

Götz Röderer¹, Florian Gebhard¹

Anwendung von winkelstabilen Formplatten bei der Versorgung komplexer Gelenkfrakturen

Complex articular fracture treatment using anatomical locking plates

Zusammenfassung: Komplexe Gelenkfrakturen gehen meist mit einem Weichteilschaden und ggf. der Verletzungen von Binnenstrukturen einher, was die operative Therapie zu einer Herausforderung macht. Besonders drastisch kann diese im Falle der unteren Extremität sein. Anatomisch geformte, winkelstabile Platten stellen den aktuellen Standard in der Therapie dar. Die exemplarische Darstellung der Versorgung komplexer Frakturen von distalem Femur und proximaler Tibia mit winkelstabiler Formplatte zeigt, dass hiermit gute funktionelle Ergebnisse und geringe Komplikationsraten erzielt werden können. Große Bedeutung kommt den Weichteilen zu – und in deren Rahmen den minimalinvasiven Operationstechniken. Die Prinzipien der Frakturversorgung, wie z.B. die dynamische Osteosynthese gelten Implantat-unabhängig und müssen konsequent angewendet werden.

Schlüsselwörter: Fraktur, Gelenk, winkelstabile Platte

Zitierweise

Röderer G, Gebhard F: Anwendung von winkelstabilen Formplatten bei der Versorgung komplexer Gelenkfrakturen. OUP 2017; 1: 012–018 DOI 10.3238/oup.2017.0012–0018

Summary: Complex articular fractures are frequently associated with soft tissue damage, and concomitant intraarticular injuries which makes surgical treatment a challenge. This is of most relevance in the lower limb. Anatomical shaped locking plates are the current gold standard of therapy. Exemplary description of complex fracture treatment of the distal femur and the proximal tibia using anatomical locked plating shows that good functional results and low complication rates can be achieved. Soft tissue handling is crucial, i.e. minimal invasive techniques should be applied. Principles of fracture treatment, e.g. dynamic plating count regardless of the implant and need to be applied consequentlly.

Keywords: fracture, joint, locking plate

Citation

Röderer G, Gebhard F: Complex articular fracture treatment using anatomical locking plates. OUP 2017; 1: 012–018 DOI 10.3238/oup.2017.0012–0018

Einleitung

Die chirurgische Therapie komplexer Gelenkfrakturen stellt nach wie vor eine Herausforderung auch für den erfahrenen Chirurgen dar. Gründe hierfür sind u.a. die oftmals erhebliche Dislokation der Frakturfragmente mit Depression der Gelenkflächen und die häufig vorliegenden Begleitverletzungen intraartikulärer Strukturen, wie z.B. Menisken oder Kreuzbänder im Falle des Kniegelenks [1]. Erschwerend hinzu kommen kann zudem eine Schädigung der Weichteile bis hin zu einem (drohenden) Kompart-

mentsyndrom oder eine offene Fraktur mit Kontamination des Situs [1–3].

Im Falle der unteren Extremität sind komplexe Gelenkfrakturen eher selten. Proximale Tibiafrakturen beispielsweise machen < 1 % aller Frakturen und ca. 10 % aller Tibiafrakturen aus. Als Unfallursache beim älteren Patienten sind einfache Stürze führend, häufig vergesellschaftet mit einer osteoporotischen Knochenqualität. Beim jungen Patienten hingegen ist meist eine erhebliche physische Gewalteinwirkung die Ursache, sei es im Straßenverkehr, beim Sturz aus großer Höhe oder beim Ausüben

von Risikosportarten [2, 4]. Für den klinischen Alltag hat sich die Einteilung der Gelenkfrakturen nach der AO-(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) Klassifikation bewährt [5].

Einfache, undislozierte Gelenkfrakturen stellen die Minderheit dar und können, insbesondere beim alten Patienten und entsprechenden Komorbiditäten, theoretisch konservativ therapiert werden. Das Attribut „komplex“ schließt solche Fälle jedoch im Prinzip aus, weswegen die Aussage gilt, dass die Therapie grundsätzlich operativ erfolgt. Bei der Planung des Vor-

¹ Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie, Zentrum für Chirurgie, Universitätsklinikum Ulm



Abbildung 1a-d Produktpalette der Non-Contact-Bridging-Platte **a)** proximale Humerus, **b)** distales Femur, **c)** proximale Tibia, **d)** periprotetische distale Femurplatte. Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma Zimmer Biomet.

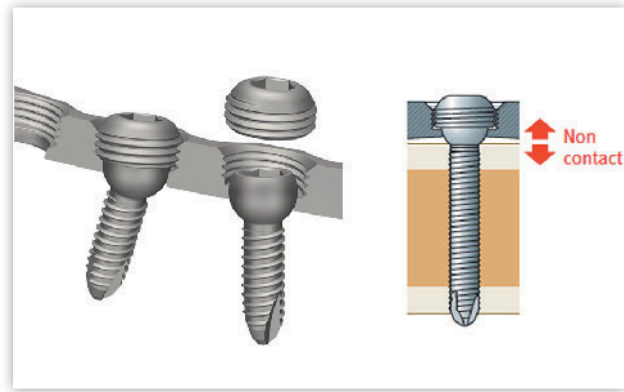


Abbildung 2 Polyaxialer winkelstabiler Verriegelungsmechanismus, schematisch im Detail dargestellt. Das Einbringen der Verschlusskappe presst die Konvexität des Schraubenkopfs unter die Platte und führt zu einer Druckentlastung des Periosts („Non Contact“). Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma Zimmer Biomet.

gehens müssen wichtige Punkte wie Weichteilschäden, drohendes Kompartmentsyndrom, intraartikuläre Begleitverletzungen, Alter und Aktivitätsniveau des Patienten berücksichtigt werden. Mitunter ist bei Vorliegen eines entsprechenden Weichteilschadens, bei mehrfachverletzten oder polytraumatisierten Patienten eine temporäre Versorgung mittels Fixateur externe nötig [6]. Die Therapie im Rahmen der definitiven Versorgung hat die anatomische Reposition ggf. in Verbindung mit der Rekonstruktion etwaiger intraartikulärer Begleitverletzungen sowie eine hohe Primärstabilität zum Ziel, wobei letztere eine frühzeitige funktionelle Beübung ermöglichen soll [6–9].

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben sich bei der Behandlung komplexer Gelenkfrakturen winkelstabile Implantate als Standard mittlerweile durchgesetzt [2, 10]. Die winkelrigide Verbindung zwischen Platte und Schraube führt zu einer höheren *in vitro* Primärstabilität, was biomechanische Studien belegen [3, 11, 12]. Klinisch zeigen sich die Vorteile dieser Implantate durch geringere Raten an postoperativen Dislokationen [13]. Eine große Bedeutung hat zudem der Umgang mit den Weichteilen, worunter auch das Periost fällt. Hier haben sich minimalinvasive Operationstechniken zur Schonung der meist traumatisierten Weichteile und im Falle der knöchernen Strukturen sogenannte „biologische Osteosyntheseverfahren“ etabliert [13]. Letztere bezeich-

nen die Tatsache, dass die Implantate mit geringerem Anpressdruck an den Knochen angebracht werden, um den lokalen bzw. periostalen Blutfluss zu schonen. Die Winkelstabilität erlaubt dieses Vorgehen, da sie im Gegensatz zur konventionellen Platte nicht auf einen Anpressdruck zwischen Implantat und Knochen zur Erzeugung von Stabilität angewiesen ist, sondern die Last über das winkelrigide Schrauben-Platten-Konstrukt leitet (Prinzip des Fixateur interne) [13]. In ihrer Formgebung sind die Implantate der Anatomie nachempfunden, um die Rekonstruktion zu erleichtern. Der vorliegende Artikel beschreibt die Behandlung komplexer Gelenkfrakturen mit einer anatomisch geformten winkelstabilen Platte, die eine polyaxiale Schraubenplatzierung erlaubt. Wenn gleich sich diese Verletzungen nicht auf die untere Extremität begrenzen, werden der Übersicht halber die Prinzipien der Therapie für das distale Femur und die proximale Tibia dargelegt.

Methoden und Ergebnisse

Implantat

Exemplarisch wird im vorliegenden Artikel die Non-Contact-Bridging (NCB, Zimmer Biomet) Platte dargestellt. Vergleichbare Implantate existieren von einer Reihe anderer Hersteller. Die winkelstabile NCB-Platte steht für verschiedene Lokalisationen zur Verriegelung (proximaler Humerus, distales

Femur, proximale Tibia) sowie in einer speziell periprotetischen Version für das proximale und distale Femur (Abb. 1). Sie weist einen spezifischen polyaxialen (30° Kegel senkrecht zur Plattenebene) Verriegelungsmechanismus auf, der mit derselben Schraube Kompression und Winkelstabilität erzeugt (Abb. 2). Hierzu wird eine konventionelle Schraube ohne Gewinde im Kopfbereich eingebracht und dann mit einer Verschlusskappe mit unterschiedlichem Drehmoment winkelstabil verriegelt (distales Femur 6 Nm, proximale Tibia 4,5 Nm). Dies erlaubt die Erzeugung einer interfragmentären Kompression bzw. indirekten Reposition gegen die Platte und anschließende winkelstabile Verriegelung mit derselben Schraube. Außerdem kann der Operateur beim Einbringen der Schraube ein gewisses „taktiles Feedback“ über den Halt der Schraube im Knochen erhalten, da diese zunächst ausschließlich hier und nicht in der Platte greift. Durch Einbringen der Verschlusskappe wird der Anpressdruck der Platte auf den Knochen vermindert, da hierbei die Konvexität des Schraubenkopfs unter das Niveau der Platte tritt („Non Contact“) (Abb. 2). Die anatomisch geformten Platten bestehen aus einer Titanlegierung (TiAlV), werden in unterschiedlichen Längen angeboten und können sowohl offen als auch minimalinvasiv über ein Zielbügelssystem eingebracht werden [14].

Im Falle der proximalen Tibia existiert neben den unterschiedlichen Län-

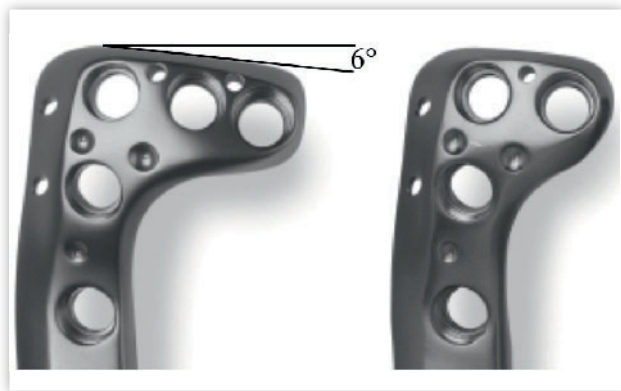


Abbildung 3 NCB-PT-Platte in den beiden Versionen mit 2 bzw. 3 Schrauben im Gelenkbereich. In der Seitensicht zeigte sich der posteriore Slope des Implantats von 6°. Abbildungen mit freundlicher Genehmigung der Firma Zimmer Biomet.



Abbildung 4 Röntgendurchlässiges Zielbügelssystem für distales Femur (links) bzw. proximale Tibia (rechts) für die minimalinvasive Technik. Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma Zimmer Biomet.

gen (132 und 212 mm bzw. 5, 7, 9 oder 13 Schaftschrauben) eine Version mit 2 und eine mit 3 proximalen Schrauben im Gelenkbereich. Der proximale Teil der Platte berücksichtigt zudem den posterioren tibialen Slope durch ein mit 6° nach dorsal abfallendes Design (Abb. 3). Für das distale Femur beträgt die Längenvarianz 167–324 mm (5–13 Schaftschrauben). Beide Platten werden in unterschiedlichen Versionen für die linke bzw. rechte Seite angeboten. Für das System stehen kanülierte und solide sowie selbstschneidende Spongiosa- und Kortikalisschrauben zur Verfügung. Zur temporären Fixation befinden sich in der Platte proximal und distal Löcher, über die Kirschner-Drähte platziert werden können. Optional kann vor Einbringen der Schrauben die Platte durch Spacer in 1–3 mm Stärke temporär auf Abstand zum Knochen bzw. Periost gebracht werden. Bei der minimalinvasiven Technik wird die Schraubenplatzierung im meta- und diaphysären Bereich durch das röntgendurchlässige Zielbügelssystem vorgegeben (Abb. 4). Nicht besetzte Schraubenlöcher können mit Verschlusskappen besetzt werden, um ein knöchernes Einwachsen zu verhindern.

Operationstechnik

Die präoperative Bildgebung umfasst die Röntgenuntersuchung des Kniegelenks in 2 Ebenen. Die Indikation zur Computertomografie ist bei komplexen, Gelenk-beteiligenden Frakturen als obligat einzustufen. Je nach Fraktur-

morphologie und Zustand der Weichteile kann die operative Versorgung prinzipiell offen oder minimalinvasiv durchgeführt werden. Die Lagerung des Patienten erfolgt unabhängig vom Zugang in Rückenlage mit einer Rolle unter dem Kniegelenk. Die kontralaterale Extremität sollte tiefer gelagert werden, um die intraoperative Durchleuchtung nicht zu beeinträchtigen. Alternativ kann im Fall der proximalen Tibia die Operation im elektrischen Beinhalter für die Arthroskopie erfolgen. Eine Blutsperrung ist nicht zu empfehlen. Ein arthroskopisch assistiertes Vorgehen kann im Falle der proximalen Tibia bei gering dislozierten Typ-B-Frakturen zur Repositionskontrolle oder bei (Verdacht auf) Kniebinnenschaden erwogen werden. Bei komplexen Typ-C-Frakturen ist hiervon unbedingt abzuraten, da sich durch Austritt von Spülflüssigkeit das Risiko eines Kompartmentsyndroms erhöht und der Spüldruck eine weitere Fragmentdislokation verursachen kann. Alle Patienten erhalten eine einmalige intraoperative Gabe eines Cephalosporins der zweiten Generation (Zinacef 1,5 g). Die intraoperative Anwendung eines 3-D C-Bogens kann bei Vorhandensein zum Einsatz kommen, was sich bei komplexen Frakturen als hilfreich erweisen kann.

Distales Femur

Das offene Vorgehen erfolgt im Sinne einer klassischen Arthrotomie, wobei der biologische Aspekt durch eine mög-

lichst schonende Präparation berücksichtigt werden sollte. Dies betrifft insbesondere das Periost und die Muskulatur, die lediglich stumpf vom Knochen abgehoben werden sollte. Die interfragmentäre Kompression sollte möglichst auf die Gelenkkomponente begrenzt werden, um im meta-/diaphysären Bereich die Prinzipien der dynamischen Osteosynthese mit sekundärer Heilung durch Kallusbildung einzusetzen [15]. Wenn meta-/diaphysär erforderlich, sollte eine interfragmentäre Kompression über Zugschrauben außerhalb der Platte umgesetzt werden. Bei spiralförmigen Frakturverläufen können Cerclagen wiederum unter der Platte zum Einsatz kommen, deren Anzahl auf 2 limitiert werden sollte, um eine übermäßige Strangulierung des Periosts zu vermeiden. Im Rahmen dessen können Cerclagen ggf. auch temporär angewendet werden, d.h. nach Beenden der Osteosynthese wieder entfernt werden [16]. Die Reposition erfolgt direkt oder indirekt unter Zuhilfenahme der anatomisch geformten Platte, die in einer möglichst langen Version angewendet werden sollte, um die Rigidität des Konstrukts zu reduzieren [17].

Bei der minimalinvasiven Vorgehensweise kommt die MIPO-Technik (minimal invasive plating osteosynthese) zum Einsatz [18]. Hierbei erfolgt die Darstellung des Gelenks über einen lateralen Zugang und die Platte wird unter die Muskulatur mit Hilfe des Zielbügels eingeschoben. Bei spiralförmigen Frakturausläufern können Cerclagen in o.g. Technik über eine gesonderte Inzision

eingesetzt werden im Sinne eines „Mini-open“-Vorgehens.

Proximale Tibia

Bei komplexen Frakturen der proximalen Tibia kann beim offenen Vorgehen ein gerader oder leicht geschwungener anterolateraler Zugang angewendet werden. Zudem kann ggf. ein zusätzlicher posteriorer bzw. (postero-) medialer Zugang erforderlich sein, um hierüber zusätzliche Fragmente mit additiver Osteosynthese zu adressieren [19]. Eine Arthrotomie mit Abhängen des Außenmeniskus zur Beurteilung intraartikulärer Begleitverletzungen und Repositionskontrolle erachten die Autoren bei komplexen, Gelenk-beteiligenden Frakturen als obligat. Nach erfolgter Darstellung der Fraktur und Reposition ggf. mit begleitender Aufrichtung einer imprimierten Gelenkfläche und Defektauffüllung kann die temporäre Fixation mittels Kirschner-Drähten durchgeführt werden. Die Platte wird nach stumpfem Schaffen eines Plattenlagers zwischen M. tibialis anterior und Periost eingebracht und ausgerichtet. Die Platte sollte proximal möglichst nah an die Knorpelregion positioniert werden. Temporär wird die Platte mit Drähten in den entsprechenden Bohrungen proximal und distal fixiert. Die erste Schaftschraube sollte unter Berücksichtigung der Frakturmorphologie nahe der proximalen Metaphysenregion platziert werden, um hierdurch gegen die Platte zu reponieren. Hierzu bietet sich der Verriegelungsmechanismus des Systems gut an. Im Anschluss daran erfolgt die proximale Fixierung mit Spongiosaschrauben parallel zur Gelenkfläche und abschließend die restlichen Fixierungen im Schaftbereich der Platte. Beim Einbringen der Schrauben wird eine Bohrhülse verwendet, die verhindert, dass der 30°-Kegel senkrecht zur Plattenebene überschritten wird. Sämtliche Schrauben sollten winkelstabil verriegelt werden. Optional können im Gelenkbereich kanülierte Spongiosaschrauben über vorgebohrte Kirschnerdrähte eingebracht werden.

Für das minimalinvasive Verfahren beginnt der Zugang proximal des Tuberculum gerdii und sollte ca. 5–6 cm nach distal reichen, wobei die Schnittlänge von der Frakturart und -schwere abhängt. Es gelten dieselben Empfehlun-

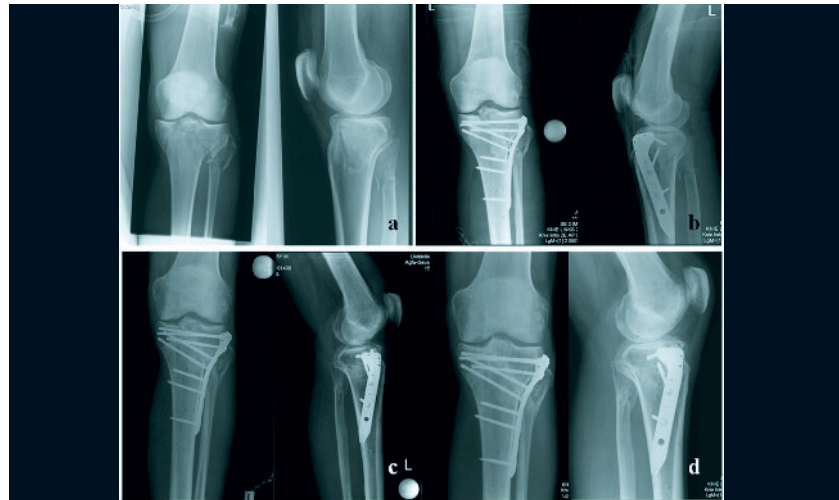


Abbildung 5a–d Röntgenverlauf einer AO 41-C2-Fraktur nach geschlossener Reposition und minimalinvasiver Versorgung. **a)** präoperativ, **b)** postoperativ, **c)** 3 Monate, **d)** 6 Monate. Die Plattenlage ist in der Seitensicht relativ weit ventral, ohne jedoch einen Überstand aufzuweisen oder einen negativen Einfluss auf den dorsalen Slope zu haben und wurde somit toleriert.

gen zur Arthrotomie wie beim offenen Vorgehen. Nach erfolgter Reposition und ggf. temporärer Fixierung wird die Platte unter Bildwandlerkontrolle eingebracht, ausgerichtet und proximal sowie distal mit Kirschner-Drähten fixiert. Die Reihenfolge der Schraubenplatzierung ist dieselbe wie beim offenen Vorgehen, wobei im Schaftbereich Stichinzisionen erfolgen und ein Trokarsystem, welches in die Platte und den Zielbügel geschraubt wird, zur Anwendung kommt (Abb. 5).

Ergebnisse

Distales Femur

25 Patienten mit 26 Frakturen wurden in 2 Kliniken mit dem beschriebenen Implantat und der OP-Technik versorgt [18]. Elf Patienten waren weiblich und 14 männlich. Das Alter betrug im Median 53 Jahre (19–86). Der überwiegende Anteil der behandelten Frakturen wurde als Typ C klassifiziert (73 %), was einem komplexen Frakturmuster entspricht. Insgesamt wiesen 81 % (Summe aus Typ-B- und Typ-C-Frakturen) eine Gelenkbeteiligung auf. 48 % der Patienten waren mehrfachverletzt bzw. polytraumatisiert. In 38 % lag eine offene Fraktur vor. Sämtliche Frakturen wurden minimalinvasiv versorgt oder – bei Vorliegen einer Gelenkbeteiligung, sei es partiell

oder vollständig (n = 21) – erfolgte der beschriebene, limitierte laterale Zugang in Verbindung mit der MIPO. Die längste Version der Platte (13 Löcher) wurde in 11 Fällen eingesetzt, die 9-Loch-Version kam in 9 und die 5-Loch-Version in 6 Fällen zum Einsatz. Das Follow-up betrug im Durchschnitt 36,5 Monate (13–76,4). In 92 % kam es im Röntgenbild zu einer vollständigen Frakturheilung. Basierend auf den Kriterien „sichtbarer Kallus in 2 Ebenen und schmerzfreie Vollbelastung“ waren alle Frakturen zum Zeitpunkt des letzten Follow-up geheilt (Abb. 6). Die Beweglichkeit des betroffenen Kniegelenks betrug 117° (70–140), was 90 % der Gegenseite entsprach. Das Ergebnis wurde zudem mit dem HSS- (Hospital for Special Surgery) Score bewertet. Dieser Score vergibt maximal 100 Punkte und fragt die Kriterien Schmerz, Funktion, Instabilität, Kraft, Flexionskontraktur und Beweglichkeit ab [20]. Die Graduierung umfasst die Kategorien exzellent (85–100 Punkte), gut (70–81 Punkte), befriedigend (60–69 Punkte) und ungenügend (< 60 Punkte). Im Median betrug der Score 79 Punkte (32–99), worunter 12 „exzellente“ und 7 „gute“ Ergebnisse waren. Die Revisionsrate betrug 19 % (n = 2 non-union, n = 1 tiefer Infekt bei gleichzeitigem Kompartmentsyndrom, n = 1 Schraubenperforation nach intraartikulär, n = 1 lokale Schraubenirritation). Ein Implantatbruch oder eine Schraubenlockerung



Abbildung 6 Röntgenverlauf einer AO 33-C3-Fraktur nach offener Gelenkrekonstruktion und MIPO. Es zeigt sich die anatomische Reposition im Gelenkbereich und die sekundäre Konsolidierung mit Kallusbildung metaphysär in Folge der Überbrückungsosteosynthese.

trat nicht auf. Eine elektive Entfernung der Platte erfolgte in 31 %.

Proximale Tibia

Im Rahmen einer weiteren Multicenterstudie wurden 86 Patienten mit proximaler Tibiafraktur mit dem zuvor beschriebenen Implantat und der OP-Technik versorgt [21]. Fünf Zentren nahmen an der Studie teil und behandelten zwischen 9 und 40 Patienten. Die demografischen Daten und die Lebensqualität vor dem Unfall wurden mit dem Short-Form-12 (SF12) Fragebogen erfasst. Im klinischen und radiologischen Follow-up nach 3, 6 und 12 Monaten wurde wiederum der HSS-Score erhoben. Das Kollektiv umfasste 35 Frauen und 51 Männer bei einem Altersmedian von 51 Jahren (23–97). Die linke und rechte Seite waren nahezu gleichermaßen betroffen (links 51 %, rechts 41 %). Die Unfallursache war zu gleichen Teilen ein niedrig-energetisches bzw. ein Hochrasanztrauma. Es wurden nahezu ausschließlich (96 %) Gelenk-beteiligende Frakturen versorgt, davon fast die Hälfte Typ C (44 %). In einem Fall lag eine offene Fraktur (Gustillo Typ 2) vor. An intraartikulären Begleitverletzungen fanden sich 16 Meniskusläsionen, 12 vordere Kreuzbandrupturen und 6 Seitenbandrupturen (medial oder lateral). 64 % der Operationen erfolgten in minimalinvasiver Technik. Die Platte mit

proximal 2 Löchern kam in der Mehrzahl der Fälle zum Einsatz (57 %). In 25 Fällen wurde ein synthetischer Knochenersatz implantiert. Die OP-Dauer betrug im Median 116 Minuten (43–297). Nach Drainagenzug erfolgte eine passive Mobilisation auf der Motorschiene limitiert auf 90° für 6 Wochen. Ebenso war die axiale Belastung limitiert auf 20 kg für 6 Wochen.

Das funktionelle Ergebnis verbesserte sich während des Follow-ups konstant mit teilweiser statistischer Signifikanz. Der HSS-Score betrug nach einem Jahr im Median 87 Punkte (27–100), was einem guten bis exzellenten Ergebnis in 95 % entspricht. Die Beugefähigkeit des betroffenen Kniegelenks nach einem Jahr betrug im Median 124° (75–150°). Nach 3 Monaten waren 53 % der Frakturen im Röntgenbild geheilt, was sich auf 91 % (6 Monate) bzw. 99 % (12 Monate) erhöhte (Abb. 5). Die radiologische Analyse der Beinachse ergab eine Abweichung von > 5° bei 13 Patienten. Zieht man von dieser Gruppe jedoch 2 Ausreißer mit komplexer Bandverletzung ab, die wegen Arthrofibrose revidiert werden mussten, ist das funktionelle Ergebnis dieser Gruppe im HSS-Score immer noch gut bis exzellent gewesen (88 Punkte, 71–97) bei einer Beugefähigkeit von 126° (105–135°). Die Rate an Komplikationen lag bei 26 % (n = 24 bei 22 Patienten), wovon n = 5 (21 %) nicht direkt mit der OP in

Verbindung standen (Thrombose, Embolie, Pneumonie).

Diskussion

Komplexe Gelenkfrakturen stellen eine chirurgische Herausforderung dar, da das vordringliche Ziel der anatomischen Reposition in diesen Fällen zwar entscheidend, aber aufgrund der Komplexität der Verletzung häufig nur sehr schwer zu erreichen ist. Hinzu kommen außerdem häufig ein Weichteilschaden unterschiedlichen Ausmaßes, sowie je nach betroffenem Gelenk die Verletzung von Binnenstrukturen. Das grundsätzliche Therapieziel in der operativen Behandlung von Gelenkfrakturen ist neben der anatomischen Reposition, insbesondere im Falle der unteren Extremität, die Rekonstruktion von Achse, Länge und Rotation sowie die Therapie etwaiger Begleitverletzungen von Binnenstrukturen. Der Anspruch an die osteosynthetische Stabilisierung muss zumindest die Möglichkeit der funktionellen Beübung des betroffenen Gelenks sein. Prognostisch gilt es, die Funktion des Gelenks möglichst lange zu erhalten und das Risiko einer posttraumatischen Arthrose zu reduzieren. Wenngleich sich diese Verletzungen selbstverständlich nicht auf die untere Extremität reduzieren, sind sie hier von besonderer Bedeutung aufgrund der axialen Belastung in diesem Bereich und dem hieraus resultierenden Risiko von Einschränkungen der Mobilität bis hin zu deren Verlust beim Erleiden einer komplexen Gelenkfraktur eines großen Gelenks der unteren Extremität.

Die Vorteile winkelstabiler Platten mit Blick auf die Primärstabilität aus biomechanischer Sicht sind mittlerweile vielfach für unterschiedlichste Lokalisationen und in variierenden Versuchsaufbauten beschrieben [12, 13, 22, 23]. Im Design sind die meisten dieser Implantate der Anatomie des jeweiligen Knochens nachempfunden, um die Rekonstruktion mit der Platte als „Schablone“ zu erleichtern. Hieraus leitet sich auch der teilweise verwendete Begriff der „Formplatte“ ab. Die Vorteile der winkelstabilen Platte schlagen sich in der Klinik in häufig geringeren Komplikationsraten nieder im Vergleich zu konventionellen, d.h. nicht-winkelstabilen Implantaten [24–26]. Es

ist an dieser Stelle jedoch darauf hinzuweisen, dass die Datenlage in Bezug auf klinische, prospektiv-randomisierte Studien zur Klärung der Frage der Überlegenheit winkelstabiler Implantate sehr dürrftig ist. In der klinischen Praxis jedoch haben sich diese Implantate als Standard in der Frakturversorgung, insbesondere von komplexen (Gelenk-) Frakturen durchgesetzt. Das Angebot seitens der Industrie ist vielfältig, und es existiert eine Vielzahl an Implantaten, die jedoch nahezu alle die wesentlichen Merkmale der Winkelstabilität und der anatomischen Formgebung vereinen. Die vorliegende Arbeit beschreibt die winkelstabile Non-Contact-Bridging- (NCB) Platte (Zimmer Biomet) exemplarisch als eine Möglichkeit der Versorgung komplexer Gelenkfrakturen. Das Portfolio umfasst den proximalen Humerus, das distale Femur, die proximale Tibia sowie speziell entworfene Platte für die periprothetische Femurfraktur, sei es proximal oder distal. Die Implantate sind allesamt anatomisch gestaltete Formplatten mit winkelstabiler Schraubenplatzierung. Der winkelstabile Verriegelungsmechanismus stellt ein Alleinstellungsmerkmal dar. Eine primär konventionelle Schraube, d.h. ohne Gewinde im Kopfbereich, wird sekundär durch das Einbringen einer Verschlusskappe winkelstabil verriegelt. Dies erlaubt die indirekte Reposition gegen die Platte und das Ausüben von interfragmentärer Kompression mit anschließender winkelstabiler Verriegelung mit derselben Schraube. Zudem kann die Schraubenplatzierung polyaxial erfolgen [12].

Aufgrund der Möglichkeit der drastischen Konsequenz in der Prognose für den Patienten und der hieraus erwachsenden klinischen Relevanz, wurden im vorliegenden Artikel die Versorgungen komplexer Gelenkfrakturen des distalen Femurs und der proximalen Ti-

bia mit der NCB-Platte exemplarisch für die Behandlung komplexer Gelenkfrakturen mit winkelstabiler Formplatte beschrieben. Im Falle des distalen Femurs erfolgte die Versorgung bei Gelenk-beteiligender Fraktur über eine laterale Arthrotomie und Applikation der Platte in MIPO-Technik [18]. Es wurden die Prinzipien der dynamischen bzw. Überbrückungsosteosynthese bei metaphysärer Beteiligung im Sinne einer Trümmerzone angewandt [15]. Zu diesen Prinzipien gehört neben der Länge der Platte und Schraubenkonfiguration der limitierte Einsatz von Zugschrauben, vorzugsweise außerhalb der Platte bzw. Cerclagen bei spiralförmigem Frakturverlauf unter der Platte [24]. In dem untersuchten Kollektiv kam es zu 2 Pseudarthrosen (8 %), die bei einem Polytrauma und einer offenen Fraktur auftraten. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der Literatur bzw. liegt leicht darunter [27, 28]. Auch das funktionelle Ergebnis ist mit dem anderer Studien vergleichbar [29]. Im Falle der Ergebnisse für die proximale Tibia lag das funktionelle Ergebnis ebenfalls in Einklang mit Literatur [25]. Die Rate an Pseudarthrosen war gering mit 91 % Konsolidierungsrate nach 6 Monaten. Ein Repositionsverlust mit Notwendigkeit der Revision inklusive einer additiven Platte von medial trat in nur einem Fall auf. Dies ist bemerkenswert, wenn man die Rate von 44 % an bikondylären Typ-C-Frakturen betrachtet und spricht für die hohe Primärstabilität des von lateral angebrachten Implantats. Die geringe Rate an Weichteilkomplikationen, insbesondere der Infektion, wird wesentlich auf das minimalinvasive Vorgehen zurückgeführt, was in 64 % erfolgte.

Diese Ergebnisse belegen die bekanntermaßen große Bedeutung der Weichteile in der Behandlung komplexer Gelenkfrakturen. Diese müssen ggf.

mit Hilfe einer externen Fixation konsolidiert bzw. plastisch rekonstruiert werden, um dann die definitive Versorgung durchzuführen. Diese Faktoren sind als Implantat-unabhängig zu erachten. Die modernen winkelstabilen Formplatten der führenden Hersteller sind ohnehin als zumeist fast gleichwertig zu erachten, was auch die fehlende Evidenz für die Überlegenheit eines einzelnen Systems erklärt. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellte Lösung weist als spezifisches Charakteristikum zwar den winkelstabilen Verriegelungsmechanismus auf, mit der Möglichkeit der Polyaxialität, vereint aber ansonsten die gängigen Eigenschaften einer winkelstabilen Formplatte. Ein weiterer wesentlicher Faktor, der über den Erfolg der operativen Therapie entscheidet, ist wiederum nicht das Implantat selber, sondern seine korrekte Anwendung der Prinzipien der Versorgung. Hier ist die distale Femurfraktur ein gutes Beispiel mit der beschriebenen dynamischen oder auch Überbrückungsosteosynthese. Kein noch so gutes Implantat kann die fehlende oder falsche Anwendung dieser Prinzipien kompensieren, weswegen die konsequente Ausbildung in der Anwendung der modernen Implantate zu fordern ist. OUP

Interessenkonflikt: G. Röderer ist Instrukteur bei Zimmer Biomet

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Götz Röderer
Universitätsklinikum Ulm
Zentrum für Chirurgie
Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie
Albert-Einstein-Allee 23
80981 Ulm
goetz.roederer@uniklinik-ulm.de

Literatur

1. Dirschl DR, Dawson PA: Injury severity assessment in tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 423: 85–92
2. Rademakers MV, Kerkhoffs GM, Sierevelt IN, Raaymakers EL, Marti RK: Operative treatment of 109 tibial plateau fractures: five- to 27-year follow-up results. *J Orthop Trauma* 2007; 21: 5–10
3. Jiang R, Luo CF, Wang MC, Yang TY, Zeng BF: A comparative study of Less Invasive Stabilization System (LISS) fixation and two-incision double plating for the treatment of bicondylar tibial plateau fractures. *Knee* 2008; 15: 139–143
4. Tejwani NC, Hak DJ, Finkemeier CG, Wolinsky PR: High-energy proximal tibial fractures: treatment options and decision making. *Instr Course Lect* 2006; 55: 367–379
5. Müller ME, Nazarin SK P: Classification AO des fractures: les os longs. Berlin Heidelberg New York: Springer, 1987

6. Reynders P: Open acute segmental tibial fracture fixation using the Less Invasive Stabilisation System (LISS): study of 23 consecutive cases. *Injury* 2009; 40: 449–454
7. Boldin C, Fankhauser F, Hofer HP, Szyzkowitz R: Three-year results of proximal tibia fractures treated with the LISS. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 445: 222–229
8. Stevens DG, Beharry R, McKee MD, Waddell JP, Schemitsch EH: The long-term functional outcome of operatively treated tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2001; 15: 312–320
9. Cole PA, Zlowodzki M, Kregor PJ: Compartment pressures after submuscular fixation of proximal tibia fractures. *Injury* 2003; 34 Suppl 1: A43–46
10. Gaudinez RF, Mallik AR, Szporn M: Hybrid external fixation of comminuted tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1996: 203–210
11. Higgins TF, Klatt J, Bachus KN: Biomechanical analysis of bicondylar tibial plateau fixation: how does lateral locking plate fixation compare to dual plate fixation? *J Orthop Trauma* 2007; 21: 301–306
12. Röderer G, Gebhard F, Krischak G, Wilke HJ, Claes L: Biomechanical in vitro assessment of fixed angle plating using a new concept of locking for the treatment of osteoporotic proximal humerus fractures. *Int Orthop* 2011; 35: 535–541
13. Claes L: Das Prinzip der winkelstabilen Platte – eine kritische Bewertung: *Orthopädie und Unfallchirurgie update* 2011; 6: 3–15
14. Röderer G, Erhardt J, Graf M, Kinzl L, Gebhard F: Clinical results for minimally invasive locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2011; 24: 400–406
15. Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS: Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury* 2003; 34: Suppl 2: B11–19
16. Ruchholtz S, Tomas J, Gebhard F, Larsen MS: Periprosthetic fractures around the knee – the best way of treatment. *European orthopaedics and traumatology*; 4: 93–102
17. Greiwe RM, Archdeacon MT: Locking plate technology: current concepts. *The journal of knee surgery* 2007; 20: 50–55
18. Erhardt JB, Vincenti M, Pressmar J et al.: Mid term results of distal femoral fractures treated with a polyaxial locking plate: a multi-center study. *The open orthopaedics journal* 2014; 8: 34–40
19. Lobenhoffer P, Gerich T, Bertram T et al.: [Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures]. *Unfallchirurg* 1997; 100: 957–967
20. Ranawat CS, Shine JJ: Duo-condylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1973; 94: 185–195
21. Jockel JA, Erhardt J, Vincenti M et al.: Minimally invasive and open surgical treatment of proximal tibia fractures using a polyaxial locking plate system: a prospective multi-centre study. *Int Orthop*; 37: 701–708
22. El-Zayat BF, Efe T, Ruchholtz S et al.: Mono- versus polyaxial locking plates in distal femur fractures – a biomechanical comparison of the Non-Contact-Bridging- (NCB) and the PERILOC-plate. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2014; 15: 369
23. Baumann P, Ebner L, Giesinger K, Kuster MS: A triangular support screw improves stability for lateral locking plates in proximal tibial fractures with metaphyseal comminution: a biomechanical analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131: 815–821
24. Erhardt JB, Grob K, Röderer G et al.: Treatment of periprosthetic femur fractures with the non-contact bridging plate: a new angular stable implant. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 409–416
25. Liu F, Tao R, Cao Y et al.: The role of LISS (less invasive stabilisation system) in the treatment of peri-knee fractures. *Injury* 2009; 40: 1187–1194
26. Partenheimer A, Gosling T, Muller M et al.: [Management of bicondylar fractures of the tibial plateau with unilateral fixed-angle plate fixation]. *Unfallchirurg* 2007; 110: 675–683
27. Pressmar J, Macholz F, Merkert W, Gebhard F, Liener UC: [Results and complications in the treatment of periprosthetic femur fractures with a locked plate system]. *Unfallchirurg* 2010; 113: 195–202
28. El-Zayat BF, Zettl R, Efe T et al.: [Minimally invasive treatment of geriatric and osteoporotic femur fractures with polyaxial locking implants (NCB-DF(R))]. *Unfallchirurg*; 115: 134–144
29. Smith TO, Hedges C, MacNair R, Schankat K, Wimhurst JA: The clinical and radiological outcomes of the LISS plate for distal femoral fractures: a systematic review. *Injury* 2009; 40: 1049–1063
30. Gandek B, Ware JE, Aaronson NK et al.: Cross-validation of item selection and scoring for the SF-12 Health Survey in nine countries: results from the IQOLA Project. *International Quality of Life Assessment. J Clin Epidemiol* 1998; 51: 1171–1178
31. Biggi F, Di Fabio S, D’Antimo C, Trevisani S: Tibial plateau fractures: internal fixation with locking plates and the MIPO technique. *Injury* 2010; 41: 1178–1182
32. Higgins TF, Kemper D, Klatt J: Incidence and morphology of the posteromedial fragment in bicondylar tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2009; 23: 45–51
33. Abdel-Hamid MZ, Chang CH, Chan YS et al.: Arthroscopic evaluation of soft tissue injuries in tibial plateau fractures: retrospective analysis of 98 cases. *Arthroscopy* 2006; 22: 669–675
34. Gaudinez RF, Mallik AR, Szporn M: Hybrid external fixation in tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1996: 329: 223–232
35. Koval KJ, Sanders R, Borrelli J et al.: Indirect reduction and percutaneous screw fixation of displaced tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 1992; 6: 340–346
36. Lindvall E, Sanders R, Dipasquale T et al.: Intramedullary nailing versus percutaneous locked plating of extra-articular proximal tibial fractures: comparison of 56 cases. *J Orthop Trauma* 2009; 23: 485–492
37. Gosling T, Schandelmaier P, Muller M et al.: Single lateral locked screw plating of bicondylar tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 439: 207–214
38. Gosling T, Schandelmaier P, Marti A et al.: Less invasive stabilization of complex tibial plateau fractures: a biomechanical evaluation of a unilateral locked screw plate and double plating. *J Orthop Trauma* 2004; 18: 546–551
39. Mueller KL, Karunakar MA, Frankenburg EP, Scott DS: Bicondylar tibial plateau fractures: a biomechanical study. *Clin Orthop Relat Res* 2003: 189–195
40. Högel F, Hoffmann S, Panzer S et al.: Biomechanical comparison of intramedullary versus extramedullary stabilization of intra-articular tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012