

T.C. Koslowsky¹ · R. Schadt² · K. Mader² · D. Pennig²

¹ Chirurgische Klinik St Elisabeth KH Köln-Hohenlind,
 Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität zu Köln

² Klinik für Unfallchirurgie/Orthopädie, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
 St. Vinzen-Hospital Köln, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität zu Köln

Der Bewegungsfixateur bei komplexer Kniegelenkluxation mit Begleitverletzung

Die traumatische Luxation stellt eine schwere Verletzung des Kniegelenks dar. Sie führt häufig zu einer ausgedehnten ligamentären Verletzung und ist oft mit vaskulären und nervalen Schäden vergesellschaftet. Zusätzlich beinhaltet die offene Luxation einen relevanten Weichteilschaden und kann trotz mehrfacher operativer Eingriffe in einem Gelenkinfekt bis hin zur Gelenksteife enden. Nur die konsequente und schnelle Diagnostik und Therapie vaskulärer Begleitverletzungen kann vor einem Verlust der Extremität schützen.

Behandlungskonzepte einer komplexen Kniegelenkluxation mit Begleitverletzung und ausgedehntem Weichteilschaden reichen von der frühzeitigen Stabilisierung mit kurzfristiger Gipsruhigstellung, über längere Gelenkruhigstellungen im Gips oder mittels starrem Fixateur bis zur primären Arthrodesis bei starker Gelenkflächenzerstörung und größeren Knochendefekten v. a. beim älteren Menschen. Um die negativen Effekte einer prolongierten Ruhigstellung auf die Beweglichkeit und den Gelenkknorpel zu minimieren, therapieren wir komplexe Kniegelenkluxationen in Analogie zur Ellenbogenluxation mit einem dynamischen gelenkübergreifenden Fixateur externe. Unter Entlastung der Gelenkflächen wird die Gelenkbewegung in einer für das Knie reduzierten Amplitude durch den äußeren Kraftträger geführt und die rekonstruierten Kniebinnenstrukturen werden bis zur Einheilung dynamisch geschützt.

Klinische Aspekte und Therapie

Traumatische Luxationen des Kniegelenks sind selten und meistens Ursachen eines Hochenergieunfalls [1]. Die klinische Untersuchung beginnt mit einer Prüfung des Gefäß- und Nervenstatus, einer Einschätzung der Weichteilsituation gefolgt von einer Stabilitätsprüfung des Kniegelenks [6]. Das Übersehen oder ein zu spätes Erkennen einer Gefäßverletzung kann katastrophale Folgen bis hin zur Amputation der Extremität nach sich ziehen.

➤ Ein Übersehen von Gefäßverletzungen kann einen Verlust der Extremität nach sich ziehen

Eine weitere schwerwiegende Folge einer Knieluxation ist eine zumindest transiente Schädigung des N. tibialis oder N. peroneus, die in bis zu 25% aller Knieluxationen vorkommt [19]. Da eine große Anzahl der Kniegelenkluxationen spontan reponiert, erfordert die Standardröntgenaufnahme in 2 Richtungen eine subtile Analyse: Gelenkasymmetrien, geringe Subluxationen, kleine Abrissfrakturen oder Impressionen können ein Hinweis auf diese schwere Verletzung sein [6]. In der Akutsituation kann eine Untersuchung des Patienten in Narkose hilfreich sein, um die Instabilitäten aufzudecken. Obwohl es Berichte über isolierte vordere oder hintere Kreuzbandverletzungen bei Luxationen gibt, sind meistens beide Kreuzbänder gerissen.

Durch die Kombination mit Verletzungen der posterolateralen oder posteromedialen Kapsel-Band-Strukturen resultieren kombinierte und komplexe Instabilitäten [9].

Der Zeitpunkt der Versorgung komplexer Bandverletzung nach Kniegelenkluxation wird kontrovers diskutiert. Der Benefit einer frühen Bandrekonstruktion und Stabilisierung des Kniegelenks muss gegen das Arthrofibrosierisiko und das Infektrisiko einer frühen ausgedehnten Operation in der Schwellungssituation ausbalanciert werden [6]. Neben der direkten Refixation oder Naht knöchern ausgerissener Strukturen [5] bestehen Empfehlungen zur Behandlung der Instabilitäten in der Rekonstruktion des Außenbandes und der posterolateralen Ecke, der Rekonstruktion der Kreuzbänder, des Innenbandes und der posteromedialen Ecke [5, 6, 9, 14, 15].

Ausgedehnte Weichteilschädigungen mit Kompartmentsyndrom, offene oder nicht reponible Luxationen oder Verletzungen der neurovaskulären Strukturen sind Indikationen für eine notfallmäßige Operation [6]. Die Verletzung vaskulärer Strukturen wird als Notfall gefäßchirurgisch angegangen. Eine offene Kniegelenkluxation bedarf der aggressiven Spülung und des Débridements, der Einlage von Antibiotikaträgern und evt. einer Vakuumversiegelung bis hin zur plastischen Deckung. In dieser Notfallsituation wird die Rekonstruktion ligamentärer Strukturen durch allo- oder autoplastischen Ersatz nicht durchgeführt. Sie erfolgt nach Konsolidierung der Weichteile [6]. Eine

| Tab. 1 Patientendaten | Patient 1 | Patient 2 | Patient 3 | Patient 4 |
|--|----------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|
| Indikation zum Fixateur | Offene Luxation | Offene Luxation | A.-poplitea-Verschluss | A.-poplitea-Verschluss |
| Zusatzverletzungen | N.-peroneaum-Schaden | Mehrfach-verletzter | Ober und Unterschenkelthrombose | Mehrfach-verletzter |
| Alter (Jahre) | 24 | 34 | 55 | 31 |
| Fixateurtragezeit (Monate) | 6 | 8 | 6 | 6 |
| Follow-up (Jahre) | 1 | 9 | 4 | 3 |
| Beweglichkeit bei Nachuntersuchung (°) | 0-0-110 | 0-0-120 | 0-0-130 | 0-0-110 |
| Stabilität bei Nachuntersuchung | VKB-Plastik steht noch aus | Stabil | Stabil | Stabil |

primäre Rekonstruktion ist nur bei knöchernen ausgerissenen Bandstrukturen oder durch die offene Luxation freiliegenden Bandstrukturen sinnvoll [5].

Die verbleibende Restinstabilität des verletzten Kniegelenks bedarf weiterer Therapie. In dieser Situation sowie bei neurovaskulärer Schädigung wird ein starrer gelenkübergreifender Fixateur empfohlen [14, 15]. Ein Etappendébridement mit einer zweizeitigen Bandnaht in Kombination mit einem starren gelenkübergreifenden Fixateur externe ergab mäßige Ergebnisse [4, 13, 18]. Therapiekonzepte umfassen die ventrale starre externe Fixation gefolgt von interner Fixation, sequenziellem Débridement und Weiteildeckung [4, 11, 13, 16, 17, 18].

➤ **Offene Luxationen und/oder Gefäßverletzungen sind Indikationen für einen Fixateur externe**

Experimentelle Daten im Tiermodell zeigen negative Effekte einer prolongierten Gelenkruhigstellung auf die Knorpelfunktion und auf eine Meniskus- und Bandheilung [3, 8, 12]. Im Hundemodell konnten Behrens et al. [3] zeigen, dass eine limitierte Bewegung zu einer geringeren Hemmung der Proteoglykansynthese und zu weniger Proteoglykanverlust am Kniegelenkknorpel führt als eine komplette Ruhigstellung. Deshalb empfehlen die Autoren eine möglichst kurzfristige Ruhigstellung und den Einsatz eines Fixateurs mit Bewegungseinheit, um eine Gelenkbewegung zu erlauben [3]. Gosh et al. [8] sahen positive Effekte

auf die Matrixformation im regenerativen Gewebe nach Meniskusregeneration bei Hunden im Vergleich zu Knorpeldegeneration im Falle einer starren Fixierung des Gelenks. Klein et al. [12] zeigten im Hundemodell, dass eine passive Gelenkbewegung einer Band- und Meniskusatropie entgegenwirkt. Die knöchernen Strukturen atrophieren jedoch trotz passiver Bewegung unter Entlastung [16]. Salter et al. [21] übertrugen ihre experimentelle Erfahrung der passiven kontinuierlichen Gelenkbewegung auf dem Menschen.

Um negative Effekte der prolongierten Ruhigstellung des reponierten Gelenks zu verhindern, wurde ein transartikulärer Bewegungsfixateur externe zunächst für das Ellenbogengelenk entwickelt, um eine frühe Gelenkbewegung nach Frakturversorgung zu ermöglichen. Der Aufbau des Fixateurs erlaubt die aktive und passive Bewegung des verletzten Gelenks unter geringer die gelenkflächenentlastender Distraction. Eine kurzfristige Ruhigstellung von 4–14 Tagen ist allein weichteilbedingt sinnvoll [7, 20]. Bisher war eine dynamische Distraction des Kniegelenks auf Sonderfälle wie die Gelenksteife und Beugekontrakturen beschränkt [2, 10, 24] und die äußere Fixierung eines Gelenks in der Unfallsituation beschränkte sich auf eine starre Fixierung.

Im Gegensatz zum Ellenbogengelenk ist das Kniegelenk kein sphärisches Gelenk, in dem sich das Drehzentrum während der Beugung und Streckung verschiebt. Es liegt in der Kreuzung beider Kreuzbänder und bleibt nur bei einer limitierten Bewegungsamplitude des Knies annähernd konstant, sodass

Unfallchirurg 2011 · 114:136–140
DOI 10.1007/s00113-010-1932-3
© Springer-Verlag 2011

T.C. Koslowsky · R. Schadt · K. Mader · D. Pennig

Der Bewegungsfixateur bei komplexer Kniegelenkluxation mit Begleitverletzung

Zusammenfassung

Geschlossene oder offene Kniegelenkluxationen mit Gefäß- oder Nervenverletzungen erfordern die sofortige Versorgung und können eine Indikation zur Anlage eines äußeren Kraftträgers darstellen. Eine definitive Rekonstruktion der regelhaft komplex zerstörten Kapsel- und Bandsituation ist in der Notfallsituation oft unmöglich. Die mediale Anlage eines transartikulären Bewegungsfixateurs am Kniegelenk kombiniert die Behandlung einer verbliebenen Restinstabilität mit dem Vorteil einer frühzeitigen Gelenkbewegung. Die Nachteile einer längerfristigen Gelenkruhigstellung bis zur definitiven Stabilisierung werden reduziert.

Schlüsselwörter

Kniegelenkluxation · Gefäßverletzungen · Nervenverletzungen · Offene Verletzung · Fixateur externe

External fixation with motion capacity in complex dislocation of the knee joint and associated injuries

Abstract

Closed and open dislocations of the knee joint with vascular and nerve injuries are treated immediately and may present an indication for external fixation. In acute trauma definitive treatment and reconstruction of the complex capsule and ligamentous injuries are often impossible. The application of a medial transarticular external fixator with motion capacity combines the treatment of remaining joint instability with the benefit of early joint movement. Disadvantages of prolonged joint immobilisation until definitive stabilisation of the knee are reduced.

Keywords

Dislocation of the knee joint · Vascular injuries · Nerve injuries · Open injuries · External fixation

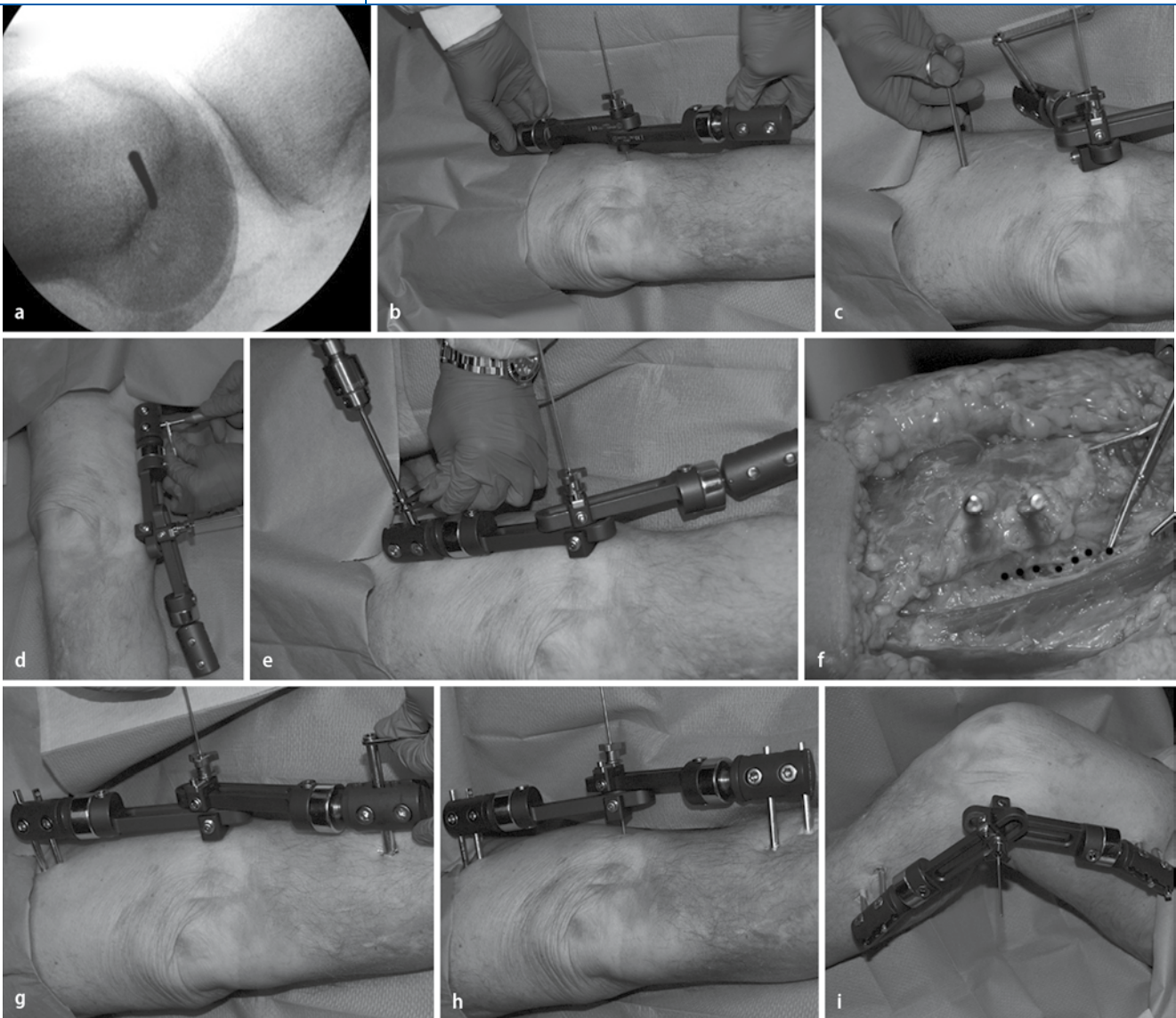


Abb. 1 ▲ a–i Montageschritte des Kniegelenkfixateurs am Leichenmodell (s. Text): Die A. und V. femoralis (f) sind gepunktet dargestellt (Mit freundl. Genehmigung von Wolters Kluwer Health)

in diesen Grenzen eine passive und aktive Bewegung des Gelenks unter leichtem Zug möglich ist. Der Transfer des Ellenbogenfixateurs mit einem starren, nicht wechselnden Drehzentrum auf das komplexe Drehverhalten eines Roll-Gleit-Gelenks wie das Knie ist keine ideale Lösung, erlaubt jedoch eine limitierte aber stabile Bewegung in der Verletzungssituation.

Neben der offenen Kniegelenkluxation wird die Anwendung eines dynamischen Fixateur externe in der Kombination aus Luxations- und Fraktursituation beschrieben: Bei der Tibiakopffraktur wird die Inzidenz ligamentärer Verletzungen zwischen 33% und 90% angegeben

[6]. Von 103 Tibiakopffrakturen identifizierten Stannard et al. [23] 26% Luxationsfrakturen. Nach initialer Weichteilkonsolidierung und anschließender Osteosynthese empfehlen Fanelli et al. [6] in der 3. Behandlungsphase der Luxationsfraktur neben der Bandrekonstruktion die Anlage eines Bewegungsfixateurs zur geführten Sicherung der rekonstruierten Bandstrukturen [6].

Operationstechnik

Die Anlage des dynamischen Gelenkfixateurs am Kniegelenk beginnt mit der Identifikation des idealisierten Drehzentrums. Es befindet sich anatomisch in

der transepikondylären Achse nahe dem Ansatz des hinteren Kreuzbandes (HKB, [25]). Zusammen mit dieser klinisch schwierig zu identifizierenden Achse bietet die Kreuzung der Femurlängsachse mit der Blumensaat-Linie im lateralen Strahlengang radiologisch eine Hilfestellung ([22], ■ **Abb. 1a**). In diesen idealisierten Drehpunkt wird unter Röntgenkontrolle von exakt seitlich ein 2-mm-Kirschner-Draht eingebracht. Dieser bedient das Drehzentrum des von medial angebrachten Fixateur externe. In Analogie zur Applikation eines dynamischen Fixateur externe am Ellenbogengelenk hält der Kirschner-Draht im Drehzentrum von Kraftträger und Kniegelenks

die korrekte Position (■ **Abb. 1b**), so dass die femoralen Pins mit einer Länge von 140 mm im Regelfall und einem Gewinde von 40 (140/40) mm und die tibialen Pins (130/40 mm) über Stichinzisionen und vorsichtigem Spreizen mit der Schere eingebracht werden (■ **Abb. 1c, d, e**).

Unter vorsichtiger Präparation werden die femoralen Weichteile leicht nach dorsal weggeschoben, der Knochen mit einem Stößel getastet und die A. und V. femoralis sicher geschont (■ **Abb. 1f**). Im Anschluss an die femoralen Pins erfolgt das Einbringen der tibialen Pins (■ **Abb. 1g**). Die Feineinstellung von Achse und Rotation des instabilen Gelenks erfolgt über sphärische Zusatzgelenke zwischen Fixateurkörper und Backen. Die korrekte Position des Drehzentrums zeigt sich im stabilen Leichenknie darin, das sich der Kirschner-Draht sich bei Beugung und Streckung in den Grenzen von 0-0-80° nicht verbiegt (■ **Abb. 1h, i**). Die radiologische Kontrolle des Gelenkspalts unter Durchleuchtung nach der Entfernung des Kirschner-Drahts bestätigt dies. Ein laterales Anbringen mit einer femoralen Pinplatzierung durch den Tractus ileotibialis behindert eine Gelenkbewegung und wird nicht empfohlen. Im Anschluss daran wird der Fixateur in 10°-Beugung fixiert und das Gelenk wird in Analogie zur Distraktionsarthrolyse des steifen Ellenbogens mit einer speziellen kleinen Vorrichtung auf leichten Zug gebracht, um den Gelenkknorpel zu entlasten. Die kurzfristige Ruhigstellung von 4-14 Tagen richtet sich nach der Weichteilsituation des luxierten Knies, bis die Bewegung des Gelenks beginnend mit 0-0-50° und später auf maximal 0-0-80° Beugung freigegeben wird. Die Entfernung des Fixateur externe wird wie am Ellenbogengelenk nach etwa 6 Wochen ambulant durchgeführt. Etwaige zusätzlich nötige ligamentäre Rekonstruktionen können im reizfreien Zustand durchgeführt werden.

Patienten

Bei 4 Patienten lag eine Luxation des Kniegelenks vor, welche mit einem dynamischen äußeren Kraftträger von me-



Abb. 2 ▲ a-f Knie einer 34-jährigen Patientin von der Einlieferung bis zum Behandlungsabschluss. Die rekonstruierten Knieinnenstrukturen und die Weichteilsituation wurden durch einen dynamischen Fixateur externe geschützt. (Mit freundl. Genehmigung von Wolters Kluwer Health)

dial versorgt wurde. Bei 2 Patienten ergab sich ein Verschluss der A. femoralis mit gefäßchirurgischer Intervention, bei 2 weiteren die offene Luxation die Indikation zur Anlage des Fixateur externe. ■ **Tab. 1** zeigt eine Patientenübersicht von 4 behandelten Patienten. ■ **Abb. 2** zeigt das Knie einer 34-jährigen mehrfach verletzten Fahrradfahrerin, die von einem Laster überfahren wurde mit einer drittgradig offenen Kniegelenkluxation im klinischen (■ **Abb. 2a**) und radiologischen (■ **Abb. 2b**) Bild. Es bestand ein ausgedehntes Décollement über 30 cm am rechten Bein, beginnend am proximalen Drittel des Oberschenkels bis zur Tuberositas tibiae, in einer lateralen Ausdehnung bis zum Tractus ileotibialis.

Bei der Inspektion und intraoperativen Untersuchung des rechten Kniegelenks zeigte sich eine vollständige Insta-

bilität mit einer zerrissenen dorsomedialen Kapsel, einem dislozierten Innenmeniskus und einem distal abgerissenen Innenband. Das vordere Kreuzband (VKB) war aus der femoralen Notch ausgerissen, die ventralen Anteile des HKB waren zerrissen, das Außenband war zerquetscht und subtotal zerrissen. 90% der Patellarsehne war abgerissen. Nur die posterolateralen Strukturen des Kniegelenks waren intakt. Die Refixation des VKB erfolgte mit nicht resorbierbaren transossären Nähten durch das Femur. Die Patellarsehne wurde ebenfalls mit nicht resorbierbaren Nähten rekonstruiert und mit einer Mclaughlin-Schlinge gesichert, gefolgt von der Naht des Innenmeniskus und der Befestigung der dorsomedialen Gelenkkapselstrukturen mit 3 Feingewindeschrauben (1,6 mm, FFS Orthofix™, Bussolengo, Italien) mit Unterlegscheiben am tibialen Ansatz. Das Innen-

band wurde mit einer 2,2-mm-Feingewindeschraube (FFS) mit einer Krallenunterlegscheibe am tibialen Ansatz reinsertiert (■ **Abb. 2c**). Die Rekonstruktion der zerstörten Knieinnenstrukturen wurde durch einen Fixateur externe, der in oben beschriebener Weise angebracht wurde, geschützt (■ **Abb. 2d**). Sechs Monate nach dem Unfall kehrte die Patientin mit einer Beweglichkeit von 0-0-120° und einem stabilen Kniegelenk in ihren Beruf als Polizistin zurück (■ **Abb. 2e, f**).

Fazit für die Praxis

Die Kniegelenkluxation mit Gefäßläsionen oder Weichteildefekten im Sinne einer offenen Verletzung sowie Luxationsfrakturen sind komplexe, die Extremität gefährdende Verletzungen. Neben dem Weichteilmanagement und der Versorgung der Gefäßverletzung steht die Stabilisierung des Gelenks und dessen knöcherne Rekonstruktion im Vordergrund. Die Versorgung der Gefäßverletzung kann durch die vorherige Stabilisierung des Gelenks mit einem Bewegungsfixateur erleichtert werden. Aufwändige Kapsel-Band-Rekonstruktionen werden in der Notfallsituation auf ein Minimum begrenzt. In dieser Situation erlaubt die Anlage eines Bewegungsfixateurs eine im Vergleich zum starren Fixateur dynamische Gelenkstabilisierung und erleichtert die Reposition. Nach der Konsolidierung der Weichteilsituation kann die definitive Bandrekonstruktion ggf. unter dem Schutz des Bewegungsfixateurs durchgeführt werden.

Korrespondenzadresse

PD Dr. T.C. Koslowsky



Chirurgische Klinik St Elisabeth
KH Köln-Hohenlind,
Akademisches
Lehrkrankenhaus der
Universität zu Köln
Werthmannstraße 1,
50935 Köln
tkoslowsky@web.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Ashkan K, Shelly RW, Barlow IW (1998) An unusual case of irreducible knee dislocation. *Injury* 29:384–384
2. Barquet A, Suero C, Cortes O et al (1993) Slow gradual external fixation distraction for treatment of postburn knee flexion contracture. *Plast Reconstr Surg* 91:946–949
3. Behrens F, Kraft EL, Oegema TR Jr (1989) Biochemical changes in articular cartilage after joint immobilization by casting or external fixation. *J Orthop Res* 7:335–343
4. Bühren V, Potulski M, Braun C, Trentz O (1998) A treatment concept using external transfixation in unstable defect trauma of the knee joint. *Aktuel Traumatol* 19:238–245
5. Chhabra A, Cha PS, Rihn JA et al (2005) Surgical management of knee dislocations. *Surgical technique*. *J Bone Joint Surg Am* 87(Suppl 1):1–21w
6. Fanelli GC, Stannard JP, Stuart MJ et al (2010) Management of complex knee ligament injuries. *J Bone Joint Surg Am* 92(12):2235–2246
7. Gausepohl T, Pennig D, Mader K (1997) Der transartikuläre Bewegungsfixateur bei Luxationen und Luxationsfrakturen des Ellenbogengelenkes. *Osteosynthese Int* 5:102–110
8. Ghosh P, Taylor TK, Pettit GD et al (1983) Effect of postoperative immobilisation on the regrowth of the knee joint semilunar cartilage: an experimental study. *J Orthop Res* 1:153–116
9. Harner CD, Waltrip RL, Bennett CH et al (2004) Surgical management of knee dislocations. *J Bone Joint Surg Am* 86 (2):262–273
10. Judet R, Judet T (1978) The use of a hinge distraction apparatus after arthrolysis and arthroplasty [in French]. *Rev Chir Orthop Reparat Apparat Mot* 64:353–365
11. Klasen HJ, Zimmerman KW, Duis HJ (1986) Indications for the application of Wagner's method of external fixation across the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 105:364–368
12. Klein L, Heiple KG, Torzilli PA et al (1989) Prevention of ligament and meniscus atrophy by active motion in a non-weightbearing model. *J Orthop Trauma* 7:80–85
13. Krettek C, Schandelmaier P, Lobenhoffer P, Tscherne H (1996) Complex trauma of the knee joint: diagnosis, management, therapeutic principles. *Unfallchirurg* 99:616–627
14. Levy BA, Dajani KA, Whelan DB et al (2009) Decision making in the multiligament-injured knee: an evidence-based systematic review. *Arthroscopy* 25(4):430–438
15. Levy BA, Krych AJ, Shah JP et al (2010) Staged protocol for initial management of the dislocated knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(12):1630–1637
16. Lobenhoffer P, Krettek C, Tscherne H (1997) Complex knee joint trauma. *Orthopade* 26:1037–1045
17. Marti RK, Werken C van der (1982) Alternative indications for external fixation according to Wagner. *Neth J Surg* 34:109–116
18. Muller KH, Muller-Farber J (1982) External fixation: rare indications, combination of internal and external osteosynthesis technics, secondary operations. *Langenbecks Arch Chir* 358:133–140
19. Niall DM, Nutton RW, Keating JF (2005) Palsy of the common peroneal nerve after traumatic dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 87(5):664–667
20. Pennig D, Gausepohl T, Mader K (2000) Transarticular fixator with motion capacity in fracture dislocations of the elbow. *Injury (Suppl 1):35–44*
21. Salter RB, Hamilton HW, Wedge JH et al (1984) Clinical application of basic research on continuous passive motion for disorders and injuries of synovial joints: a preliminary report of a feasibility study. *J Orthop Res* 1:325–342
22. Siston RA, Patel JJ, Goodman SB et al (2005) The variability of femoral rotational alignment in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 87(10):2276–2280
23. Stannard JP, Brown SL, Farris RC et al (2005) The posterolateral corner of the knee: repair versus reconstruction. *Am J Sports Med* 33(6):881–888
24. Volkov MV, Oganesian OV (1975) Restoration of function in the knee and elbow with a hinge-distraction apparatus. *J Bone Joint Surg Am* 57:591–560
25. Zaffagnini S, Iacono F, Lo Presti M et al (2008) A new hinged dynamic distractor, for immediate mobilization after knee dislocations: Technical note. *Arch Orthop Trauma Surg* 128(11):1233–1237