Winkelstabile Platten-Schrauben-Verbindungen: distales Femur/proximale Tibia

Bis zu Beginn der 90er Jahre stellten Winkelplatten, insbesondere die 95°-Kondylenplatte, das Standardverfahren zur Versorgung per- und suprakondylärer distaler Femurfrakturen dar. Während zunächst noch allgemein „stabilere Konstruktionen“ mit großzügiger Indikation zur Spongiosaplastik im Vordergrund standen, hatte sich zuletzt, insbesondere bei suprakondylären Trümmerzonen, ein eher biologisches Vorgehen im Sinne von „Überbrückungsplatten“ ohne Tangierung und damit Denudierung der Trümmerzone durchgesetzt. Dasselbe Prinzip wurde letztendlich durch die Ende der 80er Jahre eingeführte dynamische Kondylenplatte (DCS) verfolgt, mit dem Ziel, gegenüber der technisch aufwändigeren korrekten Implantierung der Klinge eine einfachere Implantation zu ermöglichen, wobei die sehr großlumige Kondylenschraube häufig ganz erhebliche Defekte und damit verbundene Probleme in diesem Bereich zurückließ.

Seit Beginn der 90er Jahre wurde die Marknagelung des Oberschenkels durch retrograde Systeme auch auf die per- und suprakondyläre Region ausgeweitet und von verschiedenen Herstellern angeboten.

Unter dem Schlagwort der „minimalinvasiven Chirurgie“ bzw. „biologischen Osteosynthese“ steht im letzten Jahrzehnt das Bestreben im Vordergrund, nach ge-

schlossenen, indirekten Repositionen durch möglichst kleine Zugänge die Frakturen intra- oder extramedullär zu stabilisieren [9]. Mit der Kenntnis, dass durch die früher praktizierten Plattenosteosynthesen der „DCP-Generation“ die Knochenheilung durch unter der Platte induzierte kortikale Nekrosen gestört und in vielen Fällen auch kompliziert wurden, setzte sich im weiteren Verlauf das Prinzip der LCDCP durch, bei der die Anpressdrücke nun punktuell verteilt wurden. Eine Weiterentwicklung stellten Verfahren im Sinne eines „Fixateur interne“ dar, in dem der Kraftträger keinen direkten Kontakt mehr mit dem Periost hat [3]. Dieses Prinzip wird nun durch winkelstabile Platten-Schrauben-Verbindungen aufgegriffen und verwirklicht, wobei in diesem Beitrag auf deren Anwendung im Bereich des distalen Femurs sowie der proximalen Tibia mit dem LISS-Implantat eingegangen werden soll.

Implantatanwendung

Aufbauend auf entsprechenden biomechanischen Untersuchungen [10, 11] und ersten klinischen Ergebnissen [2, 11] wurden von den Autoren die Erfahrungen mit „LISS“ als sehr Erfolg versprechend gewertet, da die minimalinvasive winkelstabile Schienung „die jeweiligen Vorzü-

ge eines Fixateur externe, einer intramedullären und einer Plattenosteosynthese vereinigt“ [2].

Dabei werden der LISS-Methode insbesondere folgende Vorteile zugesprochen:

1. Da die Platte über einen kleinen, längs verlaufenden, leicht bogenförmigen Zugang über dem lateralen Femurkondylus nach geschlossener Frakturposition submuskulär epiperiostal nach proximal vorgeschoben wird und die Schrauben mittels des Zielbügels über Stichinzisionen platziert werden können, verursache die Implantateinbringung nur einen geringen operativen Weichteilschaden.
2. Aus dem fest mit der Platte montierten Zielbügel resultiere eine einfache und schonende Operationstechnik: Durch Verwendung von fest montierten Gewebeschutzzielhülsen können die selbst bohrenden und selbst schneidenden Schrauben in einem Arbeitsschritt eingebracht und verankert werden. Zusätzliche Bohrungen sowie Längenmessungen sind dabei nur noch in Ausnahmefällen erforderlich.
3. Im Vergleich zu früheren Operationstechniken sei nun keine zusätzliche Spongiosaplastik mehr erforderlich.

4. Die ersten Ergebnisse hätten einen frühe Belastbarkeit aufgezeigt.
5. Die minimalinvasive Operationsdurchführung habe im Vergleich zu herkömmlichen Operationsverfahren zu einem reduzierten Analgetikabedarf geführt.

Ergebnismitteilungen

In der aktuellen Literatur wurden 10 Ergebnismitteilungen mit der Beschreibung von Fallkollektiven zwischen 13 und 116 Anwendungen gefunden. Die Analyse dieser Veröffentlichungen ergab jedoch, dass 5 Publikationen – von Krettek et al. [9] und Schandelmaier et al. [11, 12, 13, 14] – zwischen 1997 und 2001 mit steigenden Fallzahlen das gleiche Patientengut beinhalten, sodass für die weitere Analyse nur eine dieser 5 Publikationen, von Schandelmaier et al. 2001 [12], verwertet werden konnte. Entsprechend sind auch die von Kregor et al. [6] publizierten 13 Fälle in einer von ihm im selben Jahr veröffentlichten Untersuchung [7] enthalten, sodass auch hier nur das größere Kollektiv mit 66 Fallbeschreibungen berücksichtigt wurde [7]. Damit verblieben für die vergleichende Analyse letztendlich 5 Publikationen [2, 7, 12, 15, 16], deren Ergebnisse in **■ Tabelle 1** dargestellt sind. Insgesamt handelt es sich dabei um 287 ausgewertete Frakturen, welche mit LISS behandelt worden waren. Dabei ist jedoch einschränkend zu bemerken, dass zumindest die Kollektive von Schandelmaier et al. [12] und Falck et al. [2] in der von Schutz et al. [15] beschriebenen AO-Sammelstudie mit enthalten sind und mit einem Anteil von 31% auch deren Ergebnis mitbestimmen.

Durchschnittliche Operationszeit

Die durchschnittliche Operationszeit, welche in der AO-Sammelstudie [15] zwischen 40 min und 5 h und bei Schandelmaier et al. [12] bzw. Kregor et al. [7] mit durchschnittlich über 2 bzw. 3 h angegeben wurde, zeigt auf, dass die Operationsdurchführung ganz offensichtlich nicht so einfach zu sein scheint, wie sie von den Autoren in den jeweiligen Publikationen angegeben wurde.

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2004 · 6 [Suppl 3] : S296–S301
DOI 10.1007/s10039-003-0785-1
© Springer-Verlag 2003

D. Nast-Kolb · G. Täger · S. Ruchholtz

Winkelstabile Platten-Schrauben-Verbindungen: distales Femur/proximale Tibia

Zusammenfassung

Für die Behandlung distaler Femur- und proximaler Tibiafrakturen wird das LISS-Implantat als minimalinvasiv anwendbares, komplikationsarmes Implantat propagiert. Aus einer Medline-Analyse konnten aus 5 Publikationen 287 LISS-behandelte Frakturen ausgewertet werden. Dabei ergab sich eine durchschnittliche Operationszeit von 2–3 h, der Zeitpunkt bis zur Vollbelastung variierte zwischen 6 und 13 Wochen. Die Infektionsrate wurde mit 3–6% angegeben, Angaben zur Häufigkeit von Achsfehlstellungen schwankten zwischen 3% und 6% bzw. 20%, wobei es sich überwiegend um Abweichungen unter 10° handelte. Unterschiedliche Zahlen wur-

den zur Revisionshäufigkeit angegeben, diese betrug bis zu 20%. LISS erfordert folglich eine entsprechende Operationserfahrung sowie ausgereifte Operationstechniken. Diese beinhalten unter zweidimensionaler Röntgenkontrolle eine exakte Achsen- und Rotationsstellung sowie Plattenanlage, ferner, insbesondere bei osteoporotischem Knochengelenk, die Verwendung von bikortikalen Schrauben.

Schlüsselwörter

Distale Femurfraktur · Proximale Tibiafraktur · LISS · Fixateur interne · Minimalinvasive Chirurgie

Less invasive stabilization system: distal femur/proximal tibia

Abstract

The LISS (less invasive stabilisation system) is promoted as a minimally invasive implant with few complications for stabilisation of fractures of the distal femur and proximal tibia. A Medline search revealed 5 publications dealing with a total of 287 evaluable fractures. The mean operating time varied between 2 and 3 hours, while the time to complete weight bearing ranged from 6 to 13 weeks. The postoperative infection rate was 3–6%; axial displacement was reported in 3–6% or up to 20% of subjects, the majority of displacements involving less than 10° of angulation. Revision operations were indicated

in up to 20% of cases. The application of the LISS is a method that requires sound experience with the method and excellent surgical techniques, including precise axial and rotational alignment and plate placement using two-dimensional X-ray controls and the use of bicortical screws in patients with osteoporotic periarticular bone as some of the most important.

Keywords

Distal femoral fracture · Proximal tibial fracture · LISS · Internal fixator · Minimally invasive surgery

Zeitpunkt bis zur Vollbelastung

Dasselbe gilt für den Zeitpunkt bis zur Vollbelastung, welcher zwischen durchschnittlich 6 und 13 Wochen variiert und damit den Entlastungszeiten herkömmlicher Implantate entspricht.

Komplikationen

Die angegebene Infektionsrate mit 3–6% entspricht in etwa den eingangs aufgeführten alternativen operativen Behandlungsverfahren.

In den Einzelkollektiven variiert die Häufigkeit von Achsfehlstellungen zwischen 3 und 6%. Dem stehen jedoch in der AO-Sammelstudie 20% Achsabweichungen, davon 1/4 zwischen 10° und 20°, gegenüber. Die Rotationsfehlstellung aus dem Krankengut von Wenda et al. [16] musste operativ korrigiert werden. Bei den 3 angegebenen Fehlstellungen von Schandelmaier et al. [12] handelte es sich um 3 Anteversionsabweichungen >20°, wovon 2 korrigiert wurden, darüber hinaus wurden in diesem Kollektiv bei 27 nachuntersuchten Patienten 2 Valgusabweichungen von 6 und 13° sowie 5 Varusveränderungen von 5–10° dokumentiert. Für die Sammelstudie von Kregor et al. [7] wurde insgesamt 1 durchgeführte Korrekturosteosynthese angegeben.

Schandelmaier et al. [12] beschrieben das Implantatversagen in Form des Ausrisses der proximalen Schrauben als LISS-spezifische Komplikation, welche in dem von ihnen beschriebenen Krankengut 4-mal auftrat und durch die Verwendung bikortikaler Schrauben korrigiert werden konnte, dieselbe Zahl wurde für die AO-Sammelstudie angegeben.

Verzögerte Frakturheilung bzw. Pseudarthrosen wurden in den ersten 4 Kollektiven relativ selten angegeben, in der AO-Sammelstudie jedoch in einer Größenordnung von 6 bzw. 9%, dabei wurden 6 Fälle operativ revidiert.

Insgesamt wurden in der AO-Sammelstudie 23 Revisionsoperationen angegeben, dies bedeutet 21%, bezogen auf die Gesamtzahl (116) der Patienten. Dabei ist unberücksichtigt, dass ein Follow up lediglich bei 90% des Krankenguts erfolgt war.

Tabelle 1

Ergebnisbeschreibungen zur LISS-Osteosynthese am distalen Femur

	Autor				
	Wenda et al. [16]	Schandelmaier et al. [12]	Falck et al. [2]	Kregor et al. [7]	AO [15]
n	17	54	34	66	116
Operationszeit [min]	k. A.	Ø 137	k. A.	Ø 209	40–300
Vollbelastung [Wochen]	8–16	Ø 13	Ø 6	Ø 11	k. A.
Infektion	Ø	3 (6%)	1	2 (3%)	7 (6%)
Achsfehler	1	3 (6%)	1	3 (5%)	23
Implantatversagen	Ø	4 (7%)	k. A.	Ø	6
Sekundäre Heilung	3/0	3/1	1/0	3/0	6/9% 23 Revisionsoperationen (20%)

Resümee der Literaturdaten

Die dargestellten Ergebnisse zeigen zusammenfassend eine sicherlich niedrige Infektionsrate, jedoch im Vergleich zu herkömmlichen Implantaten unveränderte bzw. verlängerte Operationszeiten sowie einen ebenfalls vergleichbaren Zeitraum bis zur Vollbelastung.

Die Tatsache, dass in der AO-Sammelstudie insgesamt 20% operative Revisionen angegeben wurden, lässt die Feststellung zu, dass die LISS-Methode auch unter Berücksichtigung der Lernkurve sicherlich nicht vorbehaltlos als „einfaches und komplikationsarmes“ Verfahren angegeben werden kann und erfahrenen Operateuren vorbehalten bleiben sollte.

Diskussion

Aufgrund der dargestellten Ergebnisbeschreibungen erhebt sich die Frage, inwieweit die angegebenen Probleme vermeidbar bzw. verbesserbar sind.

Operationstechnik

Das minimalinvasive Vorgehen beinhaltet in der Regel eine geschlossene Reposition, welche ganz erhebliche Probleme beinhalten kann. ■ **Abbildung 1 a** zeigt die typische, durch den M. gastrocnemius verursachte Dislokation des distalen Fragments nach dorsal, welche häufig verhakt ist. An erster Stelle steht die manuelle Reposition über einem dorsalen Hypomochlion. Lässt sich eine Verhakung nicht lö-

sen, ist der Einsatz von Repositionszangen über Stichinzisionen indiziert. Als weitere Möglichkeit wurden die zusätzliche Anlage und Reposition über einen Fixateur externe vorgeschlagen [2]. Dieses Prinzip aufgreifend, wurde von Babst et al. [1] ein „LISS-Traktorkonzept“ entwickelt, bei dem die distale Schanz-Schraube des AO-Distraktors im Plattenloch der LISS-Platte positioniert wird. Nach Erreichen der korrekten Länge sind dabei die prälaminaire Fixierung der Platte gegen den Femurschaft und die distale Positionierung durch die Platte mit Kirschner-Drähten notwendig. Eine weitere Repositionshilfe stellt der „Joy-Stick“ in Form eines dicken Kirschner-Drahts oder einer dünnen Schanz-Schraube dar, über deren Hebel das distale Fragment dirigiert werden kann (■ **Abb. 1 b**).

Die Reposition beinhaltet selbstverständlich an erster Stelle die Wiederherstellung der Gelenkanatomie, welche bei größeren Fragmenten geschlossen erfolgen kann, bei Mehrfragmentfraktur ggf. eine Erweiterung nach distal mit Eröffnung des Kniegelenks erforderlich macht [8]. Die reponierten Fragmente können passager mittels Kirschner-Drähten fixiert werden, wobei diese nicht die Plattenanlage kompromittieren dürfen. Über Stichinzisionen können sodann zusätzliche, ebenfalls die spätere Plattenanlage beachtende, interfragmentäre Kompressionsschrauben, z. B. mit kanülierten Implantaten, stabil fixiert werden.

Abb. 1a–c ◀ Per- und suprakondyläre Femurfraktur, a Unfallbild, b intraoperativer Befund mit liegendem Zielbügel, der Pfeil weist auf den als „Joystick“ von medial eingebrachten Kirschner-Draht, Beinachse durch das Thermokauterkabel dargestellt, c radiologisches Ergebnis 12 Wochen postoperativ

Abb. 2 ▶ Lagerung zur ungehinderten Durchleuchtung in 2 Ebenen

Intraoperative Kontrolle und Lagerung

Zur Vermeidung von Achsabweichungen und Rotationsfehlern ist eine ungestörte intraoperative radiologische Kontrolle unverzichtbare Grundvoraussetzung. Neben den technischen Ansprüchen an die Bildwandlerqualität ist durch eine entsprechende Lagerung sicherzustellen, dass das Femur im gesamten Verlauf überlagerungsfrei – ohne die Extremität anheben zu müssen – in 2 Ebenen abgebildet werden kann. Dabei empfiehlt es sich, das nicht betroffene Bein wie bei einer Steinschnitt-Lagerung flektiert abduziert und außenrotiert zu fixieren (■ Abb. 2). Zur exakten intraoperativen Achsenausrichtung und -bestimmung hat sich die Verwendung des ohnehin vorhandenen Thermokauterkabels bewährt, mit welchem die gesamte Beinachse vom Zentrum des Femurkopfs bis zur Mitte des oberen

Sprunggelenkspalts exakt dargestellt werden kann, wobei diese Achse im Normalfall zentral durch das Kniegelenk führen muss. Nachdem beim abgedeckten Patienten der Femurkopf häufig mit dem Bildwandler nicht ideal darstellbar ist, empfiehlt es sich, präoperativ diesen Punkt durch eine aufgeklebte EKG-Elektrode zu markieren, welche durch die Abdecktücher ohne zusätzlich erforderliche Strahlenbelastung gut getastet werden kann (■ Abb. 3).

Platzierung und Fixierung der Platte

Schließlich bergen auch die Platzierung und Fixierung der Platte weitere Fehlermöglichkeiten. Die Platte wird durch den distalen Operationszugang unter dem M. vastus lateralis auf dem Periost nach proximal vorgeschoben. Bereits vor der Fixierung im proximalen und distalen Fragment muss auf eine anatomische An-

lage und absolut korrekte Platzierung, in 2 Ebenen bildwandlerkontrolliert, geachtet werden, da es ansonsten zu Fehlplatzierungen der Schrauben (s. unten) sowie über die fehlplatzierte Platte zu dadurch bedingten Achs- und Rotationsabweichungen kommen kann. Die Platte muss proximal absolut mittig auf der lateralen Femurkortikalis zu liegen kommen, um eine korrekte Schraubenplatzierung erreichen zu können. Fehlplatzierungen der Schrauben führen zu einem kompromittierten Schraubenhalt und zu den im Ergebnisteil beschriebenen Schraubenausrisen (■ Abb. 4).

Das proximale Plattenende kann passager zunächst perkutan auch mit einem Kirschner-Draht fixiert werden, bevor tatsächlich die erste Schraube eingebracht wird. Nach dem Einbringen der proximalen Schraube wird die erste distale Schraube eingebracht. Damit ist die Grobposition erreicht, trotzdem kann es auch un-

Abb. 3 ◀ Beinachsenbestimmung mittels Markierung des Femurkopfzentrums durch präoperativ aufgeklebte EKG-Elektrode und Verwendung des Thermokauterkabels zur radiologischen Achsenkontrolle und -dokumentation

Abb. 4 ◀ Korrekte und fehlerhafte Platzierung der Schrauben im proximalen Fragment

ter der Platte noch zu Rekursions- bzw. Anteversionsabweichungen kommen, sodass auch vor Einbringen der weiteren Schrauben wiederum im seitlichen Strahlengang eine exakte Bildwandlerkontrolle notwendig ist. Darüber hinaus wird heute übereinstimmend empfohlen, insbesondere bei osteoporotischem Knochen, auch bei korrekter Schraubenplatzierung die proximalen Schrauben bikortikal zu verwenden. ■ **Abbildung 1 c** zeigt das Rönt-

genergebnis 12 Wochen postoperativ mit dem Beginn der Vollbelastung nach vorheriger 4-wöchiger Teilbelastung mit halbem Körpergewicht.

Indikationen für den Einsatz der LISS-Stabilisierung

Trotz des sicherlich idealen und präzise die Schraubeneinbringung führenden Zielbügels ist die LISS-Stabilisierung kei-

nesfalls als einfache Operation anzusehen. Dies zeigt sich in den langen Operationszeiten und den erheblichen Fehlermöglichkeiten. Es ist somit ein Verfahren, welches nur von erfahrenen Unfallchirurgen angewendet werden sollte.

Die LISS-Platte kann prinzipiell auch bei allen Formen der intraartikulären Verletzungen angewendet werden, wobei – wie dargestellt – jeweils zunächst die Gelenkrekonstruktion durch zusätzliche,

z. B. auch von medial, über Stichinzisionen minimalinvasiv eingebrachte Schrauben im Vordergrund steht. Auf jeden Fall muss dabei immer die anschließende Plattenlage mitberücksichtigt werden. Das Verfahren eignet sich auch gut zur Versorgung periprothetischer Frakturen [5].

Kontraindikationen

Grenzen der Anwendung stellen höhergradige offene Frakturen dar, für deren Primärbehandlung die Gelenk überbrückende Transfixation die Methode der Wahl darstellt. Allerdings eignet sich die LISS-Platte in diesen Fällen bei konsolidierten Weichteilverhältnissen sehr gut zur definitiven Versorgung beim Verfahrenswechsel. Auch bei stark osteoporotischen Knochenverhältnissen ist das LISS-System kontraindiziert, in diesen Fällen müssen auf jeden Fall bikortikale Schrauben eingebracht werden; ggf. muss zur sicheren Verankerung auch Knochenzement verwendet werden.

LISS-System zur Versorgung proximaler Tibiafrakturen

Ohne jeden Zweifel stellt das LISS-System eine gute Methode zur Versorgung per- und suprakondylärer Femurfrakturen dar, sicherlich auch in Konkurrenz zu den transartikulär eingebrachten distalen Marknagelsystemen. Zu dem in analoger Weise verfügbaren LISS-System zur Versorgung proximaler Tibiafrakturen gibt es bisher nur wenige Literaturmitteilungen. Hansen et al. [4] berichteten anhand biomechanischer Untersuchungen über „entscheidende Vorteile gegenüber den instabileren konventionellen Plattensystemen und externen Fixationssystemen“. Sie beschrieben dabei auch ein Implantatversagen mit Ausriss der monokortikalen distalen Schraube im Schaftbereich, sodass für die Anwendung an der proximalen Tibia ebenso wie für den Femur die Verwendung von bikortikalen Schrauben empfohlen werden sollte.

Kostenfaktor

Bei aller Euphorie über neuere und bessere Implantate, mit denen sich häufig sehr gute Ergebnisse erzielen lassen, muss

immer wieder hinterfragt werden, ob deren Resultate tatsächlich signifikant herkömmlichen Implantaten überlegen sind. Vor diesem Hintergrund wird in der jetzigen und zukünftigen Situation der Kostenfaktor eine zunehmende Rolle spielen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt betragen allein die Implantatkosten einer 9-Loch-LISS-Platte mit 4 Kortikalis-schrauben und 4 Kopfverriegelungsschrauben 528,00 €. Im Vergleich dazu kostet eine Stahlkondylenplatte mit 4 Kortikalis-schrauben und 2 Spongiosaschrauben 151,80 €. Dieser Kostenunterschied scheint bei den sicherlich nicht so häufig vorkommenden distalen Femurfrakturen durchaus tolerierbar zu sein. Betrachtet man jedoch häufig vorkommende Frakturen wie die subkapitale Oberarmkopffraktur beim alten Menschen, bei der in unserem Krankengut mit der Zuggurtungsosteosynthese auch bei 3- und 4-Fragment-Frakturen gute funktionelle und subjektive Ergebnisse erzielt werden können, wird für die Zukunft die Kostenrelation ein zusätzliches Indikationsargument darstellen. Hierbei stehen den Implantatkosten einer winkelstabilen Oberarmkopffraktur mit den entsprechenden Schrauben von 456,00 € marginale Implantatkosten für das zu verwendende Drahtmaterial gegenüber.

Fazit

Zusammenfassend stellt die LISS-Platte ein neues, technisch ausgereiftes, minimalinvasiv einsetzbares Implantat zur Versorgung von einfachen und komplexen per- und suprakondylären Femurfrakturen dar. Trotz des ausgefeilten Instrumentariums birgt die Anwendung viele Fehlermöglichkeiten, welche sich jedoch mit entsprechender Operationserfahrung und strengen intraoperativen Kontrollen überwiegend vermeiden lassen sollten. Sie erscheint besonders bei kompromittierten Weichteilverhältnissen geeignet zu sein, sei es nach offenen Verletzungen oder auch nach Infektion.

Grenzen der Anwendbarkeit stellen ausgeprägte osteoporotische Knochenverhältnisse dar, hier kann im Einzelfall eine Verbundosteosynthese erwogen werden.

Korrespondierender Autor

Prof.Dr. D. Nast-Kolb

Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie,
Universitätsklinikum Essen,
Hufelandstraße 55, 45127 Essen,
E-Mail: unfall@uni-essen.de

Literatur

1. Babst R, Hehli M, Regazzoni P (2001) LISS-Traktor. Kombination des „less invasive stabilization systems“ (LISS) mit dem AO-Distraktor für distale Femur- und proximale Tibiafrakturen. Unfallchirurg 104: 530–535
2. Falck M, Höntzsch D, Krackhardt T et al. (1999) LISS (less invasive stabilization system) als minimalinvasive Alternative bei distalen Femurfrakturen. Trauma Berufs-krankh 1: 402–406
3. Frigg R, Appenzeller A, Christensen R et al. (2001) The development of the distal femur less invasive stabilization system (LISS). Injury 32: 24–31
4. Hansen M, Mehler D, Voltmer W, Rommens PM (2002) Die proximale extraartikuläre Tibiafraktur. Unfallchirurg 105: 858–872
5. Hockertz TJ, Gruner A, Reilmann H (1999) Die Versorgung von periprothetischen Femurfrakturen bei liegender Kniegelenksprothese mit dem LIS-System. Unfallchirurg 102: 811–814
6. Kregor PJ, Hughes JL, Cole PA (2001) Fixation of distal femoral fractures above total knee arthroplasty utilizing the less invasive stabilization system (L.I.S.S.). Injury 32: 64–75
7. Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M et al. (2001) Distal femoral fracture fixation utilizing the less invasive stabilization system (L.I.S.S.): the technique and early results. Injury 32: 32–47
8. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T et al. (1997) Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures. Injury 28: 31–41
9. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tschern H (1997) Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. Injury 28: 20–30
10. Marti A, Fankhauser C, Frenk A et al. (2001) Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system for the internal fixation of distal femur fractures. J Orthop Trauma 15: 482–487
11. Schandelmaier P, Stephan C, Reimers N, Krettek C (1999) LISS-Osteosynthese von distalen Femurfrakturen. Trauma Berufskrankh 1: 392–397
12. Schandelmaier P, Blauth M, Krettek C (2001) Osteosynthese distaler Femurfrakturen mit dem Less Invasive Stabilizing System (LISS). Operat Orthop Traumatol 3: 178–197
13. Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B et al. (2001) Distal femoral fractures and LISS stabilization. Injury Int J Care Injured 32: 55–63
14. Schandelmaier P, Stephan C, Krettek C (2001) Less-invasive-stabilizing-System (LISS). Trauma Berufskrankh 3: 439–446
15. Schutz M, Muller M, Krettek C et al. (2001) Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: a prospective multicenter study. Results of a clinical study with special emphasis on difficult cases. Injury [Suppl 3] 32: SC48–54
16. Wenda K, Runkel M, Degreif J, Rudig L (1997) Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. Injury 28: 13–19