

**Redaktion**  
 P. Biberthaler, München

## Minimal-invasive, ballonassistierte Aufrichtung und innere Fixation von Tibiaplateaufrakturen

### Hintergrund

Die Fraktur der Tibia und insbesondere die des Plateaus ist eine der häufigsten Frakturen der langen Röhrenknochen [6, 16]. Die klassische offene Reposition und Plattenosteosynthese beinhaltet eine ausgiebige Weichteilpräparation und partielle Periostablösung. Dadurch bedingt ist die bekannt hohe Rate an Wund- und Frakturheilungsstörungen, welche durch die nicht selten vorliegenden Komorbiditäten erschwert werden [2, 26].

Um die Rate an postoperativen Komplikationen zu minimieren, bedarf es alternativer, minimal-invasiver Techniken, um das eingesunkene Tibiaplateau anzuheben und zu stabilisieren. Diesbezüglich neuartig ist die Verwendung der Technik der ballonassistierten Aufrichtung, welche ursprünglich für die Behandlung von Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule konzipiert wurde (Kyphoplastie [3, 12, 19, 23, 29]).

### Technik

Im ursprünglichem Sinne wird bei dem Verfahren der Kyphoplastie über einen Stichinzision mit einer Hohlnadel der Pedikel des Wirbelkörpers eröffnet und anschließend extra- oder transpedikulär unter radiologischer Durchleuchtung in die Mitte des selbigen eingegangen. Der weitere Ablauf lässt sich grob in die Phasen der Dilatation und die der Augmentierung aufteilen. Dabei werden über die pedikulär eingebrachten Arbeitskanülen in vorgefertigten Kanälen Ballone in die Mitte des Wirbelkörpers platziert. Unter regelmäßiger Durchleuchtung und Kontrolle von Druck und Volumen werden

die Ballone dann stufenweise aufgedehnt. Neben dem Effekt des Aufrichtens der Kortikales wird die Spongiosa komprimiert und ein knöcherner Hohlraum geschaffen, in den anschließend unter röntgenologischer Kontrolle Zement über die Arbeitskanülen appliziert wird.

In Kadaverstudien an proximalen Tibia- sowie Wirbelkörperknochen konnte gezeigt werden, dass unter Verwendung des Ballons eine gleichwertige Kompression der Spongiosa und Aufrichtung der Kortikales, wie unter der Anwendung eines herkömmlichen Knochenstößels, erreicht werden kann [19]. Somit stellt das Verfahren nicht nur in der Behandlung von Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule, sondern auch in der Wiederherstellung anderweitiger Frakturen ein neuartiges Konzept dar.

Zur orientierenden Erstbeurteilung der Fraktur der proximalen Tibia ist die konventionell-radiologische Röntgenaufnahme erforderlich, zur weiteren operativen Planung die computertomographische (CT-)Untersuchung allerdings unerlässlich. Von Interesse dabei ist der Grad der Dislokation, die Anzahl, die Größe und die Lokalisation der ossären Fragmente sowie das Ausmaß der artikulären Impression. Auch die Beurteilung der metaphysären Struktur der Spongiosa ist hilfreich für die Auswahl der Größe und Anzahl entsprechender Ballone. Etwaige Spaltbrüche, wie AO-Typ B3 oder Schatzker II, benötigen zur Stabilisierung zusätzlich eine laterale Abstützplatte, deren Länge durch die erfolgte Bildgebung bereits vordefiniert werden kann.

Die Operation erfolgt am leicht flektierten Knie, so dass der Einsatz eines mechanischen Beinhaltes vorteilhaft ist.

Auf die Verwendung einer Blutsperrung kann bei diesem Verfahren verzichtet werden. Als weitere technische Anforderung bedarf es einer intraoperativen Bildgebung, welche die Echtzeitdarstellung der ossären Strukturen in mindestens 2 Ebenen ermöglicht. Hier zu nennen sind der klassische planare Bildverstärker, der dreidimensionale (3D-)Bildverstärker oder wie der in einigen der präsentierten Fälle verwendete O-Arm™.

In einem ersten Schritt erfolgt die Reposition und provisorische Fixation der beteiligten Fragmente. Optional kann über eine kleine seitliche Inzision eine proximale, winkelstabile Tibiaplate lateral- oder mediallyseitig eingeschoben werden, um die Fragmente durch diese und zusätzlich eingebrachte Spickdrähte bzw. Kompressionszangen in ihre anatomische Position zu bringen. Dabei ist auf die V. saphena magna und den N. saphenus zu achten. Ferner sollte durch die provisorische Fixation im Bereich der künftigen Lokalisation des Ballons stabile Verhältnisse geschaffen werden, damit es nicht während der Füllung des selbigen zu einer Dislokation kommt. Anschließend kann der Trokar über eine Stichinzision durch die Kortikales in die Spongiosa eingebracht werden.

Der Ballon wird nun über die Hohlnadel unter radiologischer Kontrolle unter die präoperativ geplante Stelle im Bereich der artikulären Impression positioniert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Achse des Ballons parallel zur Gelenklinie unterhalb des imprimierten Knochenfragments ausgerichtet und die Umgebung frei von

C.M.L. Werner und M.J. Scheyerer haben zu gleichen Teilen zu dieser Arbeit beigetragen.

etwaigen spitzen Gegenständen, wie Knochenfragmenten oder Kirschner-Drähten ist.

Der Abstand zur Gelenkfläche sollte <1 cm betragen, um eine ausreichende Hubkraft gewährleisten zu können. Nach Bestätigung der korrekten Lage kann der Ballon langsam mit Kontrastmittel gefüllt werden. Unter radiologischer Durchleuchtung muss dabei die unveränderte Lage des Ballons, die Reposition der imprimierten Fragmente ebenso wie die Ausbildung des metaphysären Hohlraums kontrolliert werden. Es hat sich als günstig erwiesen zwischen den Phasen der Inflation Pausen einzulegen, um dem Ballon Zeit zu geben sich adäquat auszubreiten und so Spitzendrücke zu vermeiden. Die korrekte Position des Ballons kann während des Vorgangs der Inflation neben der radiologischen Durchleuchtung auch anhand der sich ergebenden Druckwerte kontrolliert werden. So hat sich gezeigt, dass in nicht-frakturierten Arealen die Druckwerte sehr rasch steigen und konstant hoch bleiben. Bei korrekter Position im fakturierten Gebieten ist derartige nicht zu beobachten und die Werte bleiben relativ niedrig.

Im osteoporotischen Knochen oder bei großen Knochendefekten kommt es während der Inflation des Ballons nicht selten zu deren Absinken. Dies zeigt sich durch nicht steigende Druckwerte oder durch ein plötzliches Abfallen derselben. In diesen Fällen wird der Einsatz eines weiteren Ballons nötig. Dieser wird über den ersten Ballon platziert, ohne ihn zu beschädigen und bei korrekter Position parallel zur Gelenklinie ebenfalls mit Kontrastmittel gefüllt. Das am Ende der Phase der Inflation erreichte Volumen der Ballone entspricht der benötigten Menge an Knochenzement. Alternativ kann das Absinken des ersten Ballons durch knapp distal eingebrachte Spickdrähte vermieden werden, die ihm als Abstützung dienen.

Sobald die gewünschte Reposition des imprimierten Fragments erreicht ist, kann das Kontrastmittel wieder aus dem Ballon abgezogen werden. Zeigt sich in der radiologischen Kontrolle ein noch nicht optimal reponiertes Gesamtbild, kann der Vorgang an entsprechender Stelle wiederholt werden. Am Ende des Vorganges ist die Gelenkfläche idea-

ler Weise wieder kongruent, der spongiöse Knochen komprimiert und ein metaphysärer Hohlraum unter der Impression entstanden.

Anschließend kann mit der Zubereitung des Knochenzements begonnen werden. Als der Heilung förderlich erwiesen hat sich die Verwendung von Calciumphosphat zum Befüllen des entstandenen Hohlraums, insbesondere bei frischen Frakturen [11, 20, 21, 27]. Vorteil dieses Zements ist aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit mit dem natürlichen Knochenmineral die gute Gewebeträgbarkeit [5, 22]. Andererseits gelten calciumphosphathaltige Zemente als osteokonduktiv, in dem sie dem wachsenden Knochen als Leitschiene dienen. Sie sind bioaktiv und gehen mit dem umliegenden Knochen, ohne bindegewebige Zwischenschicht, eine feste Verbindung ein [7]. Als ungünstig muss dagegen die initiale reduzierte mechanische Belastbarkeit angesehen werden. Hier haben sich Zementmischungen, wie die aus Polymethylmethacrylat (PMMA) und Hydroxylapatit (HA), bewährt. Auch sie verfügen im Gegensatz zu reinem PMMA, wie in tierexperimentellen Studien nachgewiesen werden konnte, über eine gute Bioverträglichkeit.

Die Aushärtung des Zements dauert für gewöhnlich etwa 20 min und bedarf einer Phasenumwandlung der Komponenten. Bei der Applikation ist es wichtig zügig zu arbeiten, damit der Zement nicht fest wird, bevor er in den Hohlraum eingebracht wurde. Dabei werden die mit Zement geladenen Instrumente über die Hohlnadel in den metaphysären Hohlraum eingeführt und deren Position radiologisch kontrolliert. Insbesondere bei der Anwendung von Calciumphosphat ist es wichtig darauf zu achten an der Hinterwand des Hohlraums zu beginnen und während der Applikation das Füllinstrumentarium unter stetigem Druck zurückzuziehen. Mit Auffüllung der Höhle mit Zement können die Instrumente mit samt Hohlnadel entfernt werden. Als abschließender Schritt wird bei Bedarf die interne Osteosynthese abgeschlossen, wobei die proximale Tibiaplate endgültig fixiert wird und bei Bedarf weitere Schrauben zur Stabilisierung eingebracht werden.

Unfallchirurg 2012 · 115:1126–1132  
DOI 10.1007/s00113-012-2245-5  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

C.M.L. Werner · M.J. Scheyerer · J. Schmitt · G.A. Wanner · H.-P. Simmen

## Minimal-invasive, ballonassistierte Aufrichtung und innere Fixation von Tibiaplateaufrakturen

### Zusammenfassung

Aufgrund der häufig insuffizienten Weichteilsituation im Rahmen von Tibiaplateaufrakturen und der damit assoziierten höheren Rate an postoperativen Wundheilungsstörungen und Weichteilinfektionen ist ihre operative Behandlung nicht selten eine herausfordernde Aufgabe. Die klassische offene Reposition und Plattenosteosynthese beinhaltet eine ausgiebige Weichteilpräparation und partielle Periostablösung, um so die abgesunkenen Fragmente zu bergen und aufzurichten. Die Wiederherstellung der Gelenkfläche gestaltet sich dabei häufig als schwierig. In der vorliegenden Arbeit beschreiben wir eine neuartige operative Technik, in der das eingesunkene Tibiaplateau durch einen perkutan eingebrachten Ballon in Kombination mit einer minimal-invasiven Plattenosteosynthese versorgt wird. Darüber hinaus berichten wir über 5 Fälle, welche mit diesem Verfahren bislang behandelt wurden.

### Schlüsselwörter

Tibiaplateau · Tibiaplateaufrakturen · Kyphoplastie · Reposition, ballonassistierte

## Minimally invasive balloon-assisted reduction and internal fixation of tibial plateau fractures

### Abstract

The management of tibial plateau fractures can be challenging because of the scarcity of soft tissue associated with a high rate of wound healing disorders. Classic open reduction and internal plate fixation require extensive soft tissue dissection and periosteal stripping, and elevation of depressed fragments and maintenance of the reduction is difficult. In the current report the authors describe a novel operative approach to percutaneously reduce depressed tibial plateau fractures using an inflatable balloon in combination with minimally invasive plate fixation. The results of the first 5 cases treated with this technique are reported.

### Keywords

Tibial plateau · Tibial plateau fractures · Kyphoplasty · Reduction, balloon-assisted

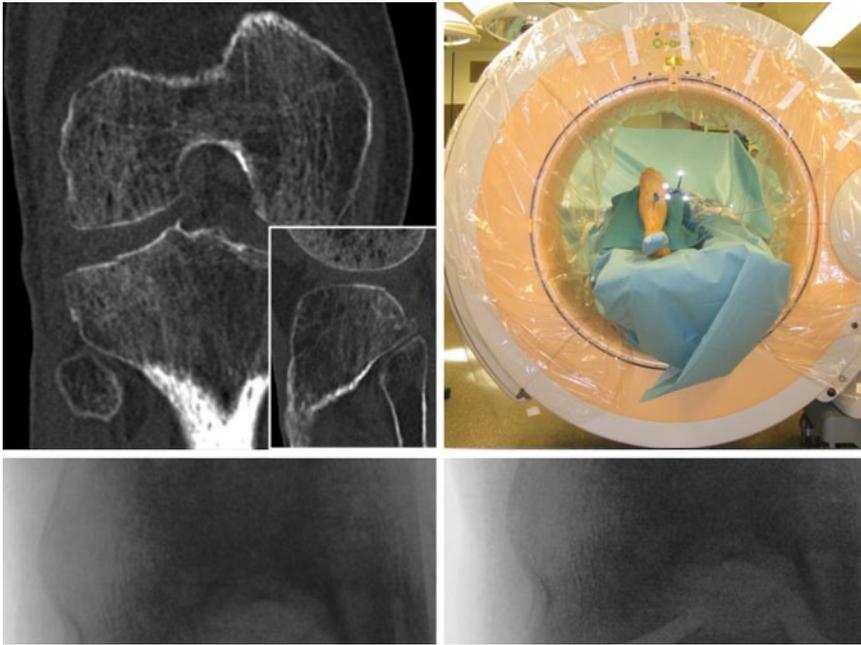


Abb. 1 ▲ Navigationsgestützte Aufrichtung einer posterolaterale Impressionsfrakturen



Abb. 2 ▲ Radiologischer Befund einer 54-jährigen Patientin nach Sturz in der häuslichen Umgebung

## Indikation

Das Verfahren eignet sich unserer Ansicht v. a. im Kollektiv von betagten, multimorbiden Patienten und Tumorpatienten, bei denen eine zeitnahe Vollmobilisation gewünscht wird. Neben der atraumatischen Operationstechnik reduziert insbesondere in diesem Kollektiv

die rasch mögliche Vollbelastung die perioperative Morbidität. Weiter Einsatzmöglichkeiten sind posterolaterale Impressionsfrakturen, welche durch die herkömmlichen Verfahren nur schwer behoben werden können. Zur exakten Positionierung eignet sich dabei ein navigationsgestütztes Vorgehen (■ Abb. 1). Auch Patienten mit kritischer Weichteil-

situation können von diesem Verfahren profitieren.

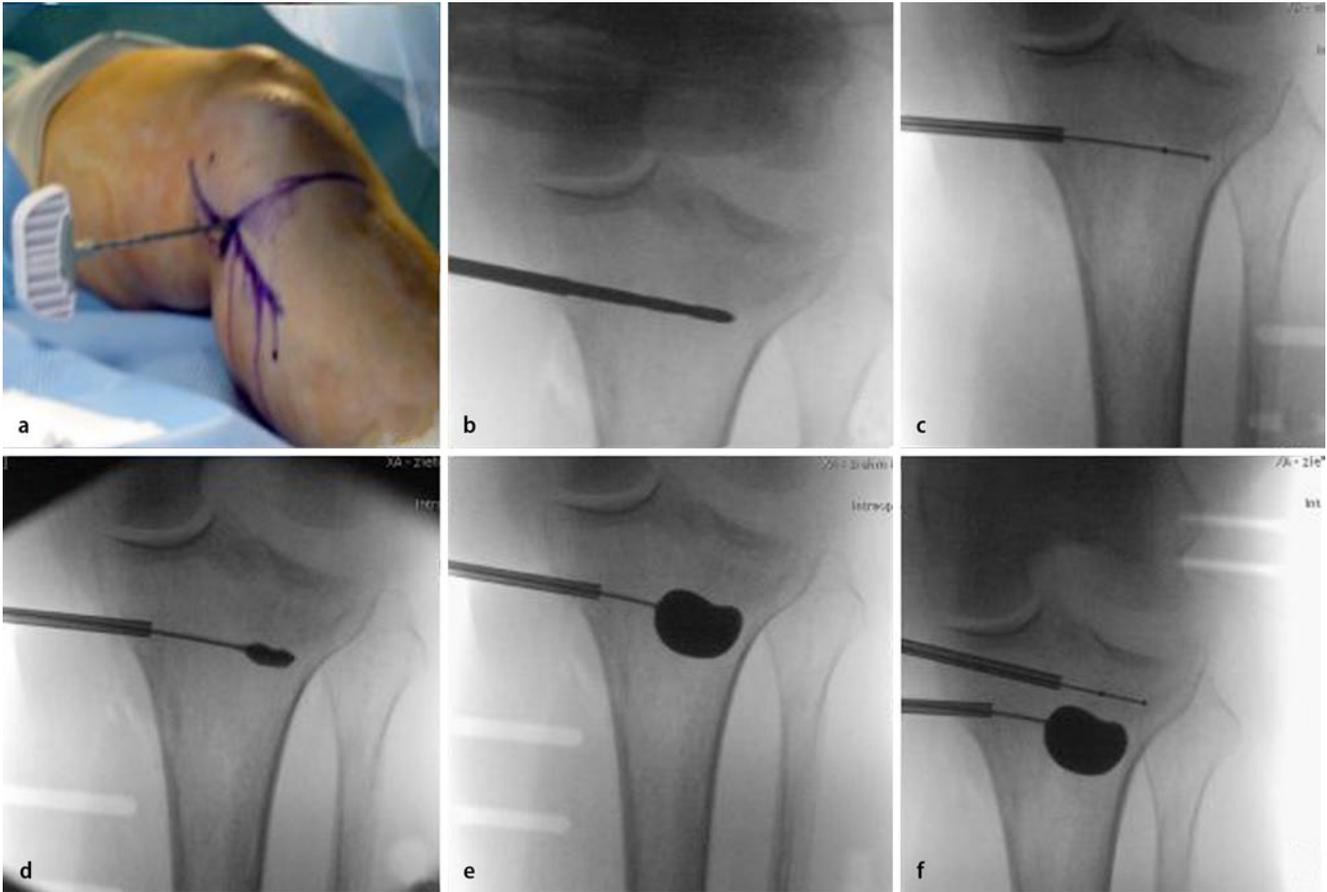
Problematisch sehen wir hingegen die Versorgung von ventromedialen Frakturen mit großen Fragmenten sowie die Versorgung von Tibiakopftrümmerfrakturen und -mehrfachfrakturen. Bei der Versorgung dieser Frakturtypen kam es jeweils zu einem Absinken des Ballons nach metaphysär, ohne dass sich eine Aufrichtung des Plateaus einstellte.

## Klinische Beispiele

Zwischen Juni 2011 und Januar 2012 wurden 6 Patienten mit traumatischen Frakturen des Tibiaplateaus mit dem beschriebenen, minimal-invasiven Verfahren behandelt. Das Kollektiv bestand aus 6 Frauen mit einem durchschnittlichem Alter von 67,3 (53–85) Jahren. Alle Patientinnen erlitten einen Unfall: 3 stürzten in der häuslichen Umgebung, eine mit dem Fahrrad; 2 zogen sich die Verletzung im Rahmen eines Pkw-Unfalls zu. Bei allen Patientinnen bestand aufgrund ihrer Grundkrankheit bzw. des hohen Alters der Wunsch zur raschen postoperativen Mobilisierung. Nach erfolgten a.-p.- sowie lateralen radiologischen Aufnahmen wurde bei allen Patientinnen eine CT-Untersuchung präoperativ durchgeführt. Meist lagen Frakturen von Typ Schatzker II vor (n=4), einmal Schatzker IV sowie einmal Schatzker V.

Alle Patientinnen wurden ausführlich über das operative Vorgehen aufgeklärt und eine entsprechende Operationsvollmacht wurde unterzeichnet. Die durchschnittliche Zeit zwischen Unfall und der operativen Versorgung betrug 3 (1–6) Tage. Trotz des minimal-invasiven Ansatzes verzögerte sich der Operationszeitpunkt aufgrund unzureichender Weichteile bei einer Patientin um 6 Tage. Die mittlere Operationsdauer war 109 (75–150) min. Intraoperativ wurde die Reposition unter Durchleuchtung sowie arthroskopisch kontrolliert. Bei einer Patientin wurde die Aufrichtung navigationsgesteuert durchgeführt (■ Abb. 1).

Nach erfolgter Reposition wurde bei 5 Patienten die Stellung zusätzlich noch mit einer proximalen Tibiaplatte bzw. mit kannülierten, subchondral eingebrachten Schrauben gesichert. Bei allen Patientin-



**Abb. 3** ▲ a–f Minimal-invasive, ballonassistierte Reposition einer Tibiplateaufrakture vom Typ Schatzker II bei einer 54-jährigen Patientin (Teil 1 bis zur korrekten Platzierung der Ballon)

nen mit Schatzker-II-Frakturen konnten anatomische Repositionsergebnisse erreicht werden, bei Schatzker IV und V eine Verbesserung der Dislokation. Postoperativ berichteten alle Patientinnen über eine deutliche Abnahme der Schmerzsymptomatik. Vier Patientinnen konnten bereits am 1. Tag nach erfolgter Operation unter Vollbelastung mobilisiert werden. Die durchschnittliche Hospitalisationsdauer betrug 10 (3–26) Tage, wobei jene ohne anschließende Unterkunft in einer Rehabilitationseinrichtung (n=3) bereits nach 3 Tagen das Krankenhaus verlassen konnten. Bei einer Patientin verzögerte sich der Zeitpunkt der Verlegung wegen nicht medizinischen Gründen deutlich auf 26 Tage. Der bisherige Nachuntersuchungszeitraum betrug 12,5 (6–30) Wochen, wobei keine Dislokation des postoperativen Ergebnisses beobachtet werden konnte.

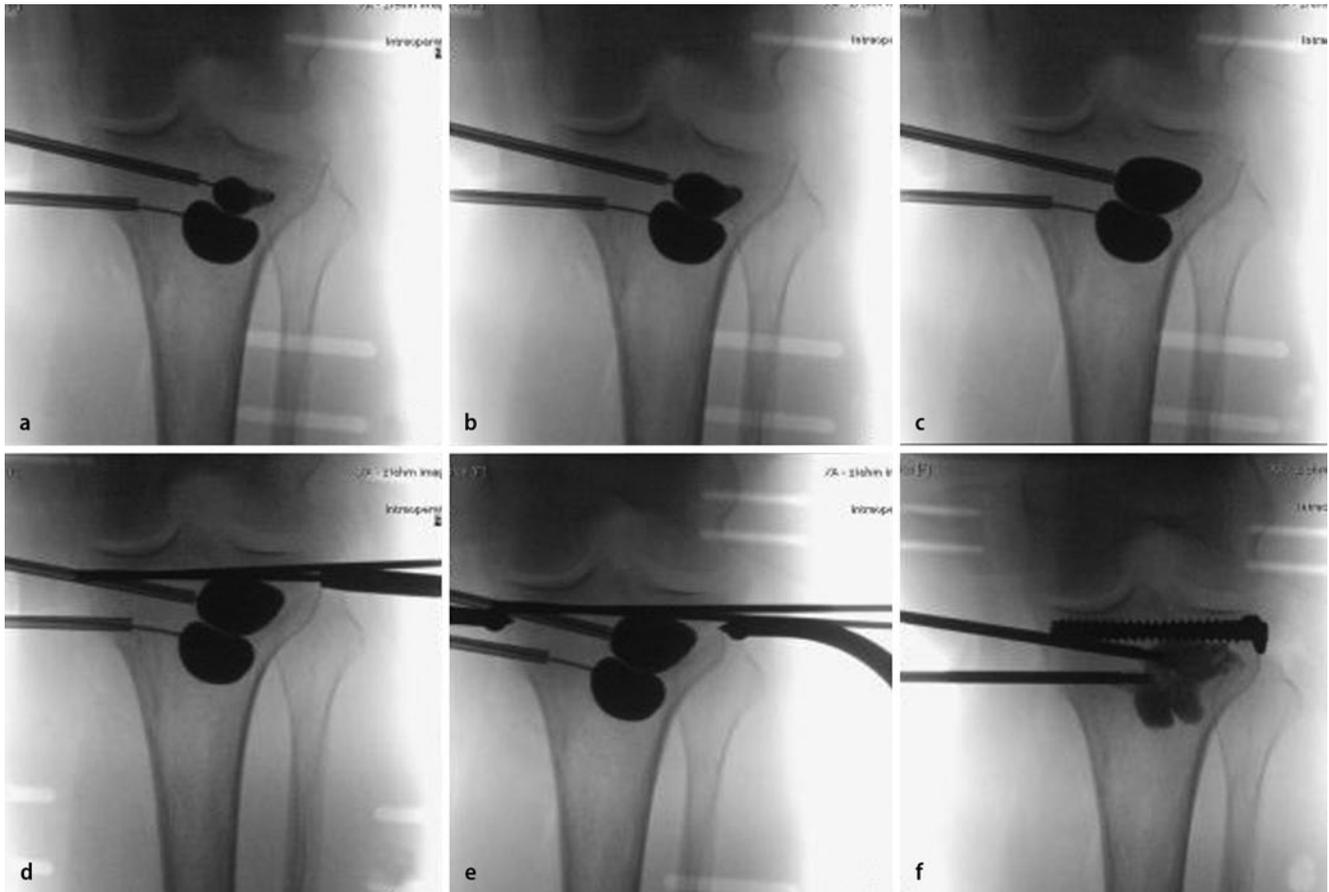
Im Folgenden soll exemplarisch der Fall einer 54-jährigen Patientin beschrieben werden, welche in der häuslichen

Umgebung stürzte und anschließend über immobilisierende Schmerzen im Bereich des linken Kniegelenks klagte. Die initiale konventionell radiologische Aufnahme zeigte eine Impressionsfraktur des lateralen Tibiplateaus (Schatzker II), welche in den zusätzlich angefertigten CT-Untersuchungen bestätigt werden konnte (Abb. 2). Nicht zuletzt wegen eines fortgeschrittenen malignen Grundleidens bestand der Wunsch nach rascher Mobilisation sowie zeitnaher Entlassung in die häusliche Umgebung, sodass nach gründlicher Aufklärung der Patientin beschriebenes Verfahren zu Anwendung kam.

Bei adäquater Weichteilsituation konnte die Operation bereits am Tag nach dem Unfall durchgeführt werden. Zunächst wurde der Trokar durch eine mediale Stichinzision in die Kortikales eingebracht und die Hohlkanüle in der Metaphyse platziert (Abb. 3a). Nachdem ein zur Gelenkfläche parallel gebohrter Kanal mit dem Handbohrer gefertigt wur-

de (Abb. 3b), wird in diesem der Ballon unter den impaktierten Knochenfragmenten platziert (Abb. 3c). Die beiden Marker werden eindeutig außerhalb der Kanüle identifiziert. Unter stetiger radiologischer wie auch arthroskopischer Kontrolle wird die Reposition kontrolliert (Abb. 3d).

Da der Ballon bei nach wie vor geringen Druckwerten sein maximales Füllvolumen erreicht (Abb. 3e), wird ein zweiter Ballon parallel zu diesem platziert und langsam gefüllt (Abb. 3f). Hierbei stellt sich eine korrekte Reposition der Gelenklinie ein (Abb. 4a–c). Das Füllvolumen beider Ballone wird nun notiert, um die Menge des benötigten Zements einschätzen zu können. Bei dieser Patientin wurde ein Zementgemisch aus PMMA und HA ausgewählt, um die sofortige postoperative Vollbelastung gewährleisten zu können. Es folgt das subchondrale Einbringen von 2 kanülierten Stahlschrauben (Abb. 4d) unter zusätzlicher



**Abb. 4** ▲ a–f Minimal-invasive, ballonassistierte Reposition einer Tibiaplateaufraktur vom Typ Schatzker II (Teil 2 Reposition und Fixation)

Kompression mit der axialen Repositionszange (■ **Abb. 4e**). Daraufhin werden die Ballone entfernt und der erzeugte Hohlraum mit dem verarbeitungsfertigen Knochenzementgemisch unter stetiger radiologischer Kontrolle gefüllt (■ **Abb. 4f**). Die postoperative Kontrolle zeigte regelrechte Stellungsverhältnisse. Die Patientin konnte am 1. Tag bereits nahezu schmerzfrei mobilisiert werden (■ **Abb. 5**). Am 2. Tag wurde sie in die ambulante Weiterbehandlung entlassen. In einer klinisch-radiologischen Verlaufskontrolle nach 6 Wochen stellten sich unveränderte Stellungsverhältnisse dar.

## Diskussion

Gleichwohl die ballonassistierte interne Reposition und Aufrichtung von Frakturen und die perkutane Verabreichung von Knochenzement zur Stabilisierung keine neuen Techniken sind, stellt die gemeinsame Anwendung beider Verfah-

ren im Bereich des Tibiaplateau ein Verfahren dar, welches erst in letzter Zeit zunehmend zur Anwendung kommt [1, 10, 14, 19, 25].

In der Literatur gibt es neben der ausführlichen Darstellung von Heiney et al. [19] zur ballonassistierten Reposition und inneren Fixierung von Frakturen der Extremitäten und den neuen Arbeiten von Pizianis et al. [23] und Broome et al. [3] nur wenig.

Neben der ballonassistierten Versorgung einer distalen Radiusfraktur [18] sowie der des Os cuboideum [17], wird von Reiley [24] erstmalig 2003 die Möglichkeit der ballonassistierten Versorgung von osteoporotischen Frakturen des Radius, distalen Femurs, der proximalen Tibia und des Kalkaneus beschrieben. Auf die Ausarbeitung der genauen Technik wird in dieser Arbeit allerdings verzichtet.

Die Technik der ballonassistierten Reposition von Impressionsfrakturen ist

keine neue Technik und findet seit Jahren bereits breite Anwendung in der Versorgung von Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper. Eine Reihe von Arbeiten konnten im Rahmen dieses Verfahrens eine Verbesserung der Lebensqualität, Reduktion der Morbidität sowie der Schmerzen aufzeigen [12, 13, 29]. Ziel war es nun diesen positiven Effekt der perkutanen Reposition und Stabilisierung auf Frakturen der Extremitäten übertragen zu können – insbesondere bei defizitärer Weichteilsituation. Im Vordergrund stehen hierbei neben Frakturen des distalen Radius und des Kalkaneus jene der proximalen Tibia, die wegen der meist insuffizienten Weichteilsituation ein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen beinhalten [2, 26].

Die in der Literatur beschriebenen konservativen Therapieoptionen bedingen meist die konsequente Ruhigstellung mit dem hohen Risiko der anschließenden Einschränkung der Beweglichkeit



**Abb. 5** ▲ Präoperativer Befund und postoperatives Ergebnis der minimal-invasiven, ballonassistenten Reposition einer Tibiaplateaufrakture vom Typ Schatzker II

bis hin zur Versteifung des Gelenks sowie weiterer Impaktierung und Zunahme der Deformität [8, 9]. Des Weiteren kann die erforderliche Teilbelastung wegen vorbestehender Komorbiditäten in einigen Patientengruppen nicht eingehalten werden. Insbesondere im Kollektiv von alten Patienten (s. oben) ist es zudem erstrebenswert, rasch eine Vollbelastung zu erreichen. Die offene Behandlung von Tibiaplateaufrakturen hat hier ihre Vorteile [28]. Allerdings beinhaltet dies eine ausgiebige Weichteilpräparation und partielle Periostablösung, um so die abgesunkenen Fragmente zu bergen und aufzurichten. Die Wiederherstellung

der Gelenkfläche gestaltet sich dabei häufig als schwierig. Zudem steigt das Risiko für Wundheilungsstörungen, Weichteilinfektionen wie auch Pseudarthrosen. Durch perkutane Verfahren lassen sich die den Knochen umgebenden Weichteile schützen [10].

Durch die ballonassistierte Reposition der abgesunkenen Gelenkfläche braucht man, anders als bei der herkömmlichen Anwendung eines Knochenstößels, keine Fenestrierung der Kortikales, sondern lediglich ein etwa 4 mm messendes Loch, durch welches die Hohlkanüle eingebracht wird. Zudem können auch größere Impressionen durch den Ballon angeho-

ben werden, solange dieser parallel zur Gelenkfläche platziert wird und der Abstand bis zur Gelenkfläche nicht zu groß ist. Broome et al. [3, 4] beschreiben dabei einen maximalen Abstand von 2–3 mm bis zur Gelenkfläche. Unserer Ansicht nach ist die sich entwickelnde Hubkraft bis zu einem Abstand von einem Zentimeter ausreichend um das impaktierte Fragment anzuheben. So lässt sich auch die Knorpelmatrix vor der exothermen Reaktion des eingebrachten Zements besser schützen.

Durch die Kompaktierung des umliegenden spongösen Knochens durch den gefüllten Ballon reduziert sich im Gegensatz zur reinen Zementaugmentation des impaktierten Plateaus zudem das Risiko eines Zementaustritts in das umliegende Gewebe oder das Gelenk [13, 29, 30]. Allerdings muss ebenso wie bei der Kyphoplastie der Zementierungsvorgang stetig unter radiologischer Durchleuchtung kontrolliert werden.

Bei dem bislang behandelten Patientenkollektiv wurde calciumphosphathaltiger Zement, neben Mischzement aus PMMA und HA verwendet. Neben der guten Verarbeitbarkeit calciumphosphathaltiger Zemente sind diese Anderen durch die isotherme Reaktion überlegen. Daher können entsprechende Depots auch subchondral platziert werden ohne den Knorpel zu beschädigen [11]. Neben der Stabilisierung der Fraktur geht er mit der umliegenden Knochensubstanz eine feste Verbindung ein und dient dieser durch seine guten osteokonditiven Eigenschaft als Leitstruktur. Im weiteren Verlauf wird er wieder durch Knochen ersetzt [11, 15, 21]. Durch die postoperativ rasche Reduktion der Schmerzsymptomatik kann zeitnah mit der Mobilisation begonnen werden. Eine direkte Vollbelastung ist zwar möglich, wird allerdings mit der Anwendung von reinem PMMA oder Zementmischungen wie PMMA mit HA besser erreicht. Da im vorliegenden Kollektiv eine sofortige Vollbelastung erwünscht war, kam letztgenannte bei den beschriebenen Fällen auch überwiegend zur Anwendung. Vorteil gegenüber reinem PMMA ist die bessere Bioverträglichkeit. Zum Schutz des Knorpels vor der exothermen Reaktion wurde jeweils ein Sicherheitsabstand  $\leq 1$  cm eingehalten. Neben der Anwendung von Knochenzement wäre auch die Füllung des Hohl-

raums mit Spongiosa oder anderen Knochenersatzmaterialien denkbar. Wegen der dabei notwendig werden Teilbelastung wurde von uns bislang darauf verzichtet.

Im Gegensatz zu den in der Arbeit von Pizanis et al. [23] beschriebenen Fällen, haben wir bei den vorliegenden Patienten wenn möglich auf die zusätzliche innere Fixation mit einer eingeschobenen Tibiplatte verzichtet und wenn nötig vorzugsweise subchondral eingebrachte Schrauben in lateromedialer Richtung verwendet (Abb. 4, 5). Die intra- wie auch postoperativen Ergebnisse waren bei Schatzker-Typen II und III gleichsam gut.

Neben diesen praktischen Vorteilen müssen auch die ökonomischen Aspekte Erwähnung finden. Durch die rasche postoperative Mobilisation verkürzt sich die Hospitalisationsdauer und die damit verbundenen Kosten. Ebenso würde die Behandlung einer etwaigen Wundheilungsstörung oder -infektion theoretisch schwerer ins Gewicht fallen als die Mehrkosten des ballonassistierten Verfahrens ausmachen. Auch können durch dieses Verfahren Kosten an Knochenzement gespart werden, da sich die zu amplifizierende Menge durch das Ballonvolumen genau vorhersagen lässt. Im Gegensatz zur konservativen Therapie entfallen die Kosten für allfällige Orthesen. In der Zusammenschau überwiegen so unserer Ansicht nach die positiven Aspekte gegenüber den etwas höheren Kosten in der Anschaffung des Instrumentariums für das ballonassistierte Verfahren.

Trotz des kleinen Kollektivs konnten bei den bisher behandelten Patienten gute Erfahrungen hinsichtlich einer frühzeitigeren definitiven Versorgung, geringeren Rate von postoperativen Komplikationen und kürzerer Hospitalisationsdauer gemacht werden. Allerdings wird es weiterführende Studien mit größeren Patientenkollektiven und Vergleichsgruppe benötigen, um eine statistische Aussage diesbezüglich machen zu können.

### Fazit für die Praxis

**Die minimal-invasive Osteosynthese und ballonassistierte Wiederherstellung der tibialen Gelenkfläche ist eine alternative**

**Technik zur Reduktion des operativ bedingten Gewebeschadens. Ebenso kann durch dieses Verfahren eine rasche postoperative Mobilisation erreicht werden. Die bisherigen Erfahrungen zeigen gute klinische wie auch radiologische Ergebnisse, insbesondere bei Tibiplateaufrakturen vom Typ Schatzker II und III.**

### Korrespondenzadresse



**PD Dr. C.M.L. Werner**  
Klinik für Unfallchirurgie,  
Universitätsspital Zürich  
Rämistrasse 100,  
CH-8091 Zürich  
Schweiz  
clement.werner@usz.ch

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

1. Bajammal SS, Zlowodzki M, Lelwica A et al (2008) The use of calcium phosphate bone cement in fracture treatment. A meta-analysis of randomized trials. *J Bone Joint Surg Am* 90:1186–1196
2. Barei DP, Nork SE, Mills WJ et al (2004) Complications associated with internal fixation of high-energy bicondylar tibial plateau fractures utilizing a two-incision technique. *J Orthop Trauma* 18:649–657
3. Broome B, Mauffrey C, Statton J et al (2012) Inflation osteoplasty: in vitro evaluation of a new technique for reducing depressed intra-articular fractures of the tibial plateau and distal radius. *J Orthop Traumatol* 13(2):89–95
4. Broome B, Seligson D (2010) Inflation osteoplasty for the reduction of depressed tibial plateau fractures: description of a new technique. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 20:663–666
5. Constantz BR, Ison IC, Fulmer MT et al (1995) Skeletal repair by in situ formation of the mineral phase of bone. *Science* 267:1796–1799
6. Court-Brown CM, Mcbirnie J (1995) The epidemiology of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 77:417–421
7. Davies JE, Baldan N (1997) Scanning electron microscopy of the bone-bioactive implant interface. *J Biomed Mater Res* 36:429–440
8. Decoster TA, Nepola JV, El-Khoury GY (1988) Cast brace treatment of proximal tibia fractures. A ten-year follow-up study. *Clin Orthop Relat Res* 231:196–204
9. Delamarter R, Hohl M (1989) The cast brace and tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 242:26–31
10. Evangelopoulos DS, Heitkemper S, Eggl S et al (2010) Percutaneous cement augmentation for the treatment of depression fractures of the tibial plateau. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:911–915
11. Frankenburg EP, Goldstein SA, Bauer TW et al (1998) Biomechanical and histological evaluation of a calcium phosphate cement. *J Bone Joint Surg Am* 80:1112–1124
12. Garfin SR, Buckley RA, Ledlie J (2006) Balloon kyphoplasty for symptomatic vertebral body compression fractures results in rapid, significant, and sustained improvements in back pain, function, and quality of life for elderly patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 31:2213–2220
13. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA (2001) New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 26:1511–1515
14. Guo R, Cao LH, Tong F et al (2010) Reconstruction of the collapse tibial plateau fracture by injectable artificial bone combined with supportive plate fixation. *Zhongguo Gu Shang* 23(6):431–434
15. Hak DJ (2007) The use of osteoconductive bone graft substitutes in orthopaedic trauma. *J Am Acad Orthop Surg* 15:525–536
16. Hansen M, Mehler D, Voltmer W et al (2002) The extraarticular proximal tibial fractures. *Unfallchirurg* 105:858–872
17. Heim KA, Sullivan C, Parekh SG (2008) Cuboid reduction and fixation using a kyphoplasty balloon: a case report. *Foot Ankle Int* 29:1154–1157
18. Ishiguro S, Oota Y, Sudo A et al (2007) Calcium phosphate cement-assisted balloon osteoplasty for a Colles' fracture on arteriovenous fistula forearm of a maintenance hemodialysis patient. *J Hand Surg Am* 32:821–826
19. Heiney JP, O'Connor JA (2010) Balloon reduction and minimally invasive fixation (BRAMIF) for extremity fractures with the application of fast-setting calcium phosphate. *J Orthopaedics* 7
20. Keating JF, Hajducka CL, Harper J (2003) Minimal internal fixation and calcium-phosphate cement in the treatment of fractures of the tibial plateau. A pilot study. *J Bone Joint Surg Br* 85:68–73
21. Larsson S, Bauer TW (2002) Use of injectable calcium phosphate cement for fracture fixation: a review. *Clin Orthop Relat Res* 395:23–32
22. Moore DC, Maitra RS, Farjo LA et al (1997) Restoration of pedicle screw fixation with an in situ setting calcium phosphate cement. *Spine (Phila Pa 1976)* 22:1696–1705
23. Pizanis A, Garcia P, Pohlemann T et al (2012) Balloon tibioplasty: a useful tool for reduction of tibial plateau depression fractures. *J Orthop Trauma* 26(7):88–93
24. Reiley M (2003) Percutaneous balloon-plasty technique and results for tibial plateau, distal radius, femoral condylar, and calcaneal fractures. *J Orthop Trauma* 17:161
25. Simpson D, Keating JF (2004) Outcome of tibial plateau fractures managed with calcium phosphate cement. *Injury* 35:913–918
26. Stevens DG, Beharry R, Mckee MD et al (2001) The long-term functional outcome of operatively treated tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 15:312–320
27. Thordarson DB, Hedman TP, Yetkinler DN et al (1999) Superior compressive strength of a calcaneal fracture construct augmented with remodelable cancellous bone cement. *J Bone Joint Surg Am* 81:239–246
28. Tschernig H, Lobenhoffer P (1993) Tibial plateau fractures. Management and expected results. *Clin Orthop Relat Res* 292:87–100
29. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J et al (2009) Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet* 373:1016–1024
30. Yeom JS, Kim WJ, Choy WS et al (2003) Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg Br* 85:83–89