

Steffen Schröter<sup>1</sup>, Ulrich Stöckle<sup>1</sup>, Atesch Ateschrang<sup>1</sup>

# Operative Methoden zur Entlastung des Kniegelenks

## *Surgical methods to unload the knee*

**Zusammenfassung:** Die Prävalenz der Gonarthrose nimmt durch das steigende Lebensalter zu. Knieendoprothesen insbesondere bei jungen Patienten führen aufgrund der hohen Rate an Revisionsendoprothesen zunehmend zu Problemen. Das Interesse an operativen Methoden zur Kniegelenkentlastung steigt seit einigen Jahren stetig. Es werden neben den etablierten Techniken der Osteotomie auch alternative operative Verfahren zur Entlastung des Kniegelenks vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Osteotomie, Kniegelenkarthrose, Fehlstellung, Operationsmethode, operative Entlastung

### Zitierweise

Schröter S, Stöckle U, Ateschrang A: Operative Methoden zur Entlastung des Kniegelenks. OUP 2016; 10: 568–575 DOI 10.3238/oup.2016.0568–0575

**Summary:** Knee osteoarthritis prevalence is expected to increase largely due to an aging population. Arthroplasty, especially in young patients, because of a high rate of revision arthroplasty are a relevant problem. Popularity of surgical techniques to unload the knee increases for several years. Well established techniques in osteotomy as well as alternative techniques to unload the knee are presented.

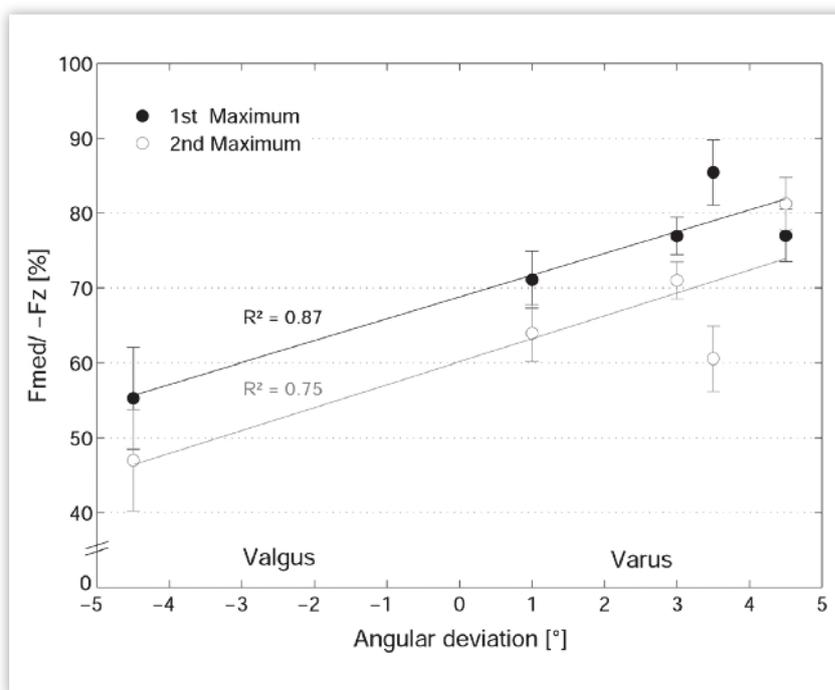
**Keywords:** osteotomy, osteoarthritis of the knee, malalignment, surgical methods, unloading

### Citation

Schröter S, Stöckle U, Ateschrang A: Surgical methods to unload the knee. OUP 2016; 10: 568–575 DOI 10.3238/oup.2016.0568–0575

## Einleitung

Die Gonarthrose gewinnt eine zunehmende sozioökonomische Bedeutung. Von der WHO wurde der Zeitraum von 2000–2010 als „bone and joint decade“ bezeichnet. Bereits 2003 wurde die Arthrose als eine der 4 wesentlichen Erkrankungen des muskuloskelettalen Systems identifiziert. 9,6 % der männlichen und 18 % der weiblichen Bevölkerung über 60 Jahre leiden weltweit an Gonarthrose oder Koxarthrose. Bis 2020 wird durch die steigende Lebenserwartung eine Zunahme erwartet. Weltweit steigt seit 160 Jahren die Lebenserwartung pro Dekade um 2,3 Jahre [1]. Die Arthrose dürfte dann auf Position 4 in der Rangliste der Gründe für eine Behinderung vorrücken [2]. In radiologischen Studien mit Bezug auf die USA und Europa konnte in einer Bevölkerung über 45 Jahren eine Rate der Gonarthrose von 14,1 % bei Män-



**Abbildung 1** Korrelation zwischen Beinachse und Belastungsverteilung medial [8]

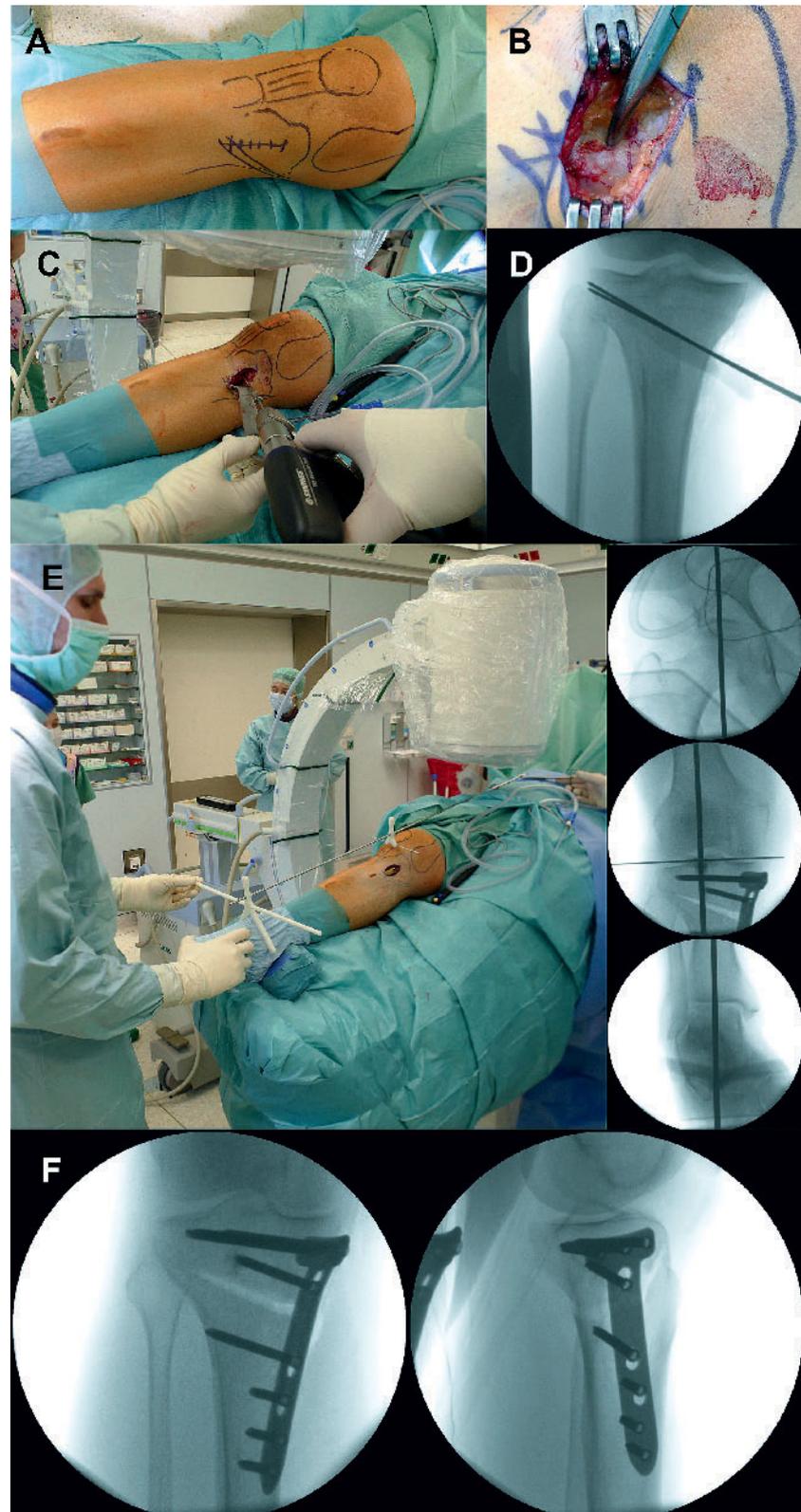
<sup>1</sup> BG Unfallklinik Tübingen, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Eberhard Karls Universität Tübingen

nen und 22,8 % bei Frauen ermittelt werden [3].

Die kongenitalen Valgus- und Varus-Fehlstellungen erhöhten das Risiko der Gonarthrose [4, 5] und werden durch sportliche Aktivität (high-impact Sport) im jugendlichen Alter begünstigt [6]. Darüber hinaus stellt eine bestehende Valgus- oder Varus-Fehlstellung ein erhebliches Risiko zum Fortschreiten der Gonarthrose dar [7]. Die Odds Ratio wird für die Valgus-Fehlstellung mit 4,89 und für die Varus-Fehlstellung mit 4,09 angegeben. In-vivo-Untersuchungen bei implantierter Knie totalendoprothese mit integrierter Druckmessung zeigten, dass 1° Varus-Abweichung in einer Mehrbelastung im medialen Kompartiment um 5 % resultiert [8] (Abb. 1).

Mit der Diagnose „unikompartimentelle Gonarthrose“ bei 30 bis 60-jährigen Patienten erfolgte in Deutschland im Jahr 2008, nach einer bundesweiten Erhebung in den orthopädischen und unfallchirurgischen Kliniken, in 38.376 Fällen eine Kniegelenk-arthroskopie. Die KTP wurde in 28.824 Fällen und die Schlittenprothese in 4040 Fällen implantiert. Im Verhältnis dazu erscheint die Anzahl der erfolgten Eingriffe zum Gelenkerhalt mit der kniegelenknahen Osteotomie in 4649 Fällen als eher gering [9]. Es zeigte sich aber auch, dass die Anzahl der im Durchschnitt erfolgten Osteotomien pro Klinik von 17,1 im Jahr 2002 [10] auf 23,5 im Jahr 2008 in Deutschland anstieg. Die unkritische Indikationsstellung, nahezu unabhängig vom Alter des Patienten, und eine attraktive Vergütung für Operateur und Klinik in den meisten Gesundheitssystemen haben zu einer Zunahme der implantierten KTPs geführt, aber auch zu einer Zunahme der resultierenden Revisionsendoprothetik. Das klinische und ökonomische Problem wurde bisher unterschätzt. In den USA wurden im Jahr 2010 bereits 55.000 Revisionsoperationen nach KTP durchgeführt. Davon erfolgten 48 % bei Patienten unter 50 Jahren [11]. Durch die höhere Lebenserwartung wird erwartet, dass die Anzahl bis zum Jahr 2030 auf das 5-fache ansteigen wird.

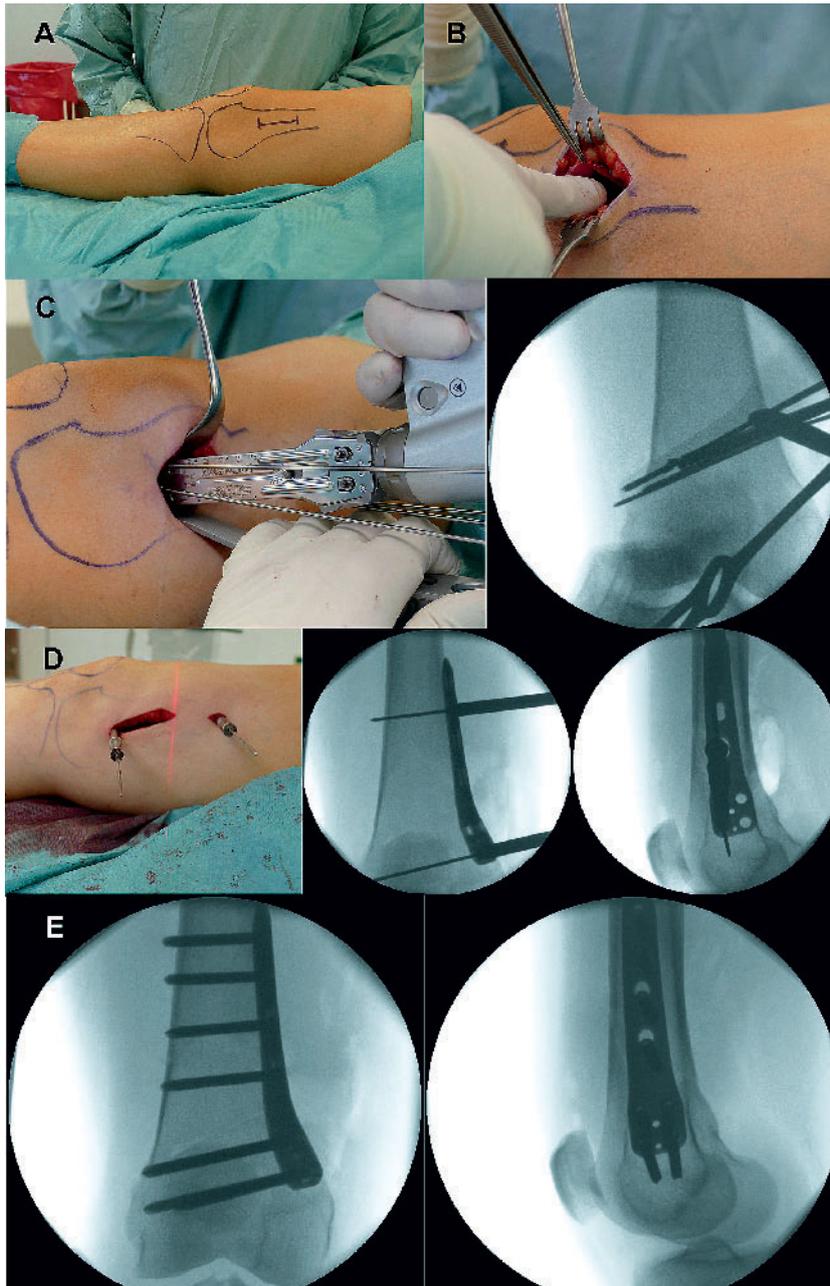
Die große Bedeutung des Themas „Kniegelenkentlastung“ spiegelt eine aktuelle Arbeit aus den USA wider. Es wurde die Kosteneffektivität für junge Patienten zwischen 50 und 60 Jahren für die „high tibial osteotomy (HTO)“, die Schlitten-



**Abbildung 2** Operationstechnik Open-wedge-HTO. A: Landmarken; B: Zugang zwischen oberflächlichem Zügel mediales Kollateralband und Pes anserinus; C: Setzen der K-Drähte; D: BV-Kontrolle der K-Drähte kombiniert mit röntgendurchlässigem Retraktor; E: Kontrolle Beinachse; F: BV-Abschluss-Kontrolle

prothese und die Knie-TEP in den USA untersucht. Es wurden unterschiedliche

Parameter zur Analyse herangezogen. Unter anderem wurden die „quality-ad-



**Abbildung 3** Operationstechnik Closed-wedge-DFO. A: Landmarken; B: Subvastus-Zugang, Anheben der Muskelfaszie des M. vastus medialis und stumpfes Präparieren; C: transversale Osteotomie mit der Precision-saw (Stryker) über minimalinvasiven Subvastus-Zugang; D: Positionieren der Platte und BV-Kontrolle; E: BV-Abschluss-Kontrolle

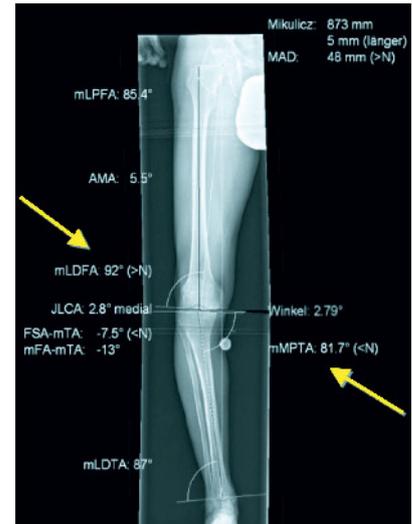
justed life-years“ (QALYs) und „willingness to pay“ (WTP) mit einbezogen. Es zeigte sich, dass die HTO eine sehr kosteneffektive Methode zur Behandlung der medialen Varusgonarthrose darstellt und nach Meinung der Autoren zur Behandlung mehr genutzt werden sollte [12].

Neben den Osteotomien stehen auch andere operative Verfahren mit dem Prinzip der Druckentlastung zum Gelenkhalte im Fokus aktueller Forschungsbemü-

hungen. Im Folgenden werden neben den eigenen Techniken der kniegelenknahen Osteotomien die Druckentlastung mittels Kniegelenkdistraktion und Federsysteme dargestellt.

### Osteotomien

Die durch Jackson und Waugh [13] berichtete Ball-and-socket-Osteotomie



**Abbildung 4** Ganzbein-Standaufnahme mit präoperativer Deformitätenanalyse. mLDFA: mechanischer lateraler distaler Femur Winkel; mMPTA: mechanischer medialer proximaler Tibia Winkel; JLCA: Joint Line Convergence Angle oder Gelenköffnungswinkel; mFA-mTA: mechanischer tibiofemorales Winkel. Gelbe Pfeile markieren die betroffenen Winkel der Deformität.

find durch die Modifikation zur Closed-wedge-HTO durch Coventry 1965 [14] eine zunehmende Verbreitung. Bei der mittlerweile als Coventry-Methode bekannten Technik wurde über gute und ermutigende Ergebnisse berichtet [13–19]. Dem lateralen Zugang mit Keilentnahme aus der proximalen Tibia und Fibulaosteotomie sowie die Darstellung des N. peroneus communis lastete jedoch das Problem einer anspruchsvollen Operationstechnik und der möglichen Nervenverletzung mit resultierender Sensibilitätsstörung, Fußheberschwäche, langen Rehabilitationszeit, Pseudarthrosenbildung und Fraktur des Tibiaplateaus an [20]. Die Einleitung zur grundlegenden Veränderung der Operationstechnik fand im Jahr 1987 mit der Arbeit von Hernigou et al. [21] statt, einer französischen Arbeitsgruppe aus Paris. In den folgenden Jahren wurde bei Verwendung der Open-wedge-HTO vor allem über die von Giancarlo Puddu entwickelte kurze Spacer-Platte berichtet [22]. Über die Verwendung eines Plattenfixateurs nach den AO-Prinzipien zur Stabilisierung einer Open-wedge-HTO wurde zwar bereits im Jahr 2000 durch Carlo De Simoni und Alex Staubli [23]

im Rahmen der Rubrik „Mitteilungen“ in der Schweizer Wochenzeitschrift berichtet, diese fand jedoch noch keine Beachtung. Eine grundlegende Veränderung der Open-wedge-HTO und Einleitung der „Renaissance“ der Osteotomien zur Behandlung der medialen Gonarthrose fand durch die Publikationen von Lobenhoffer und Agneskirchner [24] wie auch von Staubli et al. [25] statt. Es wurde die biplanare Operationstechnik der valgisierenden öffnenden Osteotomie (Open-wedge-HTO) eingeführt.

### Indikation zur Osteotomie

Die Indikation zur kniegelenknahen Osteotomie ergibt sich aus der Deformitätenanalyse anhand von Ganzbein-Standaufnahmen in Kombination mit dem Gelenkverschleiß, der klinischen Symptomatik, Allgemeinzustand, Aktivitätsgrad sowie Vorerkrankungen. Bei einem Genu varum und knöcherner Deformität in der proximalen Tibia kann beispielsweise durch die Open-wedge-HTO eine Harmonisierung der Gelenkwinkel und damit der Beinachse erreicht werden. Im Rahmen der präoperativen Planung, die mit hoher Präzision mittels digitaler Planungssoftware durchgeführt werden kann [26], wird die erforderliche Öffnungshöhe der Osteotomie bzw. Keilbasishöhe berechnet.

### Biplanare Open-wedge-HTO mit Plattenfixateur

Zur Operation wird der Patient auf dem Rücken gelagert und das gesamte Bein bzw. bis zum proximalen Oberschenkel steril abgedeckt. Ob eine Blutsperrung verwendet wird, hängt von der Präferenz des Operateurs ab. Es wird ein ca. 5 cm langer, längs verlaufender Hautschnitt an der medialen proximalen Tibia über dem Pes anserinus angelegt (Abb. 2A). Die Faszie wird anterior des medialen Kollateralsbands und proximal des Pes anserinus inzidiert (Abb. 2B) und mit dem Raspatorium die dorsale Tibia präpariert. Der oberflächliche Zügel des Innenbands wird entweder mit dem Raspatorium oder mit dem Skalpell nach distal abgelöst. Anschließend wird vorzugsweise ein röntgengedurchlässiger Retraktor im Verlauf der geplanten Osteotomie mit Knochenkontakt an die dorsale Tibia platziert. Anschließend werden 2 K-Drähte mit Zielrichtung auf die Fibulaspitze positioniert

(Abb. 2C und 2D). Diese sollten parallel zum Tibial-slope eingebracht sein. Unter Röntgenkontrolle kann jetzt die transversale Säge-Osteotomie bis ca. 5–10 mm vor die Gegenkortikalis erfolgen. Die ascendierende Osteotomie wird im Winkel von 110° zur transversalen angelegt. Zur sicheren Orientierung kann ein Hohmann-Hebel vor das Ligamentum patellae platziert werden.

Nachdem die Osteotomie komplettiert wurde, können 4 Osteotomiemeißel fächerförmig eingeschlagen werden. Durch die entstandene Öffnung wird zunächst anterior ein Arthrodesenspreizer eingebracht, die Meißel werden entfernt und dann ein weiterer Spreizer dorsal eingebracht. Der anteriore Arthrodesenspreizer kann nun entfernt werden und das Bein wird in komplette Streckung überführt. Mit dem Arthrodesenspreizer wird nun die Osteotomie gemäß der Planung geöffnet. Es muss bei der Öffnungshöhe allerdings der Sägeverschnitt beachtet werden. Die meisten Sägeblätter haben eine Dicke von 0,9–1,27 mm. Daher muss zur Planung 1 mm dazu addiert werden. Die Öffnung wird im trapezförmigen Spalt dorsal gemessen. Zur Kontrolle der Beinachse kann ein Ausrichtstab aufgebracht werden und die Achse mit der Planung verglichen werden.

Bei zufriedenstellender Korrektur wird der Plattenfixateur (TomoFix MHT, DePuySynthes, Umkirch) mit einem K-Draht proximal positioniert. Anschließend werden die Schraubenlöcher proximal mit winkelstabilen Schrauben besetzt. Im ersten Plattenloch am distalen „Fragment“ der Osteotomie wird eine bikortikale Zugschraube eingebracht, um die Platte unter Vorspannung zu setzen. Hier ist es wichtig, dass das Eindrehen mit Vorsicht erfolgt. Die Knochenqualität variiert im interindividuellen Vergleich erheblich, sodass durch zu starkes Anziehen eine Fraktur der Gegenkortikalis provoziert werden kann – eine sogenannte Hinge-Fraktur. Danach können die weiter distal gelegenen Plattenlöcher mit monokortikalen winkelstabilen Schrauben besetzt werden. Dann wird der Abstandshalter proximal entfernt und ebenfalls durch eine winkelstabile Schraube besetzt. Abschließend wird die bikortikale Zugschraube durch eine winkelstabile Schraube ersetzt. Zur finalen Kontrolle der Beinachse und Dokumentation sollte nochmals der Ausrichtstab verwendet werden (Abb. 2) sowie eine



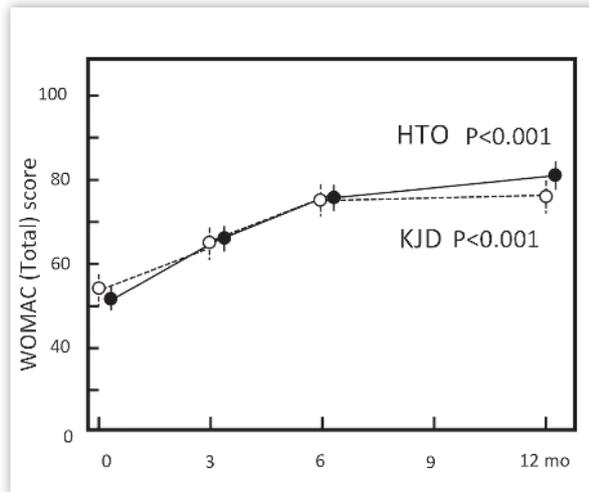
**Abbildung 5** Ganzbein-Standaufnahmen nach Versorgung mittels valgisierender Doppelosteotomie (Closed-wedge-DFO und Open-wedge-HTO) beidseits

Abschlusskontrolle der Plattenlage und Osteotomie (Abb. 2F) erfolgen.

Mittlerweile sind von unterschiedlichen Herstellern weitere Plattenfixateure auf dem Markt verfügbar. Umfangreiche Studien fehlen noch. Obwohl eigene Erfahrungen mit den meisten anderen Systemen fehlen, verfolgen diese die selben Prinzipien und werden sicherlich zu ähnlichen Ergebnissen wie das Traditionsimplantat „TomoFix“ führen.

### Biplanare Closed-wedge-DFO mit Plattenfixateur

Es wird keine Blutsperrung angelegt. In der von uns angewendeten minimalinvasiven Technik wird medial am distalen Oberschenkel proximal des Epicondylus ein 5 cm messender Hautschnitt angelegt (Abb. 3A). Die Muskelfaszie wird inzidiert und nach proximal und distal gespalten.



**Abbildung 6** Vergleichende Darstellung des WOMAC-Score im prospektiven Verlauf nach Open-wedge-HTO und Kniegelenkdistraktion [49]



**Abbildung 7** Röntgenkontrolle mit eingebrachtem ATLAS (Moximed)

Anschließend kann stumpf zum Femur unter dem M. vastus medialis präpariert werden (Abb. 3B). Nachdem der distale Femur mit Epicondylus dargestellt ist, wird das Septum intermuskuläre dorsal am Femur inzidiert und nach distal und proximal abpräpariert. Es entsteht ein Fenster von ca. 3 cm. Mit dem Finger kann bereits der distale Femur umfahren werden. Ein röntgendurchlässiger Retraktor wird im Verlauf der Osteotomie platziert und 4 K-Drähte mit Zielrichtung auf den gewünschten Drehpunkt sowie Abstand der geplanten Keilhöhe positioniert. Der Drehpunkt sollte knapp proximal der dorsalen Kondylen an der lateralen Kortikalis gewählt werden. Jetzt kann unter sicherem Schutz die transversale Osteotomie der posterioren zwei Drittel des Femurs erfolgen (Abb. 3C). Die Osteotomie sollte bis ca. 5 mm vor die Gegenkortikalis durchgeführt werden.

Anschließend erfolgt die ascendierende Osteotomie als komplette Osteotomie mit einem schrägen Verlauf über ca. 5 cm. Der Keil kann nun entfernt werden. Die Osteotomie sollte sich mit leichtem Druck schließen lassen. Ist dies noch nicht der Fall, muss zunächst die ascendierende Osteotomie kontrolliert werden, ob sie komplett ist (beispielsweise mit einem AO Metalllineal) oder ggf. die Gegenkortikalis noch mit der Säge geschwächt werden. Die Autoren empfehlen für die Osteotomie über den minimalinvasiven Zugang die Verwendung einer Präzisionssäge, bei der die Bewegung nur an der Spitz des Sägeblattes erfolgt (Precision Saw, Stryker, Duisburg) (Abb. 3C). Um eine gute Passform zu erreichen, muss das distale Plattenende häufig noch angepasst werden. Dann kann der Plat-

tenfixateur unter den M. vastus medialis eingeschoben werden. Die Platte wird zunächst distal und anschließend proximal mit einem K-Draht fixiert. Jetzt wird die Plattenlage kontrolliert und ggf. korrigiert (Abb. 3D). Die distalen Plattenlöcher werden mit winkelstabilen Schrauben besetzt und im ersten proximalen Loch eine bikortikale exzentrisch gebohrte Kortikalisschraube eingebracht. Damit kann nochmals Kompression auf die Osteotomie ausgeübt werden. Sollte das noch nicht ausreichen, kann nach den bekannten AO-Prinzipien das nächste Kombi-Loch für eine exzentrisch gebohrte Schraube verwendet werden. Sobald die Kompression zufriedenstellend ist, werden die Plattenlöcher proximal mit bikortikalen winkelstabilen Schrauben besetzt. Die bikortikalen Zugschrauben werden am Ende durch winkelstabile Schrauben ersetzt. Eine abschließende Kontrolle der Beinachse mittels Ausrichtstab ist obligatorisch, verhindert allerdings nur einen groben Fehler in der Beinachse, da es sich nicht um Belastungsbedingungen handelt. Abschließend wird die Plattenlage kontrolliert (Abb. 3E).

#### Valgisierende/varisierende Doppelosteotomie

Im Rahmen der Deformitätenanalyse zeigen sich regelhaft Kombinationsdeformitäten mit Beteiligung des distalen Femur und der proximalen Tibia (Abb. 4). Ziel einer Korrektur ist es, nicht nur eine Korrektur der Beinachse zu erreichen, sondern auch eine Harmonisierung der Gelenkwinkel ohne neue grobe Deformitäten. Daher hat sich im eigenen

Vorgehen sowohl die valgisierenden wie auch die varisierende Doppelosteotomie als Standardverfahren etabliert (Abb. 5).

Das operative Vorgehen ist eine Kombination aus den zuvor dargestellten Techniken. Bei einer Varus-Fehlstellung erfolgt die Korrektur ebenfalls als Closed-wedge-DFO am distalen Femur (von lateral). Bei einer Valgusfehlstellung erfolgt an der Tibia keine Opensondern eine Closed-wedge-HTO von medial. Bei der beginnenden Aufarbeitung der eigenen Fälle zeigen sich seit der Einführung des Vorgehens 2011 vielversprechende Resultate. Langzeitergebnisse bleiben abzuwarten.

#### Ergebnisse nach valgisierender HTO

Die Anzahl der Arbeiten, die über Langzeitergebnisse nach valgisierender HTO berichten, beziehen sich in der Mehrzahl auf die Closed-wedge-HTO. In Tabelle 1 sind die Überlebensraten nach Closed-wedge-HTO und in Tabelle 2 sind die Ergebnisse nach Open-wedge-HTO dargestellt.

Bei der Closed-wedge-HTO zeigt sich eine Verteilung der Überlebensrate nach 5 Jahren zwischen 85 % und 99,3 % (13 von 14 Publikationen) mit einem Ausreißer nach unten mit 73 % [33]. Nach 10 Jahren wird die Streuung größer und reicht von 51–97,6 %. Zwölf (15) Arbeiten berichten über eine Überlebensrate von mehr als 75 % und nur in 3 (15) Arbeiten wird über weniger als 75 % berichtet. Nach 15 Jahren beträgt die Spannweite 39–93,2 %. Aus den 11 verfügbaren Publikationen berichten 4 über eine

Autor	Fälle	Implantate	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	18 Jahre	20 Jahre
Koshino et al. [27]	75	Klingenplatte	97,8 %	96 %	93,2 %		
Wu et al. [28]	215		95,0 %	84 %			
Duivenvoorden et al. [29]	354	Klammern, TomoFix		75 %			
Akizuki et al. [30]	158	Platte	99,3 %	98 %	90,4 %		
Gstöttner et al. [31]	134	Klammer	94 %	80 %	65,5 %	54,1 %	
Coventry et al. [32]	87	Klammer	89 %	75 %			
Naudie et al. [33]	106	Klammer	73 %	51 %	39 %		30 %
Billings et al. [34]	64	Platte	85 %	53 %			
Sprenger et al. [35]	76	Platte	86 %	74 %	56 %		46 %
Tang et al. [36]	67	Klammer	89,5 %	75 %	66,9 %	66,9 %	
Papachristou et al. [37]	44	Klammer		80 %	66 %	54,1 %	
Flecher et al. [38]	372	Drittelrohr Platte oder Klammer	94,8 %	93 %	89,7 %		85 %
Hui et al. [39]	454	Klammer	95 %	79 %	56 %		
Schallberger et al. [40]			98 %	92 %	71 %		
Aglietti et al. [41]	120	Platte	96 %	78 %	57 %		

**Tabelle 1** Übersicht der Überlebensraten nach valgisierender Closed-wedge-HTO

Überlebensrate von weniger als 65 % und 7 von mehr als 65 %. Nach 18 Jahren und 20 Jahren sind nur noch einzelne Arbeiten mit wenig Patienten in den Gruppen verfügbar (3 nach 18 Jahren und 3 nach 20 Jahren). Für diese Langzeitergebnisse liegen sehr unterschiedliche Angaben vor. Diese reichen von 30–85 %.

Bei der Open-wedge-HTO werden nach 5 Jahren durchgehend gute Ergebnisse mit einer Überlebensrate von 88,8–100 % berichtet (9 Arbeiten). Nach 10 Jahren sinkt die Überlebensrate auf 74–92 % (4 Arbeiten) und nach 15 Jahren auf 68–71 %. Insgesamt präsentieren sich die Ergebnisse etwas harmonischer als nach der Closed-wedge-HTO, obgleich die Anzahl der Arbeiten geringer ist.

Vergleichende Studien zwischen Closed- und Open-wedge beschreiben unterschiedliche Ergebnisse. Während Schalleberger et al. [40] gleiche Ergebnisse und Überlebensraten für die Open sowie für die Closed-wedge-HTO berichteten, konnte Duivenvoorden et al. [29] eine höhere Überlebensrate für die

Open-wedge-HTO nach 10 Jahren beobachten. Inwieweit sich diese Beobachtungen in der Zukunft für die modernen Plattenfixateure bestätigen, bleibt abzuwarten und muss bei entsprechender Datenlage neu beurteilt werden. Zusammenfassend kann für beide Verfahren festgehalten werden, dass sehr gute Langzeitergebnisse bestehen.

### Operative Entlastung ohne Knochenkorrektur

#### Gelenkdistraktion

Die Gelenkdistraktion wurde mittlerweile als Therapie bei Arthrose für unterschiedliche Gelenke mit Erfolg beschrieben, unter anderem für das Kniegelenk [49–51]. Das Prinzip beruht auf der Anlage eines Fixateur externe, mit dem eine Distraktion auf das Kniegelenk mit unterschiedlicher Dauer ausgeübt wird. Je nach Arbeitsgruppe wurden Systeme verwendet, mit denen das Kniegelenk

weiter beweglich war [51] bzw. starre Fixateur-Systeme [49]. In einer aktuellen Arbeit aus einer niederländischen Arbeitsgruppe [49] konnten im Vergleich der valgisierenden Open-wedge-HTO zur Kniegelenkdistraktion ähnliche Ergebnisse erzielt werden (Abb. 6). Während die klinischen Ergebnisse nach 12 Monaten einen leichten Vorteil für die valgisierende Open-wedge-HTO zeigte, resultierte ein signifikanter Unterschied zugunsten der Kniegelenkdistraktion in Bezug auf den Gelenkspalt. Eigene Erfahrungen zu diesen Methoden fehlen. Nichtsdestotrotz scheinen die Ergebnisse vielversprechend zu sein und könnten insbesondere bei jüngeren Patienten mit gerader Beinachse zum Einsatz kommen, um ein Fortschreiten der Arthrose zu verzögern.

#### Feder-System

Auf dem Markt ist momentan ein implantierbares Federsystem zur Entlastung des medialen Kompartiments ver-

Autor	Fälle	Implantate	5 Jahre	7,5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre
Duivenvoorden et al. [29]	112	Puddu Platte			80 %		
Saraglia et al. [42]		AO T-Platte	88,8 %		74 %		
Schallberger et al. [40]		Platte unbekannt	98 %		92 %	71 %	
Bode et al. [43]	51	TomoFix	96 %				
Saito et al. [44]*	80	TomoFix	97,5 %				
Takeuchi et al. [45]	27	TomoFix	100 %				
Hernigou et al. [46]	245	Platte unbekannt	94 %		85 %	68 %	
Bonasia et al. [47]	141	Puddu Platte	98,7 %	75,9 %			
Zaki et al. [48]	50	TomoFix	98 %				

**Tabelle 2** Übersicht der Überlebensraten nach valgusierender Open-wedge-HTO

füßbar. In der Vergangenheit war es unter dem Namen KineSpring-System (MOXIMED) bekannt. Mittlerweile wurden einige Modifikationen am System vorgenommen und es ist jetzt unter dem Namen ATLAS Knee-System (MOXIMED) erhältlich. Das Prinzip basiert auf dem physiologischen Gang. In der Phase des Bodenkontakts entstehen 2 Druckspitzen („toe-off“ und „heel-down“) im Knie [8, 52]. Bei Varus-Fehlstellung sind die Druckspitzen medial erhöht [8]. Das Federsystem hat die Möglichkeit, die Druckspitzen um 13 kg zu reduzieren [53]. Im Rahmen von Pilotstudien wurde über erste gute Ergebnisse berichtet [54] mit einer Komplikationsrate von 9,4 % (eine Infektion, 2 Fälle mit persistierenden Schmerzen und 2 Fälle mit erforderlicher Arthroly-

se). Andere Berichte über mechanische Komplikationen mit Federbruch [55] sowie Perforation der Feder durch die Kapsel [56] sind bekannt. Das neue ATLAS Knee-System hat veränderte Materialien im Federbereich und ist weniger voluminös (Abb. 7). Dadurch wird eine geringere Weichteilirritation erwartet. Klinische Ergebnisse bleiben abzuwarten.

### Klinische Relevanz

Operative Entlastungsmethoden haben in den letzten Jahren eine zunehmende Verbreitung gefunden. Die Bereitschaft und der Trend nehmen zu, Patienten im aktiven Lebensabschnitt gelenkerhaltend zu operieren. Den größten Stellenwert nehmen die kniegelenknahen Os-

teotomien ein, und sie stellen das Standardverfahren der operativen Entlastung dar. Forschungsaktivitäten mit einer temporären Kniedistraktion bzw. Implantation einer extraartikulären Feder scheinen ebenfalls vielversprechende Ergebnisse zu erzielen. Breite Ergebnisse auf einem hohen Evidenzlevel stehen allerdings noch aus. OUP

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

Dr. Steffen Schröter  
BG Unfallklinik Tübingen, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Eberhard Karls Universität Tübingen  
Schnarrenberg Straße 95  
72076 Tübingen  
schroeter.steffen@t-online.de

### Literatur

- Weiland S et al.: Zunahme der Lebenserwartung: Größenordnung, Determinanten und Perspektiven. Deutsches Ärzteblatt 2006. 103 (16): A-1072
- Woolf AD, Pfleger B: Burden of major musculoskeletal conditions. Bull World Health Organ, 2003. 81 (9): 646–56
- Valkenburg H: Clinical versus radiological osteoarthritis in the general population, in Epidemiology of osteoarthritis, J. Peyron, Editor. 1980, Ciba-Geigy: 53–8
- Brouwer GM et al.: Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum, 2007; 56: 1204–11
- Runhaar J et al.: Malalignment: a possible target for prevention of incident knee osteoarthritis in overweight and obese women. Rheumatology (Oxford), 2014; 53: 1618–24
- Thijs Y et al.: Is high-impact sports participation associated with bowlegs in adolescent boys? Med Sci Sports Exerc, 2012; 44: 993–8
- Sharma L et al.: The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. Jama, 2001; 286: 188–95
- Halder A et al.: Influence of limb alignment on mediolateral loading in total knee replacement: in vivo measurements in five patients. J Bone Joint Surg Am 2012; 94: 1023–9
- Kock FX et al.: Operative Treatment of the Unicompartamental Knee Arthritis –

- Results of a Nationwide Survey in 2008. *Z Orthop Unfall* 2011; 149:153–59
10. Bathis H et al.: [Total knee arthroplasty and high tibial osteotomy in osteoarthritis—results of a survey in traumatic surgery and orthopedic clinics]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2005; 143: 19–24
  11. Bhandari M et al.: Clinical and economic burden of revision knee arthroplasty. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskeletal Disord*, 2012; 5: 89–94
  12. Konopka JF et al.: The cost-effectiveness of surgical treatment of medial unicompartmental knee osteoarthritis in younger patients: a computer model-based evaluation. *J Bone Joint Surg Am*, 2015; 97: 807–17
  13. Jackson JP, Waugh W: Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Br*, 1961; 43-B: 746–51
  14. Coventry MB: Osteotomy of the Upper Portion of the Tibia for Degenerative Arthritis of the Knee. a Preliminary Report. *J Bone Joint Surg Am*, 1965; 47: 984–90
  15. Coventry MB: Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55: 23–48
  16. Debeyre J, Patte D: [The place of corrective osteotomies in the treatment of gonarthrosis.]. *Acta Orthop Belg* 1961; 27: 374–83
  17. Jackson JP, Waugh W, Green JP: High tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1969; 51: 88–94
  18. Harris WR, Kostuik JP: High tibial osteotomy for osteo-arthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 330–6
  19. Debeyre J, Artigou JM: [Long term results of 260 tibial osteotomies for frontal deviations of the knee]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1972; 58: 335–9
  20. Jackson JP, Waugh W: The technique and complications of upper tibial osteotomy. A review of 226 operations. *J Bone Joint Surg Br* 1974; 56: 236–45
  21. Hernigou P et al.: Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 332–54
  22. Amendola A et al.: Opening wedge high tibial osteotomy using a novel technique: early results and complications. *J Knee Surg* 2004; 17: 164–9
  23. De Simone C, Staubli A: Neue Fixationstechniken für mediale open wedge Osteotomien der proximalen Tibia. *Schweiz Med Wochenschr* 2000; 119: 130
  24. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD. Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003; 11: 132–8
  25. Staubli AE et al.: TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia—early results in 92 cases. *Injury* 2003; 34 Suppl 2: B55–62.
  26. Schroter S et al.: Digital planning of high tibial osteotomy. Interrater reliability by using two different software. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21: 189–96
  27. Koshino T et al.: Fifteen to twenty-eight years' follow-up results of high tibial valgus osteotomy for osteoarthritic knee. *Knee* 2004; 11: 439–44
  28. Wu LD, Hahne HJ, Hassenpflug T: A long-term follow-up study of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. *Chin J Traumatol* 2004; 7: 348–53
  29. Duivenvoorden T et al.: Adverse events and survival after closing- and opening-wedge high tibial osteotomy: a comparative study of 412 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 2015 May 31. [Epub ahead of print]
  30. Akizuki S et al.: The long-term outcome of high tibial osteotomy: a ten- to 20-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90: 592–6
  31. Gstottner M et al.: Long-term outcome after high tibial osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 111–5
  32. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL: Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75: 196–201
  33. Naudie D et al.: The Insall Award. Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to -22-year followup study. *Clin Orthop Relat Res* 1999: 18–27
  34. Billings A et al.: High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 70–9
  35. Sprenger TR, Doerzbacher JF: Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 469–74
  36. Tang WC, Henderson IJ: High tibial osteotomy: long term survival analysis and patients' perspective. *Knee* 2005; 12: 410–3
  37. Papachristou G et al.: Deterioration of long-term results following high tibial osteotomy in patients under 60 years of age. *Int Orthop* 2006; 30: 403–8
  38. Flecher X et al.: A 12–28-year followup study of closing wedge high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 452: 91–6
  39. Hui C et al.: Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Am J Sports Med* 2011; 39: 64–70
  40. Schallberger A et al.: High tibial valgus osteotomy in unicompartmental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13–21 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19: 122–7
  41. Aglietti P et al.: High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study. *J Knee Surg* 2003; 16: 21–6
  42. Saragaglia D et al.: Outcome of opening wedge high tibial osteotomy augmented with a Biosorb((R)) wedge and fixed with a plate and screws in 124 patients with a mean of ten years follow-up. *Int Orthop* 2010; Published online 2010 Jul
  43. Bode G et al.: Prospective 5-year survival rate data following open-wedge valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; DOI 10.1007/s00167-013-2762-y
  44. Saito T et al.: Five- to ten-year outcome following medial opening-wedge high tibial osteotomy with rigid plate fixation in combination with an artificial bone substitute. *Bone Joint J* 2014; 96-B: 339–44
  45. Takeuchi R et al.: A mid term comparison of open wedge high tibial osteotomy vs unicompartmental knee arthroplasty for medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Orthop Surg Res* 2010; 5: 65
  46. Hernigou P, Ma W: Open wedge tibial osteotomy with acrylic bone cement as bone substitute. *Knee* 2001; 8: 103–10
  47. Bonasia DE et al.: Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: prognostic factors. *Am J Sports Med* 2014; 42: 690–8
  48. Zaki SH, Rae PJ: High tibial valgus osteotomy using the Tomofix plate-medium-term results in young patients. *Acta Orthop Belg* 2009; 75: 360–7
  49. van der Woude JA et al.: Knee joint distraction compared with high tibial osteotomy: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; E-Pub ahead of print
  50. Aly TA, Hafez K, Amin O: Arthrodiastasis for management of knee osteoarthritis. *Orthopedics* 2011; 34: e338–43
  51. Deie M et al.: A new articulated distraction arthroplasty device for treatment of the osteoarthritic knee joint: a preliminary report. *Arthroscopy* 2007; 23: 833–8
  52. Taylor WR et al.: Tibio-femoral loading during human gait and stair climbing. *J Orthop Res* 2004; 22: 625–32
  53. Clifford AG et al.: The KineSpring((R)) Knee Implant System: an implantable joint-unloading prosthesis for treatment of medial knee osteoarthritis. *Med Devices (Auckl)* 2013; 6: 69–76
  54. Madonna V et al.: Use of the KineSpring system in the treatment of medial knee osteoarthritis: preliminary results. *Joints* 2015; 3: 129–35
  55. Citak M et al.: Failed joint unloading implant system in the treatment of medial knee osteoarthritis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133: 1575–8
  56. Schuttler KF et al.: Failure of a Knee Joint Load Absorber: Pain, Metallosis and Soft Tissue Damage. *HSS J* 2015; 11: 172–6