wird berichtet. Wir müssen daher davon ausgehen, dass die zur Verfügung stehende Literatur nicht die tatsächliche Inzidenz widerspiegelt.

**Ziel der Arbeit.** Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden diese Kasuistiken weiter betrachtet. Im Blickpunkt stehen die normalen anatomischen Gegebenheiten sowie anatomische Abweichungen der A. poplitea und A. tibialis anterior, die aufgrund ihrer Lage für eine iatrogene Läsion prädisponieren. Eigene Untersuchungen veranschaulichen den Ein-

fluss des Beugewinkels auf die Position des Gefäßnervenbündels in Relation zur horizontalen tibialen Osteotomieebene. Weiterhin soll der Versuch unternommen werden, Empfehlungen auszusprechen, wie bei Eintritt einer Komplikation verfahren werden kann bzw. welche diagnostischen und therapeutischen Verfahren bei einer vermuteten Verletzung als Erstmaßnahme indiziert sind.

**Material und Methoden.** Hierzu berücksichtigen wir die zur Verfügung stehende Literatur und eigene magnetresonanztomographische Untersuchungen zur Lage der A. poplitea bei unterschiedlichen Beugewinkeln des Kniegelenks an 6 gesunden Probanden.

**Ergebnisse und Diskussion.** Aberrante Gefäßverläufe mit einer Lage der A. tibialis anterior zwischen Tibia und M. popliteus prä-

disponieren für eine iatrogene Schädigung. Mit einem Vorkommen dieser Variation in bis zu 6 % der Patienten muss gerechnet werden. Die aktuelle Literatur und eigene Untersuchungen im Magnetresonanztomographen (MRT) zeigen, dass die Beugung des Kniegelenks bis 90° die Präparation und Osteotomie durch Entspannung der Weichteile erleichtert und dass diese Position allerdings nicht als ein zuverlässiger Schutz zur Vermeidung einer Gefäßverletzung angesehen werden kann.

### Schlüsselwörter

Popliteale Gefäße · Kniegelenkbeugewinkel · Kniegelenk · Gefäßverletzung · A. poplitea

## Open wedge osteotomy of the tibial head. Management of vascular complications

### Abstract

**Background.** Lesions of the popliteal artery during high tibial osteotomy are rare complications, consequently the majority of publications are case related. The interval between surgery and diagnosis is reported to be as long 3 years; therefore, the current literature probably does not reflect the true incidence of vascular injuries.

**Objective.** The case reports published in the literature were further evaluated. The focus was on the normal vascular anatomy of the popliteal region and anatomical deviations that predispose to vascular injury. As the flex-

ion angle of the knee joint is considered to be decisive for vascular injury, this aspect was also an additional focus. For the unlikely event of a vascular injury, recommendations are presented which indicate diagnostic and therapeutic decisions.

**Methods.** We analyzed the available literature and present own magnetic resonance imaging (MRI) investigations of the popliteal artery with different angles of flexion in six healthy volunteers.

**Results and discussion.** A variation of the origin of the anterior tibial artery with a

course between the posterior tibial cortex and the popliteal muscle was found in 6 % of all patients and predisposes to an accidental injury during osteotomy. The results in the literature and our own MRI findings suggest that a flexion angle of 90° facilitates anatomical dissection and osteotomy but cannot be regarded as a reliable protection against vascular injury.

### Keywords

Popliteal vessels · Knee joint flexion angle · Knee joint · Vascular injury · Popliteal artery

- T2, TR 5224, TE 1508,
- Schichtdicke 5 mm, alle 6 mm.

Die Probanden befanden sich während der Untersuchung in Seitenlage. Hierbei zeigte sich kein messbarer Unterschied in Abhängigkeit vom Beugewinkel des Kniegelenks (■ **Abb. 4**).

### Humanpräparat

Vernon et al. [34] untersuchten das Bewegungsverhalten am Humanpräparat. Sie beobachteten eine Fixierung der Poplitealarterie an 2 anatomischen Strukturen: am Adduktorenkanal und am Durchtritt der A. tibialis anterior durch die Mem-

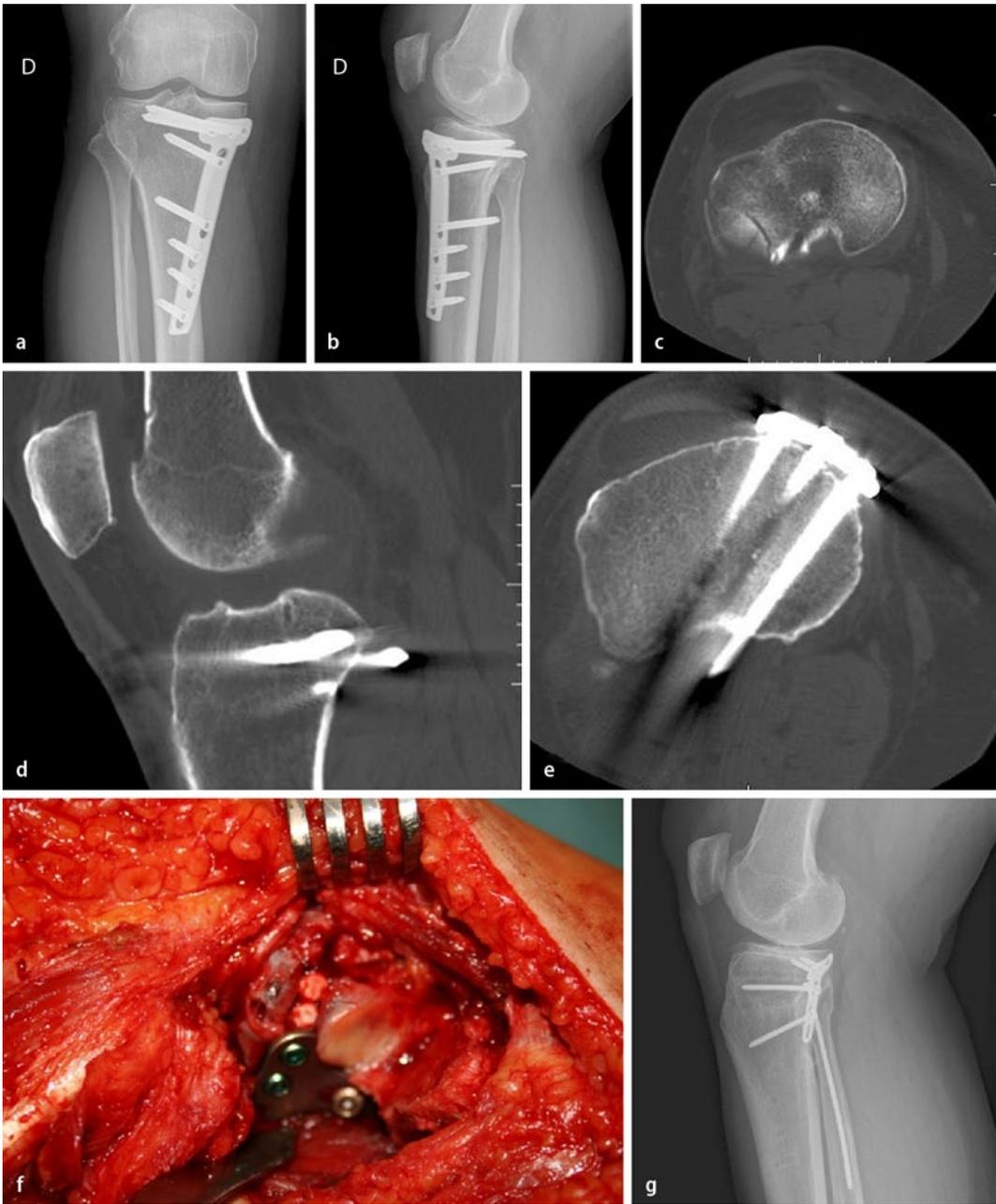
brana interossea unterhalb des Tibiofibulargelenks. Sie beschrieben eine Dorsalbewegung der Arterie während der Flexion und führten dies auf das Verhalten der A. genicularis media zurück, die an ihrem Ursprung in Streckung des Kniegelenks eine spiralförmige Struktur aufweist und sich bei Flexion entfaltet.

Kim et al. [16] führten neben der anatomischen Untersuchung am Humanpräparat zusätzlich angiographische Untersuchungen durch und beobachteten eine Vergrößerung des Abstands mit zunehmendem Beugewinkel.

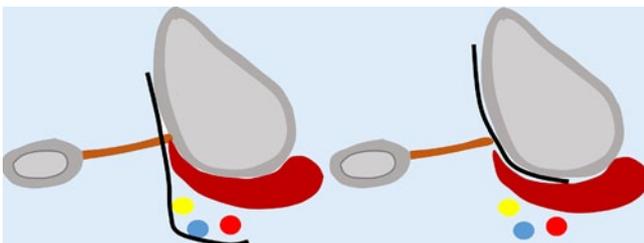
## Verlauf der A. tibialis anterior

### Regulärer Verlauf

Die A. tibialis anterior penetriert die Membrana interossea durch einen 17 mm hohen und 9 mm breiten Kanal, in dem sie durch fibröses Gewebe fixiert ist. Projiziert man diesen Durchtritt auf das native Röntgenbild, so liegt dieser ca. 6 cm unterhalb der Spitze des Fibulaköpfchens und 7 cm unterhalb des lateralen Gelenkspalts [6]. Steel et al. [30] konnten zeigen, dass die A. tibialis anterior selbst bei einem regulären Verlauf einer Kompression bei valgusierender Osteotomie und einer Dehnung bei varisierender Osteotomie unterliegt.



**Abb. 2** ◀ Verheilte medial aufklappende Osteotomie des Tibiakopfes (**a, b**). Erkennbar ist bereits die kritische Überlänge der posterioren winkelstabilen Schraube. Im Rahmen eines erneuten Sturzes ist es zur posterolateralen Impressionsfraktur gekommen; die präoperative Computertomographie verdeutlicht die Lage des Implantates in Bezug zur den Gefäßen (**c–e**). Implantatentfernung und Anlage eines erweiterten posterolateralen Zugangs mit Osteotomie der Fibula. Dargestellt sind das proximale Tibiofibulargelenk, das gehobene und unterfütterte Imprimat und die dorsale Abstützung mit einer winkelstabilen Radius-T-Platte (**f, g**)



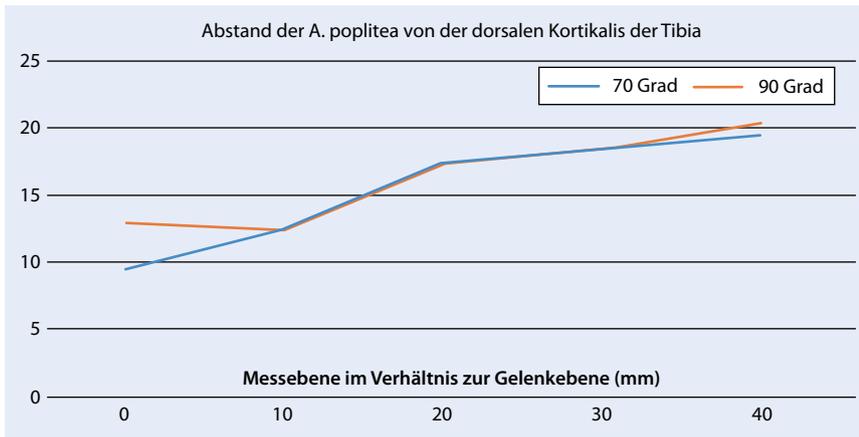
**Abb. 3** ◀ Schematische Darstellung der Platzierungsmöglichkeiten eines schützenden Retraktors beim lateralen Zugang zum Tibiakopf. Der N. tibialis und die poplitealen Gefäße liegen in Höhe der Osteotomie annähernd 0,5–1,0 cm dorsal der tibialen Kortikalis. Eine dünne Gewebeschicht aus M. tibialis posterior und M. popliteus trennen diese Strukturen. Die korrekte Positionierung eines Hohmann-Retraktors erfordert die scharfe Durchtrennung der Membrana interossea und subperiostale Ablösung der Muskulatur [9]

### Aberranter Verlauf

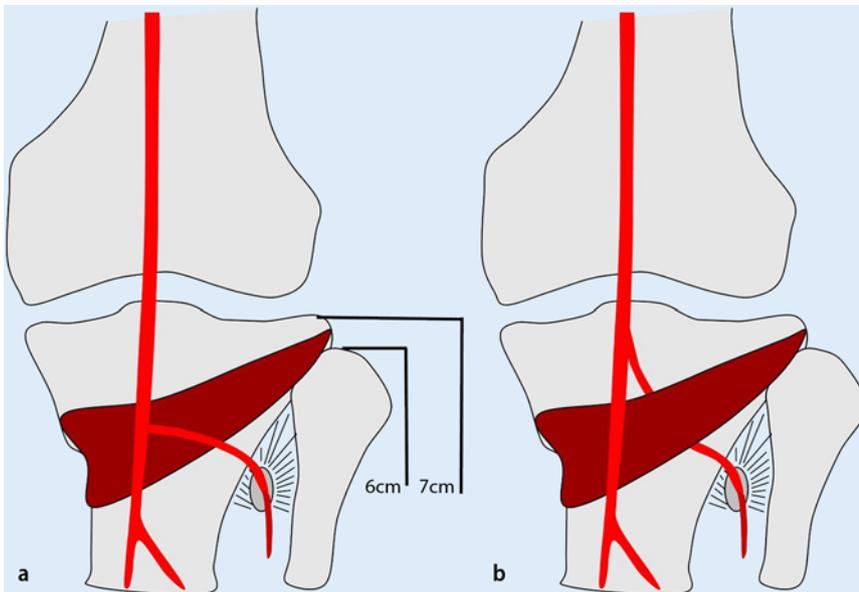
Wenn in der embryonalen Entwicklung der Poplitealgefäße die Ausbildung des Verbindungsastes zwischen der oberflächlichen und tiefen Poplitealarterie

ausbleibt resultiert ein hoher Abgang der A. tibialis anterior [15, 25]. Bei annähernd 50% der Patienten ist der hohe Abgang mit einer ventralen Lage der A. tibialis anterior verbunden, d. h. das Gefäß verläuft zwischen der dorsalen

len Kortikalis der Tibia und dem M. popliteus ([33], **Abb. 5**). Zu diesem aberranten Gefäßverlauf liegt eine Vielzahl an Studien vor, die eine Prävalenz bis zu 6% in einem nicht selektiven Kollektiv beschreiben (**Tab. 3**). Gelegent-



**Abb. 4** ▲ Bei einem Beugewinkel von 70° und 90° wurde in der Gelenkebene und in 10-mm-Schritten nach distal der Abstand des Gefäßes zur Hinterwand der Tibia bestimmt (Median)



**Abb. 5** ▲ Normaler (a) und aberrant hoch angelegter („high-riding“) Abgang (b) der A. tibialis anterior, die zwischen der Tibia und dem M. popliteus verläuft. Größe und Lagebeziehung des Durchtritts der A. tibialis anterior durch die Membrana interossea [6]

lich wird einseitig hoher Abgang beobachtet (■ Abb. 6).

### Intraoperative Diagnostik bei vermuteter Gefäßverletzung

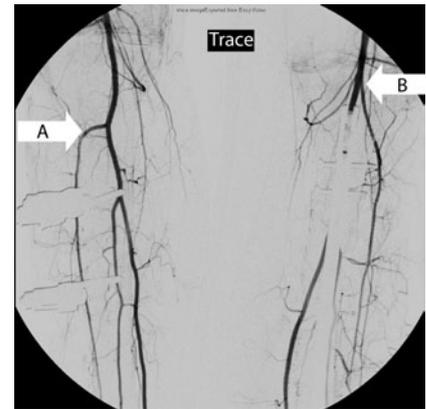
#### Klinische Beurteilung

Die Verletzung des A. poplitea geht nicht notwendigerweise mit einer Ischämie oder einer klinisch manifesten Blutung einher. Häufig ist das klinisch erste Symptom eine zunehmende Schwellung am proximalen Unterschenkel. Selbst das Charakteristikum des unverhältnismä-

ßig hohen Schmerzes wird von einigen Autoren als wenig zuverlässig angesehen [14, 18].

#### Dopplersonographische Untersuchung

Griffith et al. [11] beschreiben in einer Kasuistik initial einen normalen sonographische Befund, einen erhaltenen Puls und nur eine geringe Blutung durch die Operationswunde. Die Untersuchungsbefunde wurden erst zu einem späteren Zeitpunkt pathologisch.



**Abb. 6** ▲ Angiographie in Vorbereitung auf eine plastische Deckung bei einem mehrfachverletzten Patienten. Zufallsbefund einer seitendifferenten arteriellen Anatomie der proximalen Tibia. Rechts regulärer Abgang der A. tibialis anterior (Pfeil A), links findet sich ein hoher Abgang (Pfeil B)

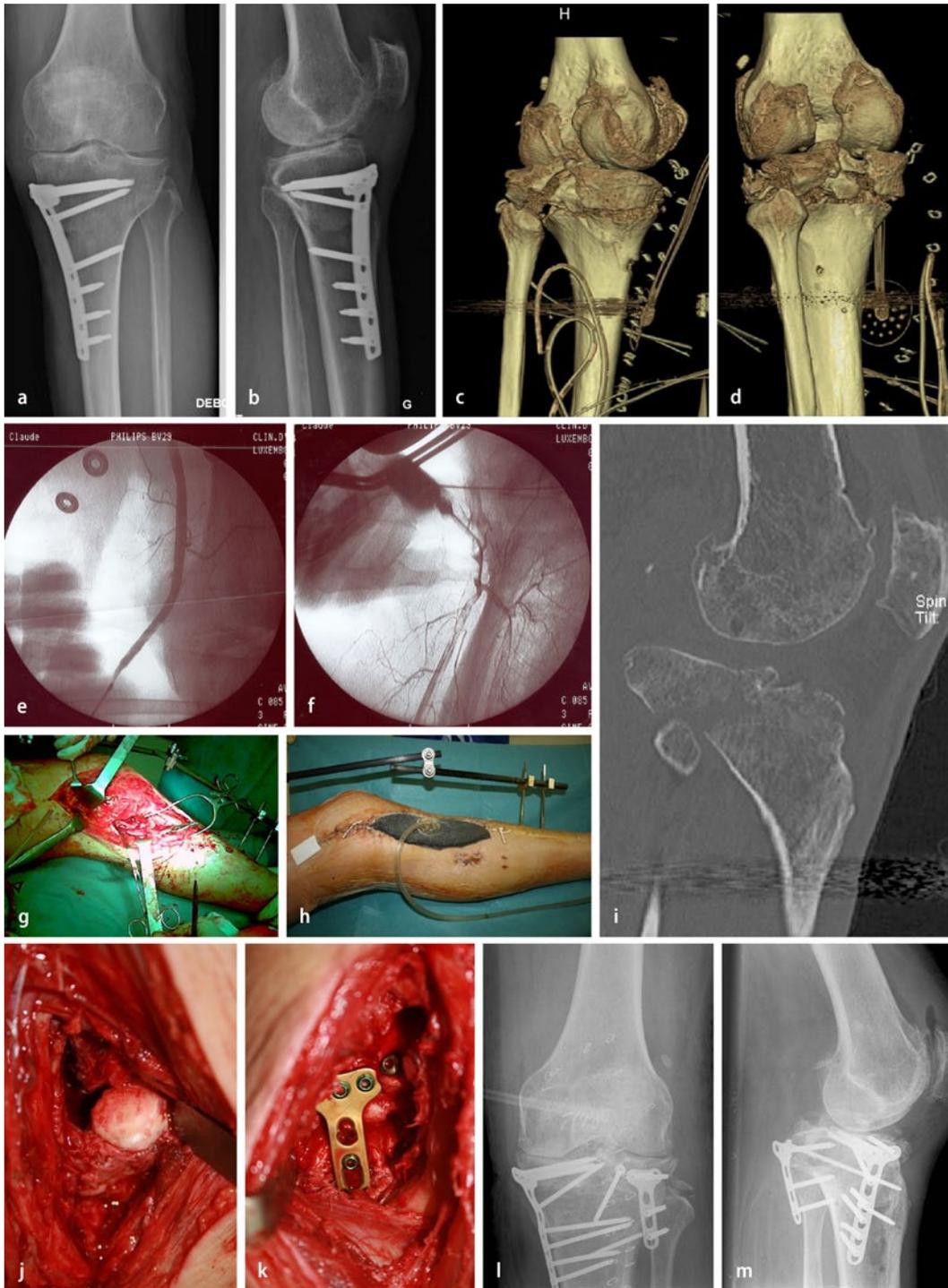
Auch Goubier et al. [10] und Tandon et al. [31] beschreiben einen unauffälligen dopplersonographischen Befund. Man muss daher davon ausgehen, dass es in aller Regel nicht zu einer vollständigen Durchtrennung des Gefäßes, sondern lediglich zur Laceration kommt.

#### Intraoperative Angiographie

Die intraoperative Angiographie ermöglicht die direkte Darstellung der Läsion bei erhaltener Sterilität des Operationsfeldes und erlaubt eine Diagnose, ob eine Verletzung der A. poplitea oder der A. tibialis anterior vorliegt. Über den liegenden Katheter kann zum Ende des Eingriffs die Vaskularität kontrolliert und dokumentiert werden.

#### CT-basierte Angiographie

Die CT-basierte (computertomographische) Angiographie ist rasch verfügbar und in nahezu jeder klinischen Einrichtung verfügbar. Sie erfordert keine Punktion und Sondierung der Femoralgefäße, kann allerdings üblicherweise nicht im Operationssaal selbst durchgeführt werden, sondern erfordert den Transport des Patienten in Narkose mit dem damit verbundenen logistischen Aufwand.



**Abb. 7** ◀ Valgisierende Osteotomie des Tibiakopfes (**a, b**). Aufgrund einer Fehlfunktion des technischen Trainingsgeräts kam es zu einer unkontrollierten Hyperextension mit Zerreißung der Weichteile und Gefäße sowie zur intraartikulären Luxationsfraktur (**c, d**). Darstellung des Situs intraoperativ: Präparation und Darstellung der Gefäßstümpfe mit anschließender intraoperativer Angiographie (**e, f**). Wiederherstellung der Perfusion durch Einsatz eines venösen Interponats (**g**). Temporäre Transfixation und Vakuumversiegelung (**h**). Intraoperative Darstellung des gemeinsam mit dem posterolateralen Plateau luxierten Fibulaköpfchens (**i, j**). Der Situation angepasste atypische posterolaterale Osteosynthese mit einer Radius-T-Platte (**k**). Ausheilungsbild nach medialer und posterolateraler Osteosynthese (**l, m**)

## Digitale Subtraktionsangiographie

Die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) ist zeitlich und technisch aufwendiger und nicht in jeder Institution rasch durchführbar.

Sie erlaubt allerdings eine differenzierte Darstellung auch kleinerer Gefäße. Während die CT lediglich eine Moment-

aufnahme darstellt, kann hier der zeitabhängige Fluss im Gefäß dargestellt werden.

## Sofortmaßnahmen zur Wiederherstellung der Perfusion

Bereits bei der Vorbereitung und Lagerung des Patienten sollte die Möglichkeit

einer intraoperativen Komplikation bedacht werden. So empfiehlt sich aus mehreren Gründen die Verwendung eines vollständig radiotransparenten Tisches. Zum einen kann intraoperativ das Ergebnis der Osteotomie anhand der Gesamteinachse kontrolliert werden, zum anderen wird eine intraoperative Angiographie ermöglicht.

In die Präparation des Operationsgebiets sollte weiterhin die Leiste mit einbezogen werden, da über die A. femoralis die antegrade Angiographie vorgenommen werden kann. Nach distal hin sollte der Unterschenkel bis einschließlich des oberen Sprunggelenks zugänglich sein; dies ermöglicht die Präparation der V. saphena magna als Autograft. Selbst wenn ein Gefäßchirurg nicht unmittelbar zugegen ist, können durch diese Maßnahmen Zeitverlust und Sterilitätsfehler aufgrund erneuter Umlagerung und Abdeckung vermieden werden.

Sollte es intraoperativ zu einer ungewöhnlichen Blutung kommen mit dem Verdacht auf eine iatrogene Gefäßverletzung, so kann als Sofortmaßnahme eine sterile Blutsperrung angelegt werden, mit der zuverlässig jede Blutung zum Stillstand gebracht werden kann.

Allerdings sollte bereits im Vorfeld eine grundlegende Absprache mit einem gefäßchirurgischen Kollegen erfolgen, welche Notfallmaßnahmen durchzuführen sind und welche anschließenden diagnostischen Schritte für die jeweilige Institution geeignet oder erforderlich sind.

## » Es ist entscheidend, rasch eine knöcherne Stabilität herbeizuführen

Es ist weiterhin entscheidend, rasch eine knöcherne Stabilität herbeizuführen, entweder durch formale Vervollständigung der Osteosynthese oder durch temporäre Transfixation; hierbei sollte dem jeweils schnelleren Verfahren der Vorzug gegeben werden.

Unabhängig davon, ob sich der Gefäßschaden bestätigt, sollte eine Überwachung im Hinblick auf die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms erfolgen, sei es als Tourniquet-Syndrom im Sinne eines Reperfusionsschadens oder in Folge der Entwicklung eines Hämatoms durch die Osteotomie. Der Kompartimentdruck sollte hierbei nicht nur bei Beendigung der Intervention, sondern kontinuierlich über ein geeignetes System gemessen werden. Die **Abb. 7** schildert den Sonderfall einer im Verlauf der Rehabilitation aufgetretenen offenen Luxationsfraktur wenige Tage nach der Osteotomie, der jedoch

exemplarisch die gewählte Vorgehensweise illustriert.

## Fazit für die Praxis

- Berücksichtigt man die aktuelle Literatur, so gibt es keinen zwingenden Hinweis, dass das Risiko eines Gefäßschadens bei Verwendung eines lateralen Zugangs höher ist als bei Verwendung des medialen Zugangs. Allerdings gibt es anatomische Überlegungen, die einen medialen Zugang sicherer erscheinen lassen.
- Die Beugung des Kniegelenks ist kein zuverlässiger Schutz der Gefäße, erleichtert jedoch die Präparation. In 6% der Fälle muss mit Varianten der A. tibialis anterior gerechnet werden, die für eine Gefäßverletzung prädisponieren.
- Bereits bei der Lagerung des Patienten und der Abdeckung sollte die Möglichkeit einer intraoperativen Gefäßverletzung bedacht werden. Es empfiehlt sich daher die Etablierung eines Notfallalgorithmus unter Einbeziehung der Gefäßchirurgie.
- Eine prolongierte blutige Sekretion, eine seitendifferente Schwellung oder der chronische Schmerz sollten Anlass sein, eine angiologische Abklärung durchzuführen.

## Korrespondenzadresse

### Prof. Dr. T. Gerich

Traumatologie des Centre Hospitalier de Luxembourg  
4, rue Barblé, 1410 Luxembourg  
Gerich.torsten@chl.lu

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** T. Gerich, V. Lens, R. Seil und D. Pape geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

**Open Access.** Dieser Artikel unterliegt den Bedingungen der Creative Commons Attribution License. Dadurch sind die Nutzung, Verteilung und Reproduktion erlaubt, sofern der/die Originalautor/en und die Quelle angegeben sind.

## Literatur

1. Adachi B (1928) Das Arteriensystem der Japaner. Maruzen, Kyoto
2. Beelmann K, Vogel H, Nahrstedt U (1994) A pseudoaneurysm of the popliteal artery following a valgus osteotomy of the tibial head. *RoFo* 161:468–470
3. Birmingham TB, Giffin JR, Chesworth BM et al (2009) Medial opening wedge high tibial osteotomy: a prospective cohort study of gait, radiographic, and patient-reported outcomes. *Arthritis Rheum* 61:648–657
4. Chae DJ, Shetty GM, Wang KH et al (2011) Early complications of medial opening wedge high tibial osteotomy using autologous tricortical iliac bone graft and T-plate fixation. *Knee* 18:278–284
5. Coventry MB (1973) Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 55:23–48
6. Ebraheim NA, Lu J, Hao Y et al (1998) Anterior tibial artery and its actual projection on the lateral aspect of the tibia: a cadaveric study. *Surg Radiol Anat* 20:259–262
7. Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S et al (2013) Outcome after high tibial open-wedge osteotomy: a retrospective evaluation of 533 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21:170–180
8. Franke L, Gosse F (1997) Angiological complications following high tibial head correcting osteotomy—a case report. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 135:76–78
9. Georgoulis AD, Makris CA, Papageorgiou CD et al (1999) Nerve and vessel injuries during high tibial osteotomy combined with distal fibular osteotomy: a clinically relevant anatomic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7:15–19
10. Goubier JN, Laporte C, Saillant G (2000) False popliteal aneurysm after tibial osteotomy: a case report. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 86:621–624
11. Griffith JF, Cheng JC, Lung TK et al (1998) Pseudoaneurysm after high tibial osteotomy and limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res*:175–179
12. Guermazi A, Zagdanski AM, De Kerviler E et al (1996) Popliteal artery pseudoaneurysm revealed by deep vein thrombosis after arthroscopic meniscectomy. *Eur Radiol* 6:217–219
13. Huang TL, Wu HT, Liu JC et al (2004) Do we get a “real” alignment of knee in the preoperative planning of high tibia osteotomy: a prospective study of reproducibility. *J Chin Med Assoc* 67:185–188
14. Jue-Denis P, Kieffer E, Le-Thoai H et al (1983) [Peroperative vascular accidents during orthopedic surgery. Apropos of 55 cases]. *J Chir(Paris)* 120:437–441
15. Keen JA (1961) A study of the arterial variations in the limbs, with special reference to symmetry of vascular patterns. *Am J Anat* 108:245–261
16. Kim J, Allaire R, Harner CD (2010) Vascular safety during high tibial osteotomy: a cadaveric angiographic study. *Am J Sports Med* 38:810–815
17. Klecker RJ, Winalski CS, Aliabadi P et al (2008) The aberrant anterior tibial artery: magnetic resonance appearance, prevalence, and surgical implications. *Am J Sports Med* 36:720–727
18. Lang W, Ott R, Haas P et al (1993) Popliteal arteriovenous fistula after corrective upper tibial osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg* 112:99–100
19. Lippert H, Pabst R (1985) Arterial variations in man: classification and frequency. Bergmann, Munich

20. Pozwowski A, Bedzinski R, Scigala K (2001) Stress distribution in varus knee after operative correction of its mechanical axis. *Acta Bioeng Biomechanics* 3:31–40
21. Reena S, Usha C (2013) High origin of anterior tibia artery-Prevalence and its surgical relevance. *IJPAES* 3:5
22. Ritt MJ, Te Slaa RL, Koning J et al (1993) Popliteal pseudoaneurysm after arthroscopic meniscectomy. A report of two cases. *Clin Orthop Relat Res* 295:198–200
23. Rubens F, Wellington JL, Bouchard AG (1990) Popliteal artery injury after tibial osteotomy: report of two cases. *Can J Surg* 33:294–297
24. Sawant MR, Ireland J (2001) Pseudo-aneurysm of the anterior tibial artery complicating high tibial osteotomy—a case report. *Knee* 8:247–248
25. Senior HD (1919) An interpretation of the recorded arterial anomalies of the human leg and foot. *J Anat* 53:130–171
26. Shenoy PM, Oh HK, Choi JY et al (2009) Pseudoaneurysm of the popliteal artery complicating medial opening wedge high tibial osteotomy. *Orthopedics* 32:442
27. Shetty AA, Tindall AJ, Qureshi F et al (2003) The effect of knee flexion on the popliteal artery and its surgical significance. *J Bone Joint Surg* 85:218–222
28. Smith PN, Gelinis J, Kennedy K et al (1999) Popliteal vessels in knee surgery. A magnetic resonance imaging study. *Clin Orthop Relat Res* 367:158–164
29. Somayaji SN, Nayak S, Bairy KL (1996 Jun) Variations in the branching pattern of the popliteal artery. *J Anatomical Society India* 45(1):23d26
30. Steel HH, Sandrow RE, Sullivan PD (1971) Complications of tibial osteotomy in children for genu varum or valgum. Evidence that neurological changes are due to ischemia. *J Bone Joint Surg Am* 53:1629–1635
31. Tandon SC, Kharbanda Y, Fraser AM (1996) Aneurysm complicating high tibial osteotomy: a case report. *Acta Orthop Scand* 67:73–74
32. Tindall AJ, Shetty AA, James KD et al (2006) Prevalence and surgical significance of a high-origin anterior tibial artery. *J Orthop Surg* 14:13–16
33. Trotter M (1940) The level of termination of the popliteal artery in the white and the negro. *Am J Anthropol* 27:109–118
34. Vernon P, Delattre JF, Johnson EJ et al (1987) Dynamic modifications of the popliteal arterial axis in the sagittal plane during flexion of the knee. *Surg Radiol Anat* 9:37–41
35. Zaidi SH, Cobb AG, Bentley G (1995) Danger to the popliteal artery in high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br* 77:384–386

## AQUA-Qualitätsreport 2013: Hohe Versorgungsqualität in Orthopädie und Unfallchirurgie

Im AQUA-Qualitätsreport 2013 haben die Leistungsbereiche Hüftgelenknahe Femurfraktur, Hüft- und Knie Endoprothesen-Erstimplantation bzw. –Wechsel gute Ergebnisse erzielt. Insbesondere der Qualitätsindikator zur Indikationsstellung hat sich wiederholt verbessert. Im Vergleich zu 2012 stieg der Wert bei Patienten, die eine primäre endoprothetische Versorgung des Hüftgelenks benötigten von 94,5% auf 95,2%. Bei den Knieendoprothesen verbesserte sich die Indikationsstellung von 96,1% auf 96,6%. Veröffentlicht wird der Report vom Gemeinsamen Bundesausschuss.

Gesundheitspolitiker und Vertreter von Kostenträgern kritisieren anhaltend die hohe Zahl an Hüft- und Kniegelenk-Operationen. Sie begründen die steigende Zahl mit unnötigen Operationen oder Eingriffen aus wirtschaftlichen Gründen. Die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU) fordert auf, die Operationszahlen nicht isoliert zu betrachten, sondern im Zusammenhang mit anderen analytischen Daten zu sehen. So hat die Zahl der Altersbrüche zugenommen, was auch der AQUA-Qualitätsbericht zeigt.

Der AQUA-Qualitätsreport kann online unter [www.sgg.de/themen/qualitaetsreport/index.html](http://www.sgg.de/themen/qualitaetsreport/index.html) abgerufen werden.

In Ergänzung zum AQUA-Qualitätsreport haben Unfallchirurgen und Orthopäden eigene Qualitätssicherungsmaßnahmen entwickelt, wie das Endoprothesenregister Deutschland.

Es ermöglicht, anders als der AQUA-Qualitätsreport, eine Langzeitbeobachtung von Patienten nach endoprothetischem Eingriff.

Quelle: DGOU, [www.dgou.de](http://www.dgou.de)

## Cortisol verringert Knochenstabilität von Kindern

Laut einer Studie der Universität Bonn kann bereits eine geringe Cortisol-Überproduktion die Knochenstabilität von Kindern beeinträchtigen. An der Studie nahmen 175 gesunde, normalgewichtige Kinder und Jugendliche im Alter von 6 bis 18 Jahren teil. Im Abstand eines Jahres gaben sie zwei Urinproben ab. Die Forscher führten zum Zeitpunkt der zweiten Probe zusätzlich bei jedem Teilnehmer eine computertomografische Untersuchung des Unterarms durch. Das Ergebnis: Im Schnitt war der Unterarmknochen umso fragiler, je mehr Cortisol und Cortisol-Umbauprodukte die Forscher im Urin fanden – bei vergleichbarer Zufuhr knochenbauender Nährstoffe. Dabei waren die Cortisolmengen immer im normalen physiologischen Rahmen. Doch bereits diese natürlichen Schwankungen zeigten einen deutlichen Effekt.

In einem Anschlussprojekt untersuchen die Forscher, ob sich der Cortisol-Spiegel durch eine gezielte Ernährung senken lässt. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine ausreichende Versorgung mit Obst und Gemüse helfen könnte.

### Literatur:

Shi L, Sánchez-Guijo A, Hartmann MF et al (2014) Higher glucocorticoid secretion in the physiological range is associated with lower bone strength at the proximal radius in healthy children: importance of protein intake adjustment; *J Bone Miner Res*. doi: 10.1002/jbmr.2347

Quelle: Universität Bonn, [www3.uni-bonn.de](http://www3.uni-bonn.de)