Seltene Gefahr eines Kompartmentsyndroms bei arthroskopischer Versorgung der Tibiaplateaufrakur

Frakturen des Tibiaplateaus sind im Verhältnis zu allen anderen Frakturen des Menschen mit 1 % äußerst selten [18]. Falls sie jedoch auftreten, dann meist mit einer komplexen Beteiligung der Gelenkflächen. Durch zusätzliche Verletzung der Knieinnenstrukturen (u. a. vorderes Kreuzband, Menisken) stellt die operative Versorgung eine chirurgische Herausforderung dar. Porrino et al. haben in einer rezenten Studie die Korrelation der Tibiaplateaufrakur mit den Rupturen des vorderen/hinteren Kreuzbands und des medialen/lateralen Seitenbands untersucht [11]. Es konnte gezeigt werden, dass eine isolierte Fraktur der lateralen Tibiakondyle statistisch signifikant mit einer Verletzung des medialen Seitenbands einhergeht. Bei einer isolierten medialen Fraktur der Tibiakondyle gilt dies für eine Verletzung der posterolateralen Bandstrukturen. Für die Kreuzbänder konnte keine statistisch signifikante Korrelation gezeigt werden, was an der von den Autoren selbst beschriebenen geringen Patientenzahl ($n = 19$) liegen könnte.

Neben der Wiederherstellung der kongruenten Gelenkflächen gilt es auch, die Funktion, Stabilität und Bewegungsfreiheit des Kniegelenks zu beachten. Eine Meniskusbeteiligung wird bei jeder zweiten Tibiafraktur beobachtet [2].

Ist die Ursache für die Fraktur bei jüngeren Patienten meist ein sog. High-energy-Trauma, wie ein direkter Sturz auf das gestreckte Bein oder ein Anprall der Knie Scheibe im Rahmen eines Verkehrsunfalls („dashboard injury“), so kommt

es bei einer Minderung der Knochenfestigkeit (Osteoporose) im Alter häufiger zu Brüchen. Dies kann dazu führen, dass Bagateltraumen, wie z. B. Stürze in der Häuslichkeit, zu Frakturen des Tibiaplateaus führen. Durch diese Low-energy-Trauma steigt der Anteil dieser Frakturen im Alter auf bis zu 8 % [13, 20]. Zusätzlich zur Osteoporose kommen bei älteren Patienten weitere Komorbiditäten hinzu. Krause et al. konnten zeigen, dass es bei osteoporotischen Patienten im vorderen und hinteren Viertel des Tibiaplateaus zu einer Verminderung des subchondralen Knochens und Veränderungen des Knochenmarks kommt, was eine mögliche Prädiktionsstelle für sekundäre Fixationsverluste darstellt [7].

» Die Klassifikation der Tibiaplateaufrakur ist für das weitere therapeutische Vorgehen essenziell

Die Klassifikation der Tibiaplateaufrakur ist für das weitere therapeutische Vorgehen essenziell. Hervorzuheben ist, dass alle folgend genannten Klassifikationen sich an den radiologischen Bildern orientieren und keinen Weichteilschaden oder Begleitverletzungen miteinschließen. Die Tibiaplateaufrakur kann nach der Schatzker-Klassifikation [8] bzw. der AO/OTA-Klassifikation eingeteilt werden.

Noch Mitte des letzten Jahrhunderts stellte die Tibiaplateaufrakur mangels

operativer Versorgung eine Indikation zur konservativen Behandlung dar [2]. Die konservative Therapie kommt heute nur bei minimal dislozierten Brüchen, peripheren submeniskalen Frakturen oder bei Patienten mit Kontraindikation zur operativen Versorgung in Frage. Der Goldstandard ist die operative Versorgung mittels winkelstabiler Platten. Die weitere Möglichkeit zur minimalinvasiven Operation mit Schrauben schont die bei Tibiafrakturen häufig schon verletzten Weichteile. Grundsätzlich ist das primäre Ziel der operativen Versorgung eine Wiederherstellung der Gelenkflächen. Begleitverletzungen der Binnenstrukturen können entweder in der gleichen Sitzung mitversorgt werden oder teilweise bei komplizierteren Verletzungen eine spätere, zweite Operation notwendig machen.

Fallbericht

Eine 61-jährige Patientin stellte sich nach Sturz in der Häuslichkeit in unserer Ordination „Sport & Trauma“ in der Wiener Privatklinik mit der Rettung vor. Anamnestisch gab die Patientin an, dass sie auf dem Parkettboden ausgerutscht sei. Seitdem habe sie Schmerzen im Bereich des rechten Kniegelenks, der linken Schulter und des lateralen Schlüsselbeins links.

In der klinischen Untersuchung zeigte sich das rechte Kniegelenk geschwollen. Die Palpation war schmerzhaft im Bereich der Tibiavorderkante, zudem war ein Druckschmerz über dem lateralen Gelenkspalt vorhanden. Die Bewegung

Abb. 1 ▲ MRT des rechten Kniegelenks (sagittal) mit massiver Impressionsfraktur des medialen Tibiaplateaus

war schmerzhaft reduziert, und die Beurteilung der Bandstabilität des Kniegelenks (Kreuzbänder und Seitenbänder) konnte wegen der zu starken Schmerzen der Patientin nicht sicher überprüft werden. Die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität zeigten sich im Seitenvergleich ohne pathologischen Befund. Der Unterschenkel war im Vergleich zur Gegenseite nicht geschwollen und auch nicht druckschmerzhaft. Bei der Untersuchung der linken Klavikula ließ sich ein Druckschmerz sowie eine Krepitation im lateralen Drittel auslösen.

In der Röntgendiagnostik zeigte sich im Bereich des rechten Kniegelenks eine Fraktur des Tibiakopfes und eine Fraktur der lateralen Klavikula links. Zur weiteren Diagnostik der ligamentären Strukturen des Kniegelenks wurde zusätzlich eine Magnetresonanztomographie (MRT) angefertigt. Diese zeigte eine ventrale Tibiakopffraktur mit Ruptur des lateralen Meniskus, des vorderen Kreuzbands und ein Knochenmarködem im Bereich der medialen Femurkondyle. Ebenfalls im MRT erkennbar war eine massive Impressionsfraktur des medialen Tibiaplateaus (■ Abb. 1).

Diagnose

Zusammenfassend konnte man am rechten Kniegelenk folgende Diagnose stellen: Fraktur des vorderen Tibiakopfes und der medialen Femurkondyle mit einer multiligamentären Ruptur sowie eine Lappenruptur des lateralen Meniskus. An

Abb. 2 ▲ Präoperative Computertomographie (CT) des rechten Kniegelenks (a.-p. und sagittal)

der linken Schulter bestand eine Klavikulafraktur mit einer begleitenden Ruptur des Lig. coracoclaviculare. Dadurch ergab sich die Indikation zur operativen Versorgung.

Therapie und Verlauf

Noch am selben Tag wurde der operative Eingriff geplant und die internistische Freigabe für die Operation eingeholt. Geplant wurden eine Teilmeniskektomie des lateralen Meniskus, eine Resektion des vorderen Kreuzbandstumpfes tibial und die ventrale Reposition, Unterfütterung und Osteosynthese des Tibiakopfes.

In Intubationsnarkose, Rückenlage und nach Desinfektion des Operationsgebiets und sterilem Abdecken wurde zunächst mit der Versorgung des rechten Kniegelenks begonnen. Die klinische Untersuchung des Kniegelenks im Operationssaal, nach Schmerzausschaltung und Relaxation der Muskulatur, zeigte eine massive Überstreckbarkeit. Es erfolgte die Anlage eines arthroskopischen lateralen Zugangsportals sowie die Anlage eines medialen Arbeitsportals. Intraoperativ zeigte sich nach Ausspülen des Hämarthros die Lappenruptur des lateralen Meniskus sowie ein rupturiertes vorderes Kreuzband. Die Fraktur des ventralen Tibiakopfes zog sich von medial nach lateral. Im Bereich der medialen Femurkondyle stellte sich ebenfalls eine Fraktur dar. Die planmäßige Versorgung der Tibiakopffraktur musste jedoch wegen des

erhöhten Wasseraustritts in den Unterschenkel und der damit verbundenen Gefahr eines Kompartmentsyndroms abgebrochen werden. Es erfolgte somit der Verschluss der Stichinzisionen und die Anlage eines Longuetten-Verbands. Nach Beendigung des ersten Eingriffs am Kniegelenk wurde unter Aufrechterhaltung der Intubationsnarkose die linke Schulter versorgt.

Die am nächsten Tag erfolgte Computertomographie (CT) des rechten Kniegelenks zeigte unverändert zum MRT eine Impressionsfraktur der medialen Femurkondyle sowie eine Abspaltung der medialen Tibiavorderkante (■ Abb. 2). Die Knochendichteuntersuchung mittels „dual energy X-ray absorptiometry“ (DEXA-Scan) zeigte das Vorliegen einer gering ausgeprägten Osteopenie.

Nach ausgiebiger Diskussion des Falls ergab sich die Indikation für die Kniegelenkflächenrekonstruktion mittels Knie-TEP. Diese Entscheidung wurde wegen der Osteopenie und der ausgeprägten Defektbildung im Tibiakopf und der medialen Femurkondyle gefällt.

Am dritten postoperativen Tag war die Schwellung soweit zurückgegangen, dass der geplante Eingriff zur Knie-TEP (MyKnee®, Medacta International, Castel San Pietro, Schweiz) durchgeführt werden konnte.

In sterilem operativem Setting wurde zuerst die Knie-TEP implantiert und nach dem Zementieren in Streckstellung zur Aushärtung gebracht (■ Abb. 3). Aufgrund der ausgeprägten Defektbildung im Tibiakopf und der Osteopenie wurde eine Knie-TEP mit Stem implantiert. Bei elektiven Primärimplantationen von Knie-TEP ist die Verwendung einer Tibiakomponente mit Stem nicht der Regelfall. Anschließend erfolgte die Refixation des medialen und lateralen Bandapparats mittels hochreißfestem Faden und Knochenanker, wobei die auch Ansatzsehne des M. popliteus am lateralen Femurkondylus refixiert wurde. Intraoperativ konnte dadurch schon eine ausgezeichnete Bandstabilität in allen Ebenen erreicht werden. Die postoperative Ruhigstellung erfolgte wie nach dem ersten Eingriff 4 Tage zuvor mittels Longuetten-Verband.

Am zweiten Tag nach Implantation der Knie-TEP wurde die Patientin mobilisiert und physiotherapeutisch behandelt. Die Röntgenkontrolle am fünften postoperativen Tag zeigte eine regelrechte Lage des Implantats. Die Patientin konnte am neunten postoperativen Tag, nach ausreichender Mobilisation, das Krankenhaus wieder verlassen.

Diskussion

Die Arthroskopie hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten sehr stark weiterentwickelt, verfeinert und ihre Methoden und Möglichkeiten im Operationsspektrum deutlich erweitert. Wie aus der Praxis bekannt ist, sind die Komplikationen nach Arthroskopen sehr gering. Als häufigste Komplikation wird die Gelenkinfektion mit einer geschätzten Inzidenz von etwa 0,4 %, angenommen [10]. Eine sehr seltene Gefahr der Kniearthroskopie stellt das Kompartmentsyndrom der unteren Extremität dar. Dieses findet man jedoch immer wieder nach Tibiafrakturen und tritt unmittelbar nach dem Trauma auf. Durch die Inelastizität von Faszien kommt es durch den vermehrten Flüssigkeitsaustritt (u. a. Blutung) in das Gewebe zu einer Erhöhung des Gewebedrucks. Diese Druckerhöhung kann innerhalb von 2 h zu beginnenden Muskelnekrosen führen [17]. Nach 6–8 h kommt es zu einer irreversiblen Schädigung der Muskulatur innerhalb des Kompartiments. Als schwerwiegende Komplikationen eines Kompartmentsyndroms sind u. a. folgende zu nennen: Rhabdomyolyse, Crush-Niere, Muskelkontrakturen und Rebound-Kompartmentsyndrom. Allein diese Komplikationen und die Tatsache der Muskelnekrose zeigen, wie wichtig das Erkennen der Diagnose und die Behandlung sind.

Klinische Zeichen für das Kompartmentsyndrom sind: massive Schmerzen im Bereich der betroffenen Faszienloge, durch passive Dehnung des Muskels ausgelöste Schmerzen und Parästhesien im Bereich des betroffenen Gebiets [16]. Beachtet werden muss, dass starke Schmerzen und Parästhesien im Bereich des Operationsgebiets auch nach einer durchgeführten Operation durch

Arthroskopie 2020 · 33:37–41 <https://doi.org/10.1007/s00142-019-00334-5>
© Der/die Autor(en) 2019

F. Schitz · R. Schabus

Seltene Gefahr eines Kompartmentsyndroms bei arthroskopischer Versorgung der Tibiaplateaufrakturen

Zusammenfassung

Frakturen des Tibiaplateaus gehen häufig mit Begleitverletzungen (z. B. vorderes Kreuzband, Seitenbänder, Meniskus) sowie einer komplexen Beteiligung der Gelenkflächen einher. Die Therapie erfolgt in der Regel durch eine operative Versorgung mittels winkelstabiler Platten. In diesem Beitrag wird der Fall einer 61-jährigen Patientin nach Sturz in der häuslichen Umgebung beschrieben, bei dem sie sich eine Fraktur des vorderen Tibiakopfes und der medialen Femurkondyle mit einer multiligamentären Ruptur sowie eine Lappenruptur des lateralen Meniskus zuzog, sodass die Indikation für eine arthroskopische Operation bestand. Aufgrund der Gefahr eines Kompartmentsyndroms musste der Eingriff

jedoch vorzeitig abgebrochen werden. Im Anschluss wurde die Patientin erfolgreich mit einer Knieendoprothese versorgt. Das Kompartmentsyndrom stellt eine sehr seltene, aber ernsthafte Komplikation der Arthroskopie dar. Eine gute invasive Therapieoption ist die Fasziotomie, wobei deren Indikation u. a. vom Druck des Kompartiments abhängt. Genaue Richtlinien bezüglich der Behandlung des Kompartmentsyndroms liegen noch nicht vor. Die Therapie sollte in erster Linie patientenorientiert erfolgen.

Schlüsselwörter

Gelenkfläche · Knieendoprothese · Fasziotomie · Meniskusruptur · Klassifikation

Rare danger of compartment syndrome in arthroscopic treatment of tibial plateau fractures

Abstract

Fractures of the tibial plateau are frequently accompanied by comorbidities (e.g. anterior cruciate ligament, lateral ligaments, meniscus) and a complex involvement of the joint surface. As a rule treatment is carried out operatively with locking plate osteosynthesis. This article describes the case of a 61-year-old female patient who incurred a fracture of the anterior tibial head and the medial femoral condyle with a multiligament rupture as well as a flap rupture of the lateral meniscus after a fall in the domestic environment. The indications for arthroscopic surgery were therefore given; however, because of the danger of a compartment syndrome the intervention had to be prematurely

terminated. Subsequently, the patient was successfully treated with a total knee endoprosthesis. Compartment syndrome is a very rare but serious complication in arthroscopy. Fasciotomy is a good invasive treatment option, whereby the indications depend among others on the pressure of the compartment. Precise guidelines with respect to the treatment of compartment syndrome are not yet available. Treatment should primarily be carried out in a patient-oriented manner.

Keywords

Joint surface · Total knee arthroplasty · Fasciotomy · Meniscus rupture · Classification

eine Verletzung der Weichteile auftreten können [12].

Führt man eine Literaturrecherche zu diesem Thema durch, so findet man lediglich folgenden Fallbericht zu diesem Thema: Belanger et al. berichteten 1997 von einer 15-jährigen Patientin, die im Rahmen der Arthroskopie ein Kompartmentsyndrom entwickelt hat [3]. Ebenfalls im gleichen Jahr erschien ein Fallbericht von 2 Patienten, die postoperativ nach der Arthroskopie ein Kompartmentsyndrom entwickelt haben [6]. Ha-

ben Belanger et al. das Kompartmentsyndrom mit einer Fasziotomie behandelt, so haben Kaper et al. ihre beiden Patienten konservativ nachbehandelt.

Bis heute gibt es keine Einigung bezüglich der optimalen Therapie des akuten Kompartmentsyndroms. Die Fasziotomie stellt eine gute invasive Therapieoption dar, jedoch gibt es keine genauen Parameter, ab welchem Druck des Kompartiments diese durchgeführt werden soll [14]. Früher hat man absolute Druckwerte zur Definition eines kriti-

Abb. 3 ◀ Postoperative Röntgenaufnahme (a.-p. und sagittal) des rechten Kniegelenks mit zementierter Knie-totalendoprothese (TEP)

schen Schwellenwerts für die Fasziotomie angenommen. Mittlerweile geht man davon aus, dass der Druck im Kompartiment, ab dem es zu einer Schädigung des Gewebes kommt, vom systemischen Perfusionsdruck abhängt [19]. McQueen et al. haben in ihrer klinischen prospektiven Studie die Indikation zur Fasziotomie bei einer „delta pressure“ (diastolischer Blutdruck minus Kompartimentdruck) von ≤ 30 mm Hg über 2 h gestellt und konnten mit diesem Schwellenwert unnötige Fasziotomien vermeiden [9].

» Die Fasziotomie stellt eine gute invasive Therapieoption des Kompartimentsyndroms dar

Die Frage, ob man bei Patienten mit einer komplexen Tibiaplateaufaktur primär eine Knie-TEP implantieren soll, ist gerechtfertigt. Einerseits stellt die Implantation der Knie-TEP eine langfristige Lösung bei Patienten mit Tibiaplateaufrakturen dar. Bei älteren Patienten mit einer komplexen Tibiaplateaufaktur stellt laut Huanget al. die primäre Implantation einer Knie-TEP eine geeignete Therapie dar [5]. In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass Patienten, die nach einer Tibiaplateaufaktur sekundär eine Knie-TEP implantiert bekommen haben, eine erhöhte Komplikationsrate aufweisen (90 % der Komplikationen innerhalb der ersten 2 Jahre), jedoch nach 15 Jahren das Überleben der Prothese ähnlich der Prothese von Patienten mit Gonarthrose ist [1]. Dies zeigt, dass die Komplikations-

rate innerhalb der ersten 2 Jahre niedrig gehalten werden muss, damit die Patienten ein gutes Outcome haben. Jedoch hat auch die primäre Therapieoption mittels Arthroskopie und „open reduction and internal fixation“ (ORIF) ihren Erfolg bei älteren Patienten. Frattini et al. konnten bezüglich der Behandlung von komplexen Tibiaplateaufrakturen bei älteren Patienten sowohl gute Ergebnisse hinsichtlich der Funktion als auch des radiologischen Outcomes zeigen [4]. Bei älteren osteoporotischen Patienten stellt die primäre Indikation einer Knie-TEP sicherlich eine gute Option dar, da es zu einer sofortigen Stabilität, Mobilisierung und niedrigeren Reoperationsraten kommt [15].

Wichtig ist, dass die Therapieoption patientenorientiert und entsprechend der Frakturklassifikation ausgewählt wird. Je nach Nebenerkrankungen, Alter und Allgemeinzustand des Patienten stellen ORIF und Knie-TEP gute Therapiemöglichkeiten dar.

Fazit für die Praxis

- Die Behandlung einer Fraktur des Tibiaplateaus ist eine Herausforderung.
- Das Kompartimentsyndrom im Rahmen der Arthroskopie des Kniegelenks stellt eine äußerst seltene, jedoch komplexe Komplikation hinsichtlich der Diagnostik und Therapie dar.

- Wichtig ist, dass die Therapie des Kompartimentsyndroms immer patientenorientiert erfolgt.
- Hierbei wird es sicher noch nötig sein, einen gemeinsamen Konsens für Diagnose und Therapieoptionen zu erarbeiten.
- Eine primäre Implantation einer Knie-TEP bei komplexen Tibiaplateaufrakturen sollte immer in Erwägung gezogen werden.
- Die in diesem Beitrag beschriebene Patientin wurde nach ethischen Richtlinien über die Veröffentlichung des Fallberichts aufgeklärt und hat dieser zugestimmt.

Korrespondenzadresse

Florian Schitz
Sport & Trauma, Wiener
Privatklinik
Pelikangasse 15, 1090 Wien,
Österreich
n1542082@
students.meduniwien.ac.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Schitz und R. Schabus geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Abdel MP, von Roth P, Cross WW, Berry DJ, Trousdale RT, Lewallen DG (2015) Total knee arthroplasty in patients with a prior tibial plateau fracture: a long-term report at 15 years. *J Arthroplasty* 30(12):2170–2172
2. Kohn D (2016) Expertise Knie. Thieme, Stuttgart
3. Belanger M, Fadale P (1997) Compartment syndrome of the leg after arthroscopic examination of a tibial plateau fracture. Case report and review of the literature. *Arthroscopy* 13(5):646–651
4. Frattini M, Vaienti E, Soncini G, Pogliacomì F (2009) Tibial plateau fractures in elderly patients. *Chir Organi Mov* 93(3):109–114
5. Huang JF, Shen JJ, Chen JJ, Tong PJ (2016) Primary total knee arthroplasty for elderly complex tibial plateau fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 50(6):702–705
6. Kaper BP, Carr CF, Shirreffs TG (1997) Compartment syndrome after arthroscopic surgery of knee. A report of two cases managed nonoperatively. *Am J Sports Med* 25(1):123–125
7. Krause M, Hubert J, Deymann S, Hapfelmeier A, Wulff B, Petersik A et al (2018) Bone microarchitecture of the tibial plateau in skeletal health and osteoporosis. *Knee* 25(4):559–567
8. Markhardt BK, Gross JM, Monu JU (2009) Schatzker classification of tibial plateau fractures: use of CT and MR imaging improves assessment. *Radiographics* 29(2):585–597
9. McQueen MM, Duckworth AD, Aitken SA, Court-Brown CM (2013) The estimated sensitivity and specificity of compartment pressure monitoring for acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 95(8):673–677
10. Pape D (2008) Komplikationen nach Arthroskopie. *Orthopäde* 37(11):1047
11. Porrino J, Richardson ML, Hovis K, Twaddle B, Gee A (2018) Association of tibial plateau fracture morphology with ligament disruption in the context of multiligament knee injury. *Curr Probl Diagn Radiol* 47(6):410–416
12. Robinson CM, O'Donnell J, Will E, Keating JF (1999) Dropped hallux after the intramedullary nailing of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 81(3):481–484
13. Rozell JC, Vemulapalli KC, Gary JL, Donegan DJ (2016) Tibial plateau fractures in elderly patients. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 7(3):126–134
14. Schmidt AH (2017) Acute compartment syndrome. *Injury* 48(1):S22–S5
15. Stevenson I, McMillan TE, Baliga S, Schemitsch EH (2018) Primary and secondary total knee arthroplasty for tibial plateau fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 26(11):386–395
16. Ulmer T (2002) The clinical diagnosis of compartment syndrome of the lower leg: are clinical findings predictive of the disorder? *J Orthop Trauma* 16(8):572–577
17. Vaillancourt C, Shrier I, Vandal A, Falk M, Rossignol M, Vernec A et al (2004) Acute compartment syndrome: how long before muscle necrosis occurs? *CJEM* 6(3):147–154
18. van Dreumel RL, van Wunnik BP, Janssen L, Simons PC, Janzing HM (2015) Mid- to long-term functional outcome after open reduction and internal fixation of tibial plateau fractures. *Injury* 46(8):1608–1612
19. Whitesides TE, Haney TC, Morimoto K, Harada H (1975) Tissue pressure measurements as a determinant for the need of fasciotomy. *Clin Orthop Relat Res* 113:43–51
20. Zhao XW, Ma JX, Ma XL, Jiang X, Wang Y, Li F et al (2017) A meta-analysis of external fixation versus open reduction and internal fixation for complex tibial plateau fractures. *Int J Surg* 39:65–73

Hier steht eine Anzeige.