

Universitätsklinikum Ulm

Zentrum für Chirurgie

Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. F. Gebhard

**Die NCB[®]-DF-Platte -
Anwendungen und Ergebnisse der ersten 50 Implantationen
an der Universität Ulm**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Ulm

Wolfgang Merkert

geboren in Füssen

2011

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: PD Dr. Christoph Dehner

2. Berichterstatter: PD Dr. Peter Steffen

Tag der Promotion: 18.10.2012

Inhaltsverzeichnis	Seite
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	4
2.1 Patientenkollektiv	4
2.2 Datenerfassung	4
2.3 Datenauswertung	5
2.4 Klassifikation der Femurfrakturen	6
2.4.1 Vancouver-Klassifikation	6
2.4.2 Lewis- und Rorabeck-Klassifikation	7
2.4.3 AO-Klassifikation von Frakturen langer Röhrenknochen	7
2.4.4 Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen Frakturen	9
2.5 NCB[®]-DF-Platte und operatives Vorgehen	9
2.5.1 Implantatbeschreibung	9
2.5.2 winkelstabile Verankerung	10
2.5.3 Begriff NCB [®] - Non-Contact Bridging	11
2.5.4 Operative Strategie	12
2.5.4.1 MIS TM -Technik	12
2.5.4.2 Offenes Verfahren	13
2.5.4.3 Technik bei proximal gelegenen Frakturen	14
3. Ergebnisse	15
3.1 Indikationsspektrum und Operationsparameter	15

3.1.1	periprothetische Frakturen	16
3.1.2	Erstfrakturen	20
3.1.3	Implantatversagen	25
3.1.4.	Spezialfälle	27
3.2	Intraoperativer Blutverlust und Substitution	32
3.3	Komplikationen	34
3.3.1	intraoperativ	34
3.3.2	postoperativ	35
3.4	Follow-up	37
4.	Diskussion	39
4.1	Material und Methode	39
4.2.	Ergebnisse	39
4.3	Limitationen der Studie	45
4.4	Schlussfolgerung	47
5.	Zusammenfassung	48
6.	Literaturverzeichnis	50
	Danksagung	58
	Lebenslauf	59

Abkürzungsverzeichnis:

%	Prozent
®	registered trade mark (registrierte Warenmarke)
°	Grad (Winkelmaß)
a.-p.	anterior-posterior
Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	centimeter
CT	Computertomographie
DFN	distaler Femurnagel
EK	Erythrocytenkonzentrat
EKs	Erythrocytenkonzentrate
et al.	und andere
etc.	etcetera
evtl.	eventuell
ISG	Ileosakralgelenk (Articulatio sacroiliaca)
kg	Kilogramm
LCP	locking compression plate (Osteosyntheseplatte)
LFN	lateral femur nail (lateraler Femurnagel)
LISS®	less invasive stabilization system (Firma Synthes/USA,

	Paoli/Pennsylvania), winkelstabile Osteosyntheseplatte
M.	Musculus (Muskel)
ME	Metallentfernung
min	Minute(n)
ml	Milliliter
MIPO	minimally invasive plate osteosynthesis - minimal invasive Plattenosteosynthese
MIS TM	minimally invasive solution (Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana) minimalinvasive Operationsstrategie
NCB [®]	non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung)
NCB [®] -DF	non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)
o. g.	oben genannt
OP	Operation
ORIF	open reduction and internal fixation (offene Reposition und interne Fixation)
PC-Fix	point contact fixator – Osteosyntheseplatte mit punktförmigem Knochenkontakt
PFN	proximaler Femurnagel
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
TEPs	Totalendoprothesen
TiAlNb	Titanium Aluminium Niobium

TiAlV	Titanium Aluminium Vanadium
TM	unregistered trade mark (unregistrierte Warenmarke)
u.	und
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
Z. n.	Zustand nach

1. Einleitung

Seit Beginn der 50er Jahre wird im Rahmen der Osteosynthese von Femurfrakturen das ORIF-Prinzip (open reduction and internal fixation) der offenen Reposition unter Sicht mit anschließender interner Fixation angewandt [9,54]. Bis Ende der 80er Jahre war allen auf diesem Prinzip beruhenden Osteosynthesetechniken gemeinsam, dass die Reposition und Stabilisation eine extensive Weichteileröffnung notwendig machte und häufig zur Denudierung des traumatisierten Knochens im Frakturbereich führte [15,26,30]. Eine stabile Plattenosteosynthese erforderte eine starke Kompression zwischen Platte und Knochen über eine möglichst große Auflagefläche [62]. Dadurch wurde die ohnehin schon durch das Trauma und die ORIF-Technik eingeschränkte Perfusion des Knochens und des Periosts noch zusätzlich kompromittiert [14,23,51]. Dies führte auf Grund der verminderten Sauerstoff- und Nährstoffversorgung des Knochens und der Weichgewebe nicht selten zu Problemen bei der Frakturheilung (delayed-union, non-union), zu Wundheilungsstörungen und zu Nekrosen [23,35,51]. Überdies erhöhten derartige OP-Verfahren auch das Risiko von Infektionen [37,40].

So wird Ende der 60er Jahre über die distale Femurfraktur von Komplikationsraten bis 40 % betreffend postoperativer Osteitis und Pseudarthrosen berichtet [43]. Die operative Behandlung pertrochantärer Frakturen mit damals ebenfalls enttäuschenden Ergebnissen barg bis in die 80er Jahre immer noch eine Komplikationsrate von ca. 40 % [22,71]. Bei der chirurgischen Behandlung periprothetischer Frakturen wurde im gleichen Zeitraum von Infektionen in bis zu 23 % der Fälle gesprochen und allgemeine Komplikationsraten wurden mit bis zu 46 % erwähnt [49].

Nachdem die Perfusion des Weichgewebes und des Knochens als Grundlage einer komplikationsarmen und schnellen knöchernen Durchbauung in den Mittelpunkt rückte, wurden neue Implantatsysteme und operative Strategien mit deutlich verringertem zusätzlichen Operationstrauma entwickelt, mit dem Ziel, die Infektionsraten zu senken sowie die knöcherne Konsolidierung zu beschleunigen [54,62,64].

Hinsichtlich der Implantatsysteme wurde die Kontaktfläche zwischen Platte und Femur stetig verringert, um die iatrogene Verminderung der Knochenperfusion möglichst gering zu halten [50]. Mit dem Point Contact Fixator (PC-Fix), biomechanisch eine Kombination aus internem Fixateur und konventioneller Osteosyntheseplatte, entstand schließlich ein

System, das nur noch punktförmig dem Knochen auflag [62]. Letztlich wurde die Idee des bereits in den frühen 80er Jahren erfolgreich im Bereich der Wirbelsäule eingesetzten, winkelstabilen Fixateurs interne ohne Kontaktfläche zum Knochen auf den Einsatz im Bereich der Extremitäten übertragen [26]. Ab Ende der 80er Jahre begann basierend auf diesem Fixateur interne - Prinzip die Entwicklung des Less Invasive Stabilization Systems (LISS[®]-Platte) [15].

Hier greifen am Schraubenkopf befindliche Außengewinde in ein Innengewinde der Plattenlöcher, was zu einer rigiden, winkelstabilen Verbindung zwischen Schrauben und Platte führt [59,64]. Die Lastübertragung vom Knochen auf die Platte erfolgt bei diesem Prinzip nicht mehr quer zur Schraubenachse durch Scherkräfte und über Friktion zwischen Knochen und Platte, sondern über Biegebeanspruchung der Schrauben im Bereich ihres Kopfes [26,65]. Eine Kompression zwischen Platte und Knochen und damit die Kompression der periostalen Gefäße wird vermieden [59]. Zwischen Knochen und Platte verbleibt ein Zwischenraum, der die periostale Durchblutung und die Knochenperfusion zulässt [26].

Die Wahl minimalinvasiver Zugänge (MIPO-Technik) als neue operative Strategie nach hierfür unerlässlicher indirekter Reposition ermöglicht eine geringe Verletzung der Weichgewebsintegrität und damit zusätzlich eine bessere Blutversorgung des Knochens und der Weichgewebe [38,39,70]. Derartige Zugänge erfordern lediglich eine minimale Dissektion der Weichteile [54]. Die Platte wird zwischen Periost und M. vastus lateralis eingeschoben, ein Zielbügel erlaubt das ebenfalls minimal invasive perkutane Einbringen selbstschneidender Schrauben über Stichinzisionen [54,64]. Durch den Einsatz monokortikaler Schrauben kann zusätzlich das Problem der intraossären Perfusionsstörung reduziert werden.

Vor diesem Hintergrund sind die Komplikationsraten durch Verwendung der LISS[®]-Platte, einer in MIPO-Technik eingebrachten winkelstabilen Osteosyntheseplatte z. B. bei distalen Femurfrakturen gesunken [64]. Bei periprothetischen Frakturen bei Z. n. Knie-TEP scheint diese Platte von großem Vorteil zu sein und könnte zu niedrigen Infektionsraten führen [1]. Ebenso sind initiale Erfolge bei periprothetischen Frakturen bei Z. n. Hüft-TEP verzeichnet worden [8,16,24,25]. So berichten die Autoren in Publikationen ab 2000 über allgemeine Komplikationsraten zwischen 5,2 und 29 % [16,29,44,55,60,61].

Ein neues winkelstabiles Plattensystem, die NCB[®]-DF-Platte der Firma Zimmer lässt sich vergleichbar mit der LISS[®]-Platte über einen minimalinvasiven Zugang einbringen. Anders als bei der LISS[®]-Platte, bei der ein zusätzliches Gewinde des konischen Schraubenkopfs beim Eindrehen der Schrauben in ein Innengewinde der Plattenlöcher greift [59,64], wird die Winkelstabilität erst nachträglich durch Arretierung der eingebrachten Schrauben mit Klemmschrauben hergestellt. Folglich können die Schrauben vor der Sicherung als Kompressions- oder Zugschrauben zur Frakturpositionierung verwendet werden. Da die winkelstabile Verankerung nicht an den Eindrehvorgang der Schrauben gekoppelt ist, kann die Schraube bis zu 30° abweichend von ihrer eigentlichen Richtung eingebracht werden. Somit ist es möglich, Hindernisse, wie z. B. bestehende Implantate oder Bereiche mit schlechter Knochenqualität, in zahlreichen Fällen beim Einbringen zu umgehen.

Es handelt sich bei der NCB[®]-DF-Platte also um ein polyaxiales winkelstabiles Plattensystem, das für diaphysäre und distale, extra- und intraartikuläre Femurfrakturen, sowie periprothetische Frakturen und Osteotomien konzipiert wurde, also ein breites Indikationsspektrum umfassen soll. Man erhofft sich vor allem durch die nach Schraubenpositionierung erfolgende winkelstabile Arretierung und die daraus folgende Polyaxialität eine bessere Stabilität der Osteosynthese vor allem auch bei Patienten mit Osteoporose oder periprothetischen Frakturen und damit größere Erfolge hinsichtlich Frakturheilung als bei anderen winkelstabilen Osteosyntheseplatten.

Studienziel

Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Untersuchung, im Rahmen einer retrospektiven Verlaufsstudie die ersten 50 – im Zeitraum vom 01. März 2005 bis 23. Februar 2007 an der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm – implantierten NCB[®]-DF-Platten hinsichtlich des Indikationsspektrums, des Verletzungstyps, des Operationsverlaufs und der –technik, sowie der aufgetretenen Komplikationen und der Dauer bis zum Erreichen der Vollbelastung zu analysieren. Die Ergebnisse sollten mit in der Literatur verfügbaren Daten anderer Plattenosteosynthesysteme, v. a. der LISS[®]-Platte, verglichen und diskutiert werden.

2. Material und Methode

2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 (23 Monate), wurden in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm bei 48 Patienten (26 Frauen, 22 Männer) im Alter von neun bis 94 Jahren 50 NCB[®]-DF-Platten implantiert. Das durchschnittliche Alter der Patienten belief sich auf 63 Jahre. Die Altersverteilung ist in Abbildung 1 dargestellt.

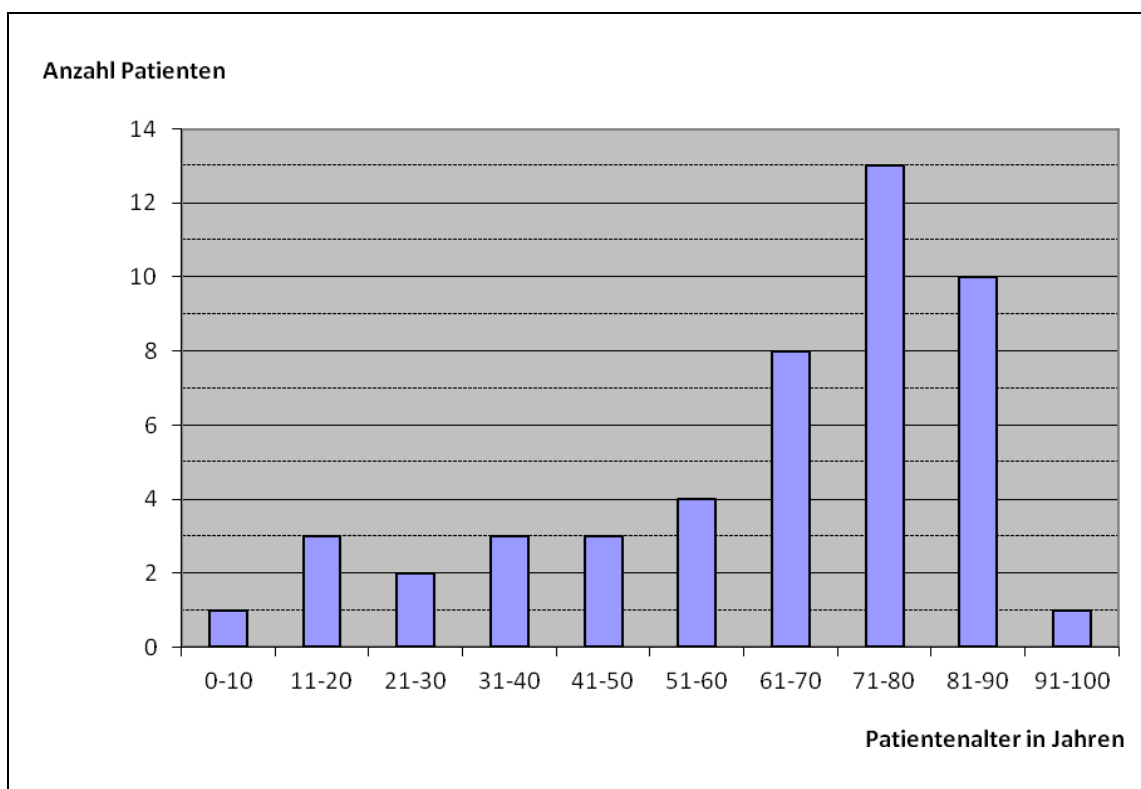


Abbildung 1:

Säulendiagramm zur Altersverteilung der 48 mit NCB[®]-DF-Platten in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 osteosynthetisch versorgten Patienten. Die Patienten wurden gemäß ihres Alters in Intervalle von 10 Jahren eingeteilt.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

2.2 Datenerfassung

Die retrospektiv erhobenen Daten wurden der klinikinternen elektronischen Patientenakte entnommen (OP-Berichte, Anästhesieprotokolle, Arztbriefe, etc.). Erhoben wurden neben

den Patientenstammdaten (Name, Geschlecht, Geburtsdatum) die betroffene Seite, Indikation, Frakturursache und -klassifikation, Voroperationen, OP-Datum und -Dauer, Größe der NCB[®]-DF-Platte, sowie das operative Vorgehen. Zusätzlich wurden Komplikationen intra- und postoperativ und u. U. daraus resultierende Revisionen, sowie geschätzter Blutverlust und eventuelle Gabe von Erythrozytenkonzentraten erfasst. Ein Follow-up mit Daten zum Mobilisationsverlauf (Vollbelastung) wurde erstellt. Alle gefundenen Daten wurden in einer Excel-Tabelle gesammelt. Der zu Grunde liegende Datenstand ist der 11.10.2007.

Die im elektronischen Röntgenarchiv der Klinik zum Patientenkollektiv gespeicherten Röntgenbilder wurden in einer Power-Point-Präsentation gesammelt.

2.3 Datenauswertung

Folgende Parameter wurden berechnet: Patientenalter bei OP, Zeit zwischen OP und Vollbelastung.

Anhand der Röntgenaufnahmen wurden im Abgleich mit vorhandenen Daten in den elektronischen Patientenakten alle Frakturen klassifiziert. Die Vancouver-Klassifikation gemäß Duncan und Masri war Grundlage für periprothetische Frakturen bei vorhandenen proximalen Implantaten, wie z. B. Hüft-TEPs [10], die Lewis- und Rorabeck-Klassifikation bei Z. n. Knie-TEP [56]. Für Femurfrakturen ohne einliegende Implantate, im folgenden als Erstfrakturen bezeichnet, fand die AO-Klassifikation Anwendung [42]. Offene Frakturen wurden nach Tscherne und Oestern klassifiziert [68].

Zur statistischen Auswertung der Operationszeit wurden nur Operationen herangezogen, in welchen Einzelversorgungen eines Femurs mit einer NCB[®]-DF-Platte stattgefunden hatten. Dieselben Kriterien wurden bei der statistischen Auswertung des Blutverlusts und der Gabe von Erythrozytenkonzentraten angewandt. Ausgeschlossen wurden diesbezügliche Daten von vier polytraumatisierten Patienten (24-jähriger Patient, 20-jährige Patientin und 85-jähriger Patient nach Verkehrsunfall; 73-jähriger Patient nach Sprung von einer Brücke) mit umfangreichen operativen Eingriffen und einer 71-jährigen Patientin, bei der nach iatrogenen periprothetischer Fraktur während des Einhämmerns einer Hüft-TEP erst intraoperativ die Indikation zur sofortigen Implantation einer NCB[®]-

DF-Platte gestellt wurde.

Die Auswertung sämtlicher Parameter erfolgte deskriptiv und nach Indikationsgruppen getrennt.

2.4 Klassifikation der Femurfrakturen

2.4.1 Vancouver-Klassifikation

Für die periprothetischen Frakturen bei liegender Hüft-TEP wurde die Vancouver-Klassifikation nach Duncan und Masri [10,31] angewandt (Abb. 2). Außerdem wurden Frakturen an proximalen Implantaten mit intramedullärer Verankerung (PFN, Intertan-Marknagel) nach Vancouver klassifiziert. Es wird zwischen Absprengungsfrakturen der Trochanteren (A_G : Trochanter major, A_L : Trochanter minor), sowie distal des Implantats gelegener Frakturen (C) bzw. Frakturen im Bereich des Implantats (B) differenziert. Bei letzteren wird zusätzlich beurteilt, ob das Implantat noch fest im Knochen verankert (B1), oder im Falle einer Lockerung von adäquatem (B2) oder vermindertem (B3) Restknochenangebot umgeben ist.

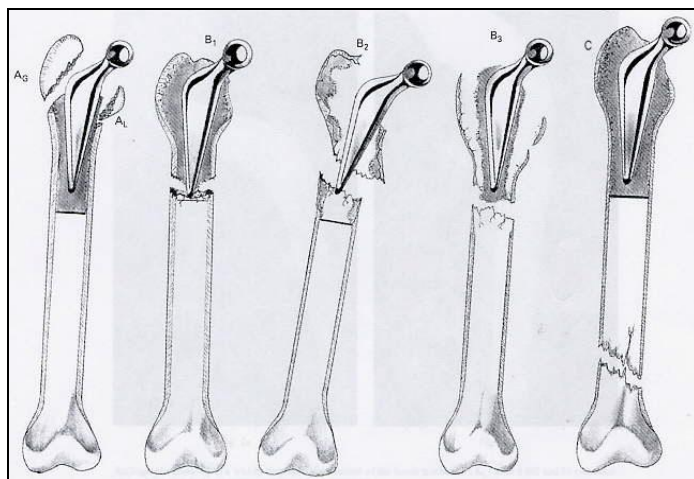


Abbildung 2:

Schematische Darstellung der Vancouver-Klassifikation nach Duncan und Masri für periprothetische Femurfrakturen bei liegender Hüft-Totalendoprothese. Die Frakturen werden eingeteilt nach Absprengungen des Trochanter majors (A_G) beziehungsweise minors (A_L), nach Frakturen im Bereich im Knochen fixierter (B1), oder lockerer Implantate mit gutem (B2) oder wenig (B3) Restknochenangebot, sowie Frakturen weit distal der Implantate (C).

(Quelle: Learmonth ID: The management of periprosthetic fractures around the femoral stem. J Bone Joint Surg Br 86: 13-19 (2004))

2.4.2 Lewis- und Rorabeck-Klassifikation

Für die periprothetischen Frakturen bei liegender Knie-TEP wurde die Lewis- und Rorabeck Klassifikation [56] angewandt (Abb. 3). Hierbei wird zwischen Frakturen an noch fest fixierten, funktionstüchtigen Prothesen ohne (Typ I) und mit (Typ II) Dislokation und Frakturen an lockeren respektive nicht funktionstüchtigen Prothesen unterschieden (Typ III).

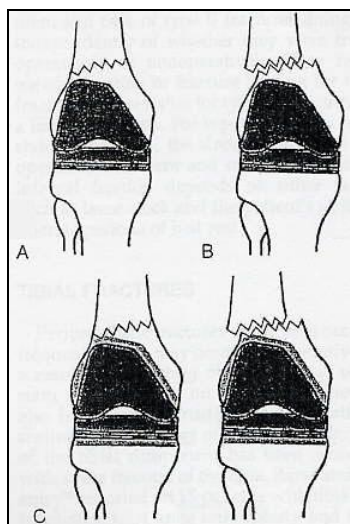


Abbildung 3:

Schematische Darstellung der Lewis- und Rorabeck-Klassifikation periprothetischer Femurfrakturen bei liegender Knie-Totalendoprothese. Es wird zwischen Frakturen mit intakter Prothese ohne Dislokation beim Typ I (A) beziehungsweise mit Dislokation beim Typ II (B), sowie Frakturen mit gelockerter oder nicht intakter Prothese beim Typ III (C) differenziert.

(Quelle: Rorabeck CH, Taylor JW: Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty. Orthop Clin North Am 30: 209-214 (1999))

2.4.3 AO-Klassifikation von Frakturen langer Röhrenknochen

Für die Einteilung der Erstfrakturen, also Frakturen an nicht vorgeschädigten Femora, wurde die AO-Klassifikation von Frakturen langer Röhrenknochen herangezogen. Danach setzt sich die Benennung der Fraktur aus ihrer Lokalisation, ihrem Typ und dessen Schweregrad zusammen [42].

Die Lokalisation proximal, diaphysär bzw. distal wird als Ziffer 1, 2 bzw. 3 an die für das Femur stehende Ziffer 3 angehängt. Daran schließt sich eine Einteilung des Frakturtyps mit den Buchstaben A bis C an. Bei proximalen Frakturen wird so zwischen

extraartikulären Frakturen im Trochanterbereich (A), extraartikulären Oberschenkelhalsfrakturen (B) und intraartikulären Frakturen des Caput femoris (C) differenziert. Im diaphysären Bereich erfolgt eine Unterteilung in einfache Frakturen (A), Keil- (B) und komplexe Frakturen (C). Schließlich werden distale Frakturen in extraartikuläre (A), teilweise intraartikuläre (B) und komplett intraartikuläre Frakturen (C) untergliedert. Als letztes folgt eine Ziffer 1-3, die sich auf den Schweregrad und die Komplexität der Fraktur innerhalb des Typs bezieht. So ergibt sich z. B. für eine einfache diaphysäre Femurspiralfraktur folgende AO-Klassifikation: 32-A1.

Die im Patientenkollektiv aufgetretenen Frakturtypen werden exemplarisch in Abbildung 4 gezeigt.

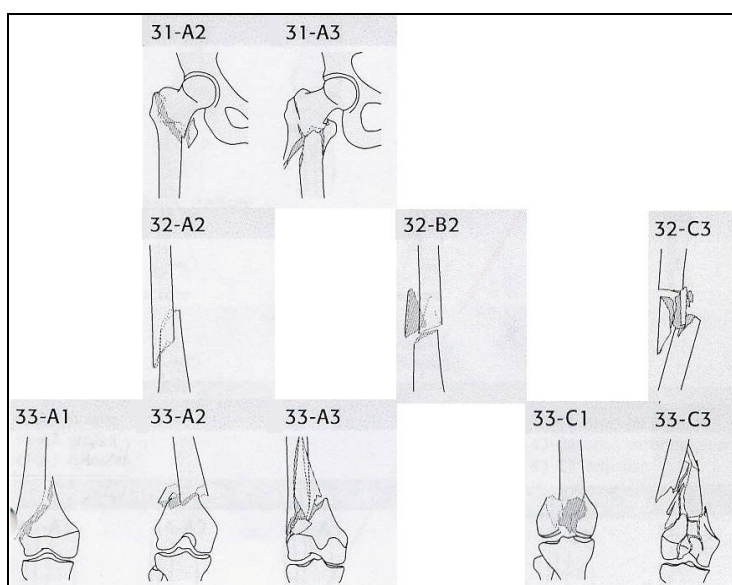


Abbildung 4:

Schematische Darstellung der AO-Klassifikation der Erstfrakturen des Femurs, welche in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB®-DF-Platten osteosynthetisch versorgt wurden:

Die Zeichnungen zeigen in der oberen Reihe zwei proximale (31-A2: einfache pertrochantäre Fraktur, 31-A3: multifragmentäre pertrochantäre Fraktur), in der mittleren Reihe drei diaphysäre (32-A2: Schrägfraktur $\geq 30^\circ$, 32-B2: Biegekeilfraktur, 32-C3: irreguläre Komplexfraktur) und in der unteren Reihe fünf distale Frakturen (33-A1: extraartikulär einfach, 33-A2: extraartikuläre metaphysäre Keil- oder fragmentierte Keilfraktur, 33-A3: extraartikuläre komplexe metaphysäre Fraktur, 33-C1: intraartikulär einfach, 33-C3: intraartikuläre Multifragmentfraktur).

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

NCB®-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

(Quelle: Aus Müller AO Classification of Fractures Long Bones, AO-Publishing 2006/I zusammengestellt)

2.4.4 Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen Frakturen

Der Weichteilschaden bei offenen Frakturen wurde nach Tscherne und Oestern wie folgt klassifiziert [68]: Einfache Frakturformen mit Durchspießung der Haut und unbedeutender Kontamination werden als Grad I, ausgedehnte Weichteilverletzungen, häufig mit Gefäß- und Nervenverletzungen, mit mittelschwerer Kontamination werden, ungeachtet der Frakturform, als Grad II bezeichnet. Bei Grad III handelt es sich um offene Trümmerfrakturen mit Verletzung der großen Arterien und starker Wundkontamination, bei Grad IV um totale und subtotale Amputationen mit vollständiger Ischämie.

2.5 NCB[®]-DF-Platte und operatives Vorgehen

2.5.1 Implantatbeschreibung

Die anatomisch vorgeformten NCB[®]-DF-Platten sind für das linke und das rechte Femur jeweils in drei Größen, eingeteilt nach der Zahl der Löcher erhältlich: 5-, 9- und 13-Loch-Platte (Abb. 5). Dazu gehören selbstschneidende NCB[®]-Schrauben, NCB[®]-Schraubenlocheinsätze, NCB[®]-Distanzhalter und NCB[®]-Klemmschrauben für die winkelstabile Verankerung nach Schraubenpositionierung. Alle genannten Elemente bestehen aus der Titanlegierung TiAlV, Protasul[®]-64, mit Ausnahme der selbstschneidenden Kortikalisschraube, welche aus der Titanlegierung TiAlNb, Protasul[®]-100 besteht.

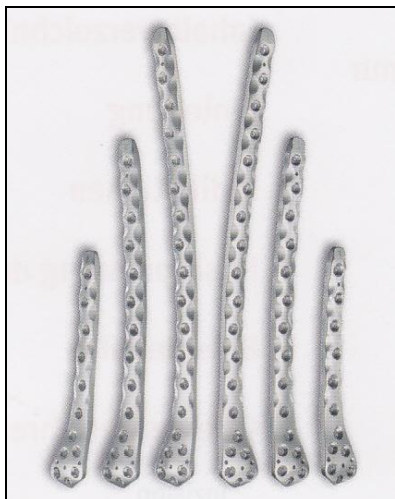


Abbildung 5:

Darstellung anatomisch vorgeformter NCB[®]-DF-Platten in jeweils drei Größen für das rechte (5-,9- und 13-Loch) und das linke (13-,9- und 5-Loch) Femur in der Reihenfolge von links nach rechts

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

(Quelle: Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana; Prospekt: NCB[®]-DF Distales Femur Operationstechnik (2007))

2.5.2 Winkelstabile Verankerung

Die Klemmschraube wird mit ihrem Außengewinde in ein Innengewinde des Plattenlochs eingedreht. Dabei presst sie den nahezu halbkugelförmigen Kopf der vorher positionierten Schraube gegen die Platte (Abb. 6a). Der Winkel zwischen Platte und Schraubenachse wird durch Friktion zwischen Schraubenkopf und Platte bzw. Klemmschraube fixiert. Dieser Mechanismus ermöglicht die Polyaxialität des Osteosynthesystems. Das bedeutet, dass die Schraubenrichtung innerhalb eines Drehkegels, dessen Spitze sich im Schraubenloch befindet, frei wählbar ist. Sofern eine Klemmschraube eingesetzt werden soll, ist aus Kongruenzgründen zwischen Klemmschraube und Schraubenkopf der Öffnungswinkel des Kegels auf 60° begrenzt (Abb. 6b).

Zudem wird der Zwischenraum zwischen Platte und Knochen garantiert. Es entsteht eine winkelstabile Plattenosteosynthese nach dem Fixateur interne – Prinzip.

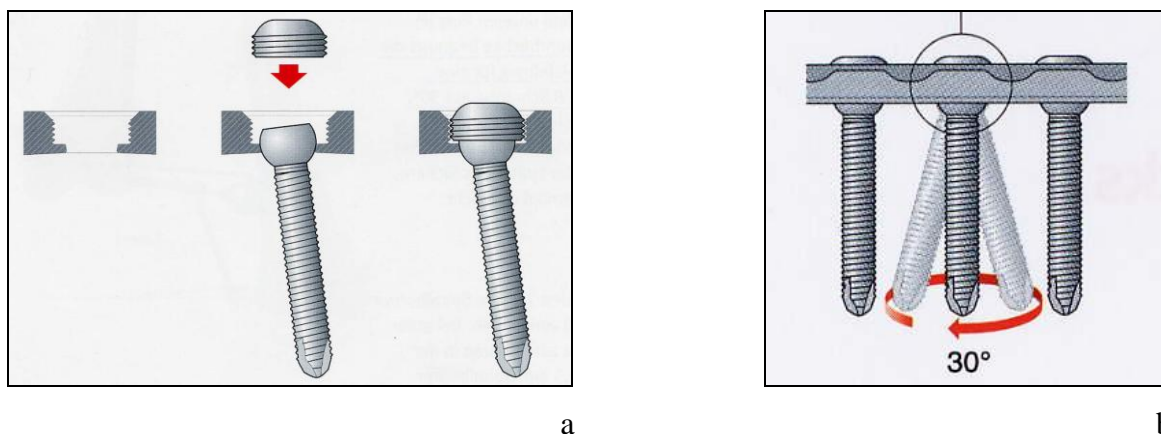


Abbildung 6:

- a) Mechanismus zur Herstellung der Winkelstabilität der NCB[®]-DF-Platte:
 Das Einbringen (roter Pfeil) der Klemmschraube erzeugt Friktion zwischen Schraubenkopf und Platte sowie zwischen Schraubenkopf und Klemmschraube selbst.
- b) Polyaxialität der NCB[®]-DF-Platte:
 Bei winkelstabiler Verankerung ist die Richtung der Schraubenachse innerhalb eines Drehkegels (roter Pfeil) mit halbem Öffnungswinkel von 30° frei wählbar.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)
 (Quelle: Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana; Prospekt: NCB[®]-DF Distales Femur Operationstechnik (2007))

2.5.3 Begriff NCB[®] - Non-Contact Bridging

Die als Einmalartikel verwendeten NCB[®]-Distanzhalter sollen einen Abstand zwischen der Platte und der Knochenoberfläche während des Einbringens der Schrauben garantieren und somit die Realisierung des einleitend erwähnten Prinzips des Fixateurs-interne zum Schutz des Periosts ermöglichen. Vom Hersteller empfohlen werden zwei Abstandshalter im Bereich der Diaphyse, die nach winkelstabiler Schraubensicherung wieder entfernt werden.

Dadurch soll eine berührungsfreie Überbrückung (non-contact bridging) der Fraktur durch die Osteosyntheseplatte erreicht werden.

2.5.4 Operative Strategie

Der Patient wird in Rückenlage mit ca. 20°-40° flektiertem Kniegelenk auf einem röntgentransparenten Operationstisch gelagert. Der Eingriff erfolgt in Intubationsnarkose. Man unterscheidet die minimal invasive MISTM-Technik (minimally invasive solution) vom offenen Verfahren.

2.5.4.1 MISTM-Technik

Der Zugang erfolgt bei der MISTM-Technik über eine ca. 8 cm lange, laterale Inzision vom distal des Kniegelenks gelegenen Tuberkulum gerdii der Tibia ausgehend nach proximal. Intraartikuläre Frakturen erfordern eine Arthrotomie. Nach Reposition einer eventuell vorliegenden intraartikulären Fraktur wird die NCB[®]-DF-Platte mit Hilfe eines röntgentransparenten Zielbügels unter Knochenkontakt zwischen Periost und M. vastus lateralis von distal nach proximal vorgeschoben (Abb. 7). Ein NCB[®]-Stabilisierungsbolzen wird über eine Stichinzision zur Definition des richtigen Abstands zwischen Zielbügel und Osteosyntheseplatte in deren proximalstem Loch verankert. Zuerst werden die Schrauben unter Sicht durch den operativen Zugang in die Epiphyse gesetzt und winkelstabil gesichert. Die Einheit aus Zielbügel, Platte und damit verschraubter Epiphyse wird nach Längen- und Rotationseinstellung temporär mit einem durch den proximalen Stabilisierungsbolzen geführten Kirschner-Draht an der Diaphyse befestigt. Anschließend werden durch eine über Stichinzisionen mittels Trokar eingeführte Bohrbüchse die diaphysealen Schrauben eingebracht und mit Klemmschrauben verriegelt. Die Schrauben können während des Eindrehens als Zugschrauben zur Reposition von Fragmenten eingesetzt werden. Ebenso kann die proximalste Schraube nach Entfernung des Stabilisierungsbolzens gesetzt werden. Durch Verwendung des Zielbügels in Verbindung mit der Bohrbüchse sind die Schraubenrichtungen im Bereich der Diaphyse und Metaphyse jedoch leicht divergierend determiniert. Zuletzt wird der Zielbügel abmontiert, um evtl. weitere Schrauben an seiner Befestigungsstelle positionieren zu können. Es folgt der schichtgerechte Verschluss des Zugangs.

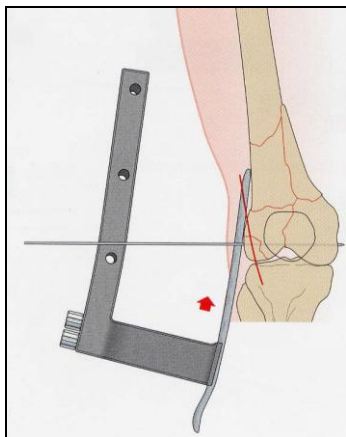


Abbildung 7:

Positionierung der NCB[®]-DF-Platte:

Die NCB[®]-DF-Platte wird mittels eines röntgentransparenten Zielbügels in Pfeilrichtung durch eine laterale minimal invasive Inzision (rote Linie) unter Knochenkontakt mit dem Femur in Pfeilrichtung vorgeschoben.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

(Quelle: Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana; Prospekt: NCB[®]-DF Distales Femur Operationstechnik (2007))

2.5.4.2 offenes Verfahren

Der Zugang erfolgt ebenfalls über eine laterale Inzision vom Tuberkulum gerdii nach proximal. Jedoch wird beim offenen Verfahren die gesamte Frakturzone ohne Abheben des Periosts sowie ohne Abtrennen der Muskelansätze freigelegt. Intraartikuläre Frakturen fordern eine Arthrotomie. Nach offener Reposition der Fraktur und temporärer Stabilisierung mit Kirschner-Drähten wird die optional mit zwei Abstandshaltern im Diaphysenbereich versehene NCB[®]-DF-Platte zwischen Periost und M. vastus lateralis platziert. Zuerst werden die Epiphysenschrauben platziert, welche als Zugschrauben zusätzlich zum Reponieren der Fraktur verwendet werden können. Es folgen die Schrauben für die Dia- und Metaphyse. Durch Klemmschrauben werden die Schrauben winkelstabil gesichert. Zum Vorbohren für die Schrauben kann die NCB[®]-Bohrbüchse verwendet werden, welche maximal einen Winkel von 30° Abweichung zur senkrechten Bohrrichtung zulässt, um z. B. an bestehenden Implantaten vorbeizubohren (Abb. 8). Bei größerer Abweichung wäre aus geometrischen Gründen (Kongruenz zwischen Schraubenkopf und Klemmschraube) die winkelstabile Sicherung der Schrauben nicht

durchführbar. Alle Materialien zur temporären Fixation und die Abstandshalter, an deren Position noch zusätzlich Schrauben gesetzt werden können, werden entfernt und der Zugang schichtgerecht verschlossen.

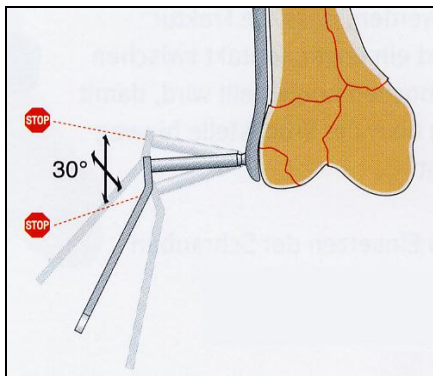


Abbildung 8:

Anwendung der Bohrbüchse:

Die Bohrbüchse beschränkt die Abweichung der Bohrrichtung von der Senkrechten auf die NCB®-DF-Platte, am Femur anliegend, auf 30° (rote Linien mit Stop-Zeichen).

NCB®-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

(Quelle: Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana; Prospekt: NCB®-DF Distales Femur Operationstechnik (2007))

2.5.4.3 Technik bei proximal gelegenen Frakturen

Bei proximalen Frakturen kann die NCB®-DF-Platte über einen proximalen Zugang umgekehrt Richtung distal mittels Zielbügel unter Knochenkontakt eingeschoben werden. Das eigentlich distale Ende der Platte kommt proximal im Bereich des Trochantermassivs zu liegen. Die Fraktur wird durch eine so eingebrachte Platte besser überbrückt. Wegen ihrer anatomischen Vorbiegung wird eine kontralaterale Platte verwendet, um einen möglichst parallelen Verlauf zum Femur zu erreichen. Nach Schraubenpositionierung und winkelstabiler Verankerung durch Klemmschrauben wie oben beschrieben, folgt der schichtgerechte Verschluss des Zugangs.

3. Ergebnisse

3.1 Indikationsspektrum und Operationsparameter

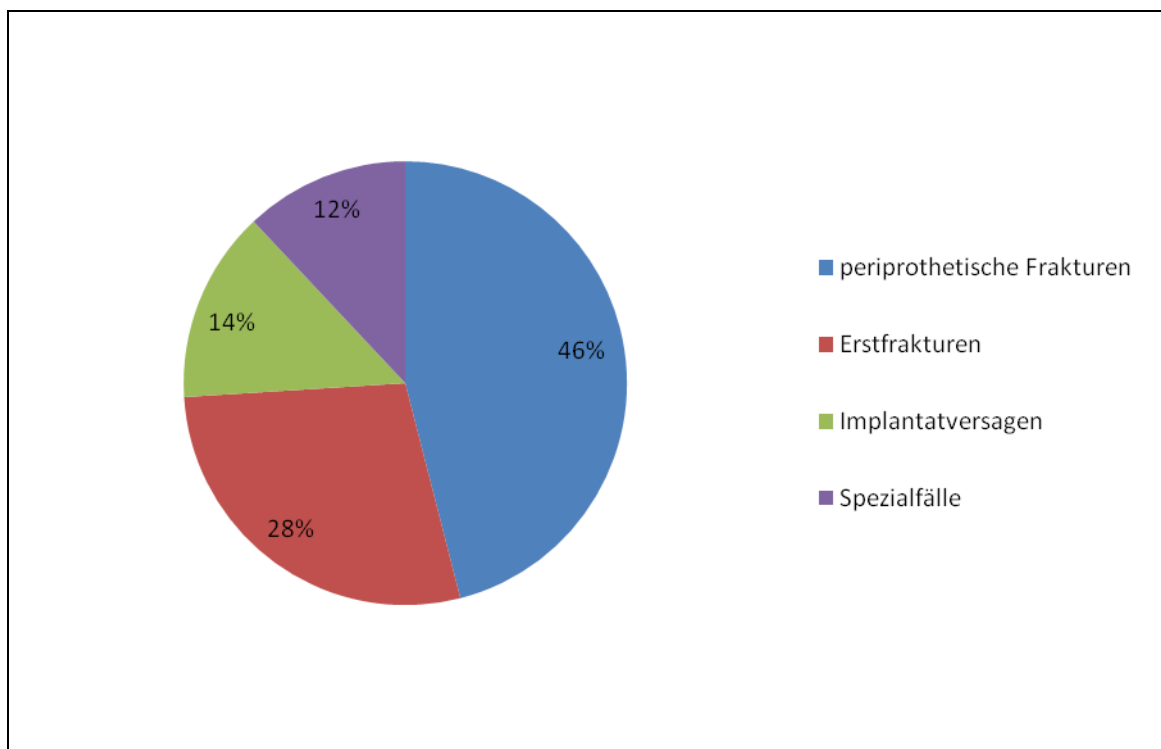


Abbildung 9:

Kreisdiagramm zum Indikationsspektrum für die Implantation der ersten 50 NCB[®]-DF-Platten in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm im Zeitraum vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007:

blau: periprothetische Frakturen, rot: Erstfrakturen, grün: Revision nach Versagen anderer Implantate, violett: Spezialfälle (Revisionen mehrfach revidierter periprothetischer Frakturen, Stabilisierung nach Kallusdistraction respektive Segmentresektion)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

23 der 50 Femora (46%) des Patientenkollektivs wiesen periprothetische Frakturen auf. Dieser Frakturtyp stellte die Hauptindikation für die Implantation einer NCB[®]-DF-Platte dar. Zur Versorgung von Erstfrakturen diente sie 14-mal (28 %). Daneben fanden sich

sieben Femora (14 %) mit Z. n. Implantatversagen nach bereits osteosynthetisch versorgten Femurfrakturen. Schließlich fand die NCB[®]-DF-Platte bei weiteren sechs Patienten, die den o. g. Indikationen nicht zugeordnet werden können, Anwendung (12 %) (Abb. 9). Hierbei handelte es sich um revisionspflichtige bereits mehrfach operativ angegangene periprothetische Frakturen, sowie um Stabilisationen nach Kallusdistraction respektive Segmentresektion.

Bei 29 der 48 Patienten war das linke, bei 17 Patienten das rechte Femur betroffen. Eine polytraumatisierte 20-jährige Patientin mit u. a. beidseitigen distalen Femurtrümmerfrakturen (AO: 33-C3-Verletzungen) und eine 89-jährige Patientin mit linksseitiger periprothetischer Fraktur bei liegender Hüft-TEP und rechtsseitiger distaler Femurfraktur erhielten jeweils zwei NCB[®]-DF-Platten.

3.1.1 Periprothetische Frakturen

Bei allen periprothetischen Frakturen handelte es sich um geschlossene Frakturen, 13 Frakturen bei liegender Hüft-TEP, sechs bei liegender Knie-TEP. Eine periprothetische Fraktur bei liegender Hüft- und Knie-TEP lag bei einem 75-jährigen Patienten vor (Abb. 10 c). Diese Fraktur konnte gemäß Vancouver (C)- und Lewis- und Rorabeck (Typ II)-Klassifikation eingeteilt werden (Tab. 1). Weiterhin wurden zwei Femurfrakturen bei liegendem PFN (83- und 94-jährige Patientinnen) und eine bei liegendem Intertan-Marknagel (63-jähriger Patient) mit NCB[®]-DF-Platten versorgt (Abb. 10 d u. e). Diese wurden der Gruppe der periprothetischen Frakturen angesichts der mit Totalendoprothesen ähnlichen intramedullären Verankerung der Implantate im Femur zugeordnet. Sie wurden nach Vancouver klassifiziert, die beiden bei liegendem PFN jeweils als B1, die bei liegendem Intertan-Marknagel als C (Tab. 1).

Bei periprothetischen Femurfrakturen bei liegender Hüft-TEP oder proximalem Marknagel war der Großteil der Implantate (82.4 %) noch gut im Knochen fixiert (Vancouver: B1, C) (Tab 1a), bei den Femurfrakturen bei vorhandener Knie-TEP war dies immer der Fall (Lewis- u. Rorabeck: Typ I u. II), meist mit Dislokation (Typ II) der Frakturen (Tab. 1b).

Auslöser der periprothetischen Frakturen war in 20 Fällen ein adäquates Trauma. Dieses

entstand bei 19 Patienten durch low-energy Krafteinwirkung, also vorwiegend durch einen einfachen Sturz. Eine periprothetische Fraktur ereignete sich durch high-energy Krafteinwirkung iatrogen intraoperativ während des Einhämmerns einer Hüft-TEP bei einer 71-jährigen Patientin.

Pathologische periprothetische Frakturen erlitten eine 77-jährige Patientin aufgrund eines Chondrosarkoms Grad II im Bereich des distalen Femurs, eine 83-jährige Patientin und ein 71-jähriger Patient jeweils wegen fortgeschrittener Osteoporose (Tab. 2).

Tabelle 1:

Einteilung der 23 in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgten periprothetischen Femurfrakturen gemäß

- a) Vancouver-Klassifikation bei proximalen Implantaten (Fraktur im Bereich oder knapp unterhalb eines noch festen (B1) beziehungsweise lockeren (B2) Implantats, Fraktur im Bereich oder knapp unterhalb eines lockeren Implantats umgeben von wenig Knochen (B3), Fraktur weit distal des Implantats (C); Hüft-TEP: Hüfttotalendoprothese, PFN: Proximaler Femurnagel) grau hinterlegt: Der Frakturtyp ist im Kollektiv nicht aufgetreten.
- b) Lewis- und Rorabeck-Klassifikation bei distalen Implantaten (Prothese intakt, nichtdislozierte Fraktur (Typ I) beziehungsweise dislozierte Fraktur (Typ II); Knie-TEP: Knietotalendoprothese)

Es resultieren insgesamt 24 Klassifikationsmöglichkeiten, da eine Fraktur bei liegender Hüft- und Knie-TEP beiden Klassifikationen zugeordnet werden konnte.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

a

Vancouver-Klassifikation	B1	B2	B3	C	Summe
Implantat					
Hüft-TEP	5	2	1	6	14
PFN	2				2
Intertan-Marknagel				1	1
Summe	7	2	1	7	17

b

Lewis- u. Rorabeck-Klassifikation	Typ I	Typ II	Summe
Implantat			
Knie-TEP	1	6	7

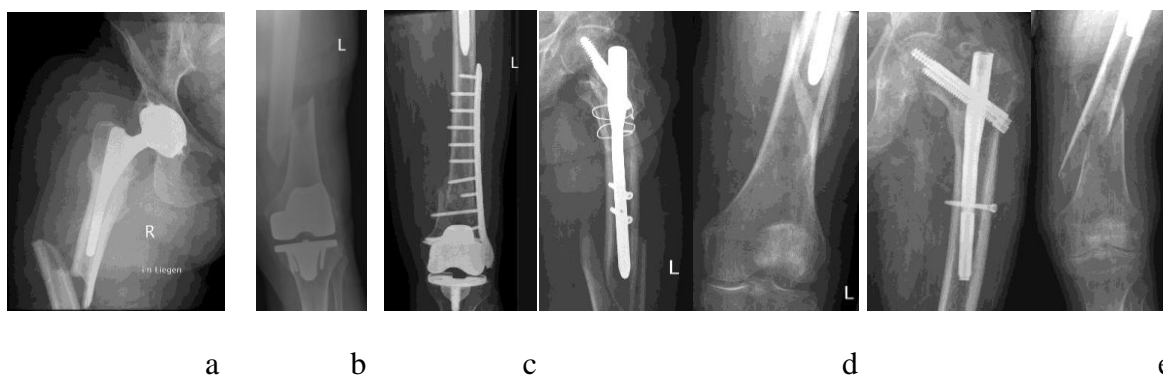
Tabelle 2:

Ätiologie der 23 in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgten periprothetischen Femurfrakturen

Traumatische Frakturen werden zusätzlich nach der Stärke der Krafteinwirkung (low-/high-energy) eingeteilt.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Ursache		Anzahl
Trauma		20
davon	low-energy	19
	high-energy	1
pathologische Fraktur		3

**Abbildung 10:**

Beispielhafte Röntgenaufnahmen von Patienten mit periprothetischen Femurfrakturen, welche in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgt wurden (Strahlengang anterior-posterior)

- 50-jährige Patientin: rechtsseitige Vancouver B1-Fraktur
- 68-jähriger Patient: linksseitige Lewis- u. Rorabeck Typ II-Fraktur
- 75-jähriger Patient: Bereits mit NCB[®]-DF-Platte versorgte linksseitige periprothetische Fraktur bei liegender Hüft- u. Knie-TEP (Vancouver C-Fraktur, Lewis- u. Rorabeck Typ II-Fraktur)
- 94-jährige Patientin: linksseitige Vancouver B1-Fraktur bei liegendem PFN
- 63-jähriger Patient: linksseitige Vancouver C-Fraktur bei liegendem Intertan-Marknagel

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

TEP: Totalendoprothese

PFN: proximaler Femurnagel

Operationsparameter

Für die Versorgung der 23 periprothetischen Frakturen wurden zwölf 13-Loch-, zehn 9-Loch- und eine 5-Loch-Platte verwendet. Die Schrauben wurden in 91,3 % der Fälle komplett, in 8,7 % teilweise mit Klemmschrauben winkelstabil arretiert.

Bei zehn Patienten –darunter auch die drei pathologischen Frakturen wegen Osteoporose respektive Chondrosarkom Grad II- wurde zusätzlich Knochenzement zur besseren Verankerung der Schrauben im qualitativ und quantitativ kompromittierten Knochen verwendet.

Bei einer 56-jährigen Patientin mit Vancouver B1-Fraktur mussten rechts die Lasche und die zentrale Schraube ihrer Druckscheibenprothese entfernt werden. Außerdem erfolgte der Schaftwechsel einer Hüft-TEP während der Versorgung einer Vancouver B2-Fraktur rechts einer 72-jährigen Patientin. Aufgrund eher proximal gelegener Frakturen wurden bei diesen beiden Patientinnen eine 5-Loch- bzw. 13-Loch-Platte, bei vier weiteren Patientinnen sowie einem Patienten mit Hüft-TEP und zwei Patientinnen mit Knie-TEP die jeweiligen NCB[®]-DF-Platten umgekehrt implantiert (Abb. 11 b u. d).

20-mal wurde ein offenes Vorgehen, zweimal ein minimal invasiver und einmal ein erweiterter minimal invasiver Zugang gewählt.

Die Operationszeit bei periprothetischen Frakturen betrug durchschnittlich 123 Minuten (Tab. 7).

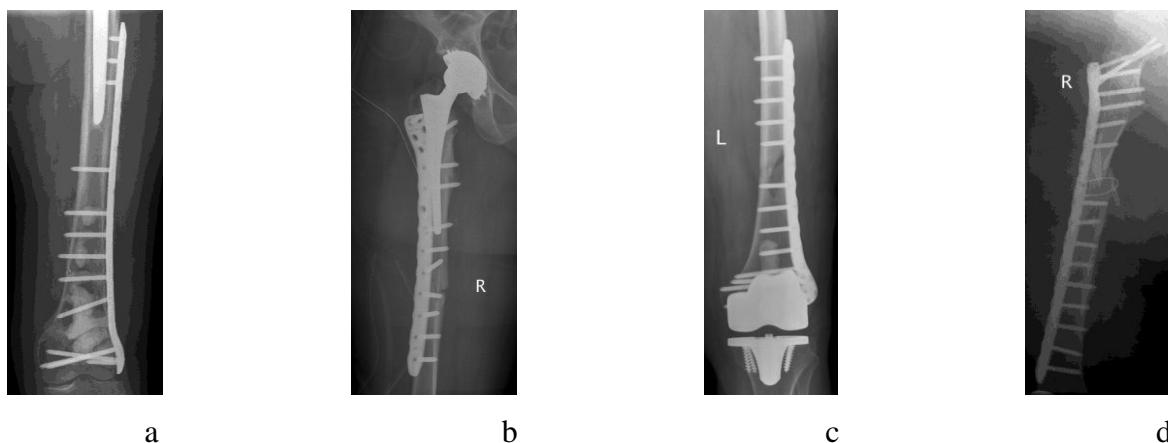


Abbildung 11:

Röntgenaufnahmen mittels NCB[®]-DF-Platten in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 fixierter periprothetischer Femurfrakturen (Strahlengang anterior-posterior)

- 77-jährige Patientin: winkelstabile Verbundosteosynthese mittels 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte einer distalen pathologischen periprothetischen Fraktur an Hüft-TEP (Vancouver C-Fraktur) aufgrund Chondrosarkom Grad II
- 50-jährige Patientin (gleiche Patientin wie Abb. 10 a): kontralaterale winkelstabile 9-Loch NCB[®]-DF-Platte nach diaphysärer periprothetischer Fraktur an Hüft-TEP (Vancouver B1-Fraktur) umgekehrt eingebracht
- 68-jähriger Patient (gleicher Patient wie Abb. 10 b): teilweise winkelstabile Verbundosteosynthese mit 9-Loch-NCB[®]-DF-Platte nach Lewis- u. Rorabeck Typ II-Fraktur bei liegender Knie-TEP
- 77-jährige Patientin: kontralaterale winkelstabile 13-Loch NCB[®]-DF-Platte nach periprothetischer subtrochantärer Spiralfaktur an Knie-TEP (Lewis- u. Rorabeck Typ II-Fraktur) umgekehrt implantiert (Die Knie-TEP ist teilweise als Verschattung am linken unteren Bildrand erkennbar.)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

TEP: Totalendoprothese

Abb.: Abbildung

3.1.2 Erstfrakturen

Die Versorgung von 14 Frakturen zuvor implantatloser Femora mit einer NCB[®]-DF-Platte fand bei 13 Patienten (achtmal links, viermal rechts und einmal beidseits) statt. Lokalisiert waren die 14 Frakturen hauptsächlich im distalen (57,1 %) und diaphysären (28,6 %) Bereich des Femurs. Bei den acht distalen Frakturen ließen sich fünf extraartikuläre (AO: 33-A1 bis 33-A3) von drei komplett intraartikulären (AO: 33-C1 und 33-C3) Frakturen unterscheiden. Die vier diaphysären gliederten sich in zwei einfache (AO: 32-A2), eine

Keil- (AO: 32-B2) und eine komplexe (AO: 32-C3) Fraktur. In zwei Fällen (14,3 %) wurden proximale Femurfrakturen mittels NCB[®]-DF-Platte behandelt. Die Frakturlinien verliefen hier extraartikulär durch die Trochanterregion (AO: 31-A2 und 31-A3) (Tab. 3). Beispiele für die verschiedenen Lokalisationen zeigt Abbildung 12.

Zwölf der 14 Frakturen wurden durch ein adäquates Trauma verursacht, pathologische Veränderungen (Femurosteitis respektive ausgeprägte Osteoporose) des Femurs waren für die verbleibenden zwei verantwortlich. Bei fünf Frakturen auf Grund adäquater Traumata wurden diese durch low-energy, bei sieben durch high-energy Krafteinwirkung hervorgerufen (Tab. 4). Unter den high-energy Traumata fanden sich zwei erstgradig offene Frakturen.

Tabelle 3:

Einteilung der 14 in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgten Erstfrakturen des Femurs nach der AO-Klassifikation mit Angabe der Lokalisation:

Im Patientenkollektiv nicht aufgetretene Frakturtypen werden in der Tabelle als Leerzellen markiert. Die AO-Klassifikation setzt sich durch den Inhalt der hellgrauen Spalte (Kürzel der Lokalisation) und Zeile (Kürzel des Frakturtyps) zusammen: z. B. 31-A1.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

z. B.: zum Beispiel

Lokalisation	AO-Klassifikation	A1	A2	A3	B2	C1	C3	Summe
proximal	31-		1	1				2
diaphysär	32-		2		1		1	4
distal	33-	2	1	2		1	2	8

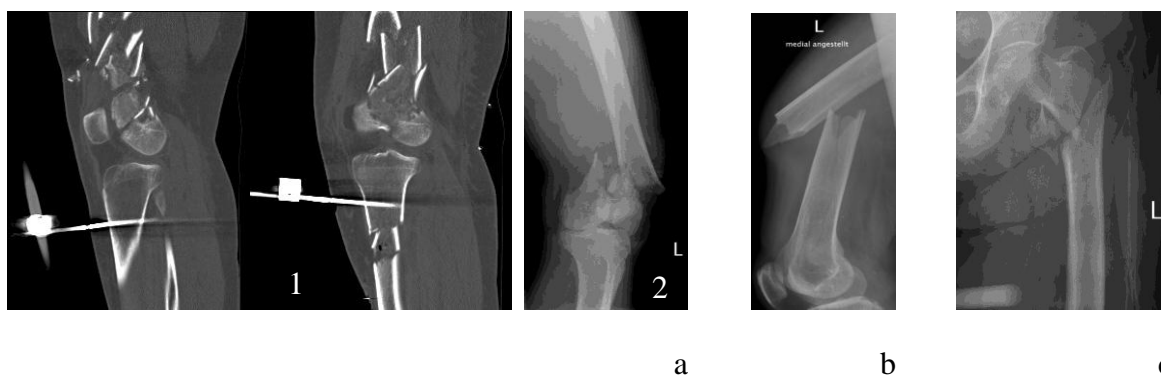
Tabelle 4:

Ätiologie der 14 in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgten Erstfrakturen des Femurs

Traumatische Frakturen werden zusätzlich nach der Stärke der Krafteinwirkung (low-/high-energy) eingeteilt.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Ursache		Anzahl
Trauma		12
davon	low-energy	5
	high-energy	7
pathologische Fraktur		2

**Abbildung 12:**

Beispielhafte Aufnahmen von Patienten mit Erstfrakturen des Femurs, welche in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgt wurden

a) distale Femurfrakturen

1 20-jährige Patientin: beidseitige distale Femurrümmerfrakturen (AO: 33-C3) nach high-energy Trauma (CT, frontale Schicht)

2 73-jähriger Patient: erstgradig offene supracondyläre Femurrümmerfraktur (AO: 33-A3) links nach high-energy Trauma (Röntgenbild, lateraler Strahlengang)

b) 58-jähriger Patient mit einfacher schräger diaphysärer Femurfraktur (AO: 32-A2) links (Röntgenbild, lateraler Strahlengang)

c) 75-jährige Patientin mit proximaler, pertrochantärer Femurfraktur (AO: 31-A2) links (Röntgenbild, Strahlengang anterior-posterior)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

CT: Computertomographie

Operationsparameter

Die Osteosynthese der 14 Erstfrakturen erfolgte mit zehn 9-Loch, drei 13-Loch und einer 5-Loch NCB[®]-DF-Platten. Die beiden Femora (AO: 33-C3-Frakturen) der 20-jährigen polytraumatisierten Patientin wurden u. a. in einer Operation mit je einer 9-Loch-Platte versorgt. Im selben Eingriff erfolgte die interne Fixation ihrer Tibiakopf- und drittgradig offenen Tibiaschaftfraktur links mittels LISS[®]-Platte mit Deckung des ausgedehnten (10 mal 12 cm) Weichteildefekts über einen Tibialis-anterior-Muskellappen (Meshgraft). Eine navigierte ISG-Verschraubung ihrer Beckenringfraktur wurde ebenfalls in derselben Operation durchgeführt.

Die NCB[®]-DF-Plattenosteosynthese wurde in 85,7 % der Fälle komplett, in 14,3 % partiell winkelstabil durchgeführt. Bei einer 82-jährigen Patientin mit rechtsseitiger distaler suprakondylärer Schrägfraktur (AO: 33-A1) wurde eine Verbundosteosynthese mittels Knochenzement ausgeführt.

Bei den beiden Patienten mit den einzigen proximal gelegenen Frakturen des Kollektivs der Erstfrakturen (Tab. 3) wurden kontralaterale NCB[®]-DF-Platten umgekehrt implantiert (Abb. 13 a).

In drei Fällen wurden zur präoperativen Fixation angelegte Fixateurs externes im Rahmen der Operationen entfernt, so z. B. bei einem 24-jährigen Patienten (Abb. 13 b)1) mit u. a. einer Femurschaftfraktur (AO: 32-B2) nach einem high-energy Trauma (Motorradunfall).

Der Zugang zum Femur konnte einmal minimal-invasiv, elfmal in offener Form und zweimal als Kompromiss beider Varianten erfolgen (Tab. 7).

Die durchschnittliche Operationszeit für die Implantation einer NCB[®]-DF-Platte bei Erstfrakturen des Femurs lag bei 107 Minuten. Bei einer 63-jährigen Patientin mit linksseitiger pathologischer distaler Erstfraktur (AO: 33-A2) wurde die kürzeste Operationszeit im gesamten Patientenkollektiv von 55 min erreicht (Tab. 7).

Postoperative Beispiele von Patienten mit Erstfrakturen zeigen die Röntgenbilder in Abbildung 13.

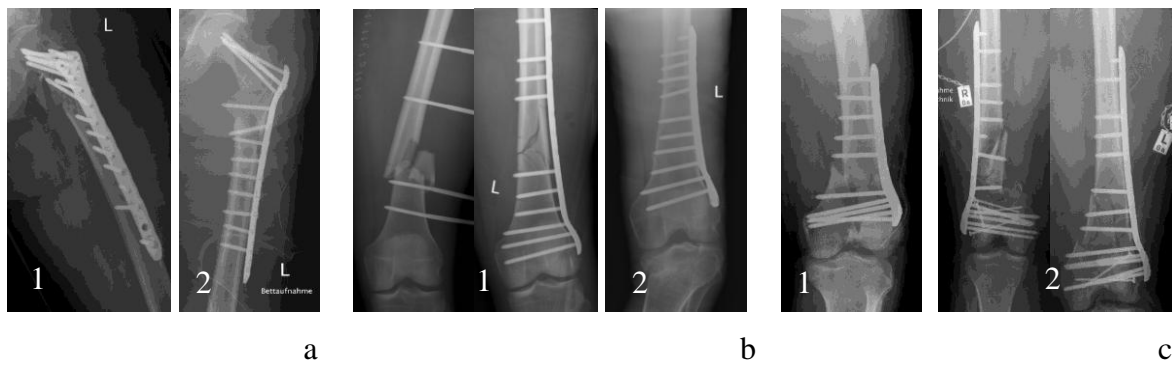


Abbildung 13:

Röntgenaufnahmen mittels NCB[®]-DF-Platte in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 versorgter Erstfrakturen des Femurs (Strahlengang anterior-posterior):

- a) kontralaterale umgekehrt implantierte 9-Loch-NCB[®]-DF-Platten bei proximalen Femurfrakturen einer 75-jährigen Patientin mit AO: 31-A2-Fraktur (1; gleiche Patientin wie Abb. 12 c) und eines 43-jährigen Patienten mit AO: 31-A3-Fraktur nach high-energy Trauma (2)
- b) diaphysäre Femurfrakturen eines 24-jährigen Patienten (1; links: mittels Fixateur externe ruhiggestellte AO: 32-B2-Fraktur; rechts: postoperativ nach Versorgung mit einer 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte) und eines 58-jährigen Patienten mit eingebrachter 9-Loch-NCB[®]-DF-Platte nach AO: 32-A2-Fraktur (2; gleicher Patient wie Abb. 12 b)
- c) distale Femurfrakturen eines 73-jährigen Patienten mit 5-Loch-NCB[®]-DF-Platte nach AO: 33-A3-Fraktur (1; gleicher Patient wie Abb. 12 a)2) und einer 20-jährigen Patientin nach Polytrauma mit u. a. beidseitigen AO: 33-C3-Frakturen (2; gleiche Patientin wie Abb. 12 a)1). Bei ihr wurden zwei 9-Loch-NCB[®]-DF-Platten implantiert.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

Abb.: Abbildung

3.1.3 Implantatversagen

Indikation für die NCB[®]-DF-Platte war in sieben Fällen ein Implantatversagen bei bereits osteosynthetisch vorversorgten Femurfrakturen (Tab. 5). Bei vier Patienten wurde die NCB[®]-DF-Platte als Ersatz nach Versagen anderer Plattensysteme eingesetzt. Darunter befanden sich eine zur Stabilisierung einer Kallusdistraktion verwendete gebrochene LISS[®]-Platte (48-jähriger Patient, rechtes Femur) und zwei gebrochene LISS[®]-Platten nach Osteosynthese linksseitiger Femurschaftfrakturen zweier Patienten (68-jähriger Patient, AO: 32-A2; 79-jährige Patientin mit liegendem Intertannagel (Vancouver: B1; Abb. 14 a)). Außerdem wurde eine Verbundosteosynthese einer Femurschaftfraktur links (AO: 32-A1) eines 73-jährigen Patienten mittels LCP-Platte nach Refraktur durch eine NCB[®]-DF-Platte ersetzt.

Des Weiteren war der Einsatz der NCB[®]-DF-Platte bei einem 19-jährigen Patienten mit Femurpseudarthrose und Dislokation eines LFN bei Z. n. subtrochantärer Femurfraktur (AO: 32-B2.1) rechts notwendig (Abb. 14 b). Bei einer diaphysären Femurträgerfraktur (AO: 32-C1) links eines polytraumatisierten 35-jährigen Patienten versagte ebenfalls ein LFN (Abb. 14 c). Schließlich erfolgte die Reosteosynthese nach Lockerung eines Gamma-Nagels, mit dem ursprünglich eine reversed/per-/subtrochantäre Fraktur (AO: 31-A3) des linken Femurs eines 40-jährigen Patienten behandelt worden war, mit einer NCB[®]-DF-Platte.

Tabelle 5:

Einteilung der sieben in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 diagnostizierten Implantatversagen nach Osteosynthesystemen, welche durch NCB[®]-DF-Platten ersetzt wurden

- LISS[®]-Platte: Less invasive stabilization system (Osteosyntheseplatte)
- LCP: locking compression plate (Osteosyntheseplatte)
- LFN: lateral femur nail (lateraler Femurnagel)
- NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Implantat	Anzahl
LISS-Platte	3
LCP	1
LFN	2
Gamma-Nagel	1



Abbildung 14:

Beispielhafte Röntgenaufnahmen von Patienten mit Implantatversagen (Strahlengang anterior-posterior), bei denen in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 die Indikation zur Revision mittels NCB[®]-DF-Platten gestellt wurde

- a) gebrochene LISS[®]-Platte einer 79-jährigen Patientin mit liegendem Intertannagel
- b) Femurpseudarthrose und LFN-Dislokation bei einem 19-jährigen Patienten
- c) Implantatversagen eines LFN nach fixierter Femurtrümmerfraktur eines 35-jährigen Patienten

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

LISS[®]: less invasive stabilization system (Firma Synthes/USA, Paoli/Pennsylvania), winkelstabile Osteosyntheseplatte

LFN: lateraler Femurnagel

Operationsparameter

Die revisionspflichtigen Implantate wurden in sechs der sieben Fälle komplett, fünfmal in offener, einmal in erweiterter minimal-invasiver Vorgehensweise, explantiert und durch NCB[®]-DF-Platten ersetzt. Bei dem ursprünglich polytraumatisierten 35-jährigen Patienten wurde lediglich die Schenkelhalsschraube des LFN über einen proximalen minimal-invasiven Zugang entfernt (Tab. 7). Die Osteosynthese der ursprünglichen diaphysären Fraktur erfolgte ebenfalls minimal-invasiv über eine kontralaterale von proximal eingeschobene 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte (Abb. 15 b).

Umgekehrt implantiert wurden die NCB[®]-DF-Platten des 19-jährigen Patienten mit Femurpseudarthrose und LFN-Dislokation, des 40-jährigen mit gelockertem Gamma-Nagel, und des 73-jährigen nach Versagen seiner LCP-16-Loch-Platte.

Insgesamt wurden bei den sieben Implantatversagen fünf 13- und zwei 9-Loch-Platten, in 85,7 % der Fälle komplett, in 14,3 % teilweise winkelstabil, verwendet. Knochenzement war bei dem 73-jährigen Patienten mit Implantatversagen der zementierten LCP-16-Loch, autologe Beckenkammspongiosa bei dem 19-jährigen Patienten mit LFN-Dislokation und entwickelter Femurpseudarthrose indiziert. Die Durchschnittszeit der Eingriffe lag bei 127 Minuten (Tab. 7).

Beispiele von Patienten mit Verfahrenswechsel auf NCB[®]-DF-Platten bei Z. n. Implantatversagen zeigen die Röntgenbilder in Abbildung 15.

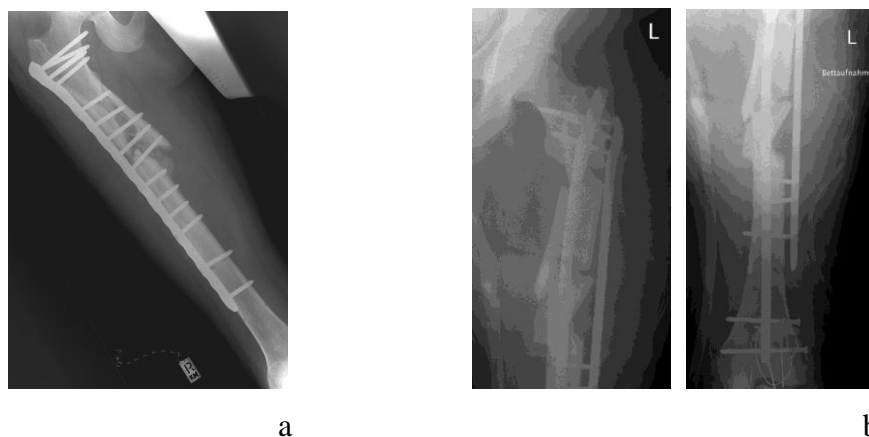


Abbildung 15:

Einsatz der NCB[®]-DF-Platte zur Reosteosynthese des Femurs bei Z. n. Implantatversagen in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 (Röntgenbilder, Strahlengang anterior-posterior)

- a) 19-jähriger Patient (gleicher Patient wie Abb. 14 b) mit Z. n. ME eines dislozierten LFN, Fraktur-Revision, Reosteosynthese mittels NCB[®]-DF-13-Loch-Platte, Spongiosaplastik rechter Beckenkamm
- b) 35-jähriger Patient (gleicher Patient wie Abb. 14 c) mit Z. n. ME Schenkelhalschraube und Plattenosteosynthese mit NCB[®]-DF-13-Loch-Platte nach Implantatversagen des LFN

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Z. n.: Zustand nach

Abb.: Abbildung

ME: Metallentfernung

LFN: lateraler Femurnagel

3.1.4 Spezialfälle

Der Einsatz der NCB[®]-DF-Platte muss bei den folgenden sechs Patienten gesondert dargestellt werden (Tab. 6). Von den sechs Patienten stellen drei Fälle Revisionseingriffe

bei bereits auswärts mehrfach erfolglos operativ versorgten periprothetischen Frakturen dar. Zunächst hatte man zur Osteosynthese der linksseitigen periprothetischen Frakturen zweier Patientinnen bei liegender Knie-TEP (Lewis- u. Rorabeck: Typ II) jeweils eine LISS[®]-Platte verwendet, bei der 84-jährigen Patientin dann einen DFN, bei der 63-jährigen mit ursprünglich offener Fraktur einen AO-Verriegelungsmarknagel (Abb. 16 a u. b). Die NCB[®]-DF-Platte stellte in beiden Fällen den bereits zweiten Verfahrenswechsel nach ausbleibendem Erfolg dar. Eine Zuteilung zur Gruppe der Implantatversagen war deshalb nicht möglich.

Ein 63-jähriger Patient mit Knie-TEP litt an einem auswärts mehrere Revisionen der versorgten periprothetischen Fraktur (Lewis- u. Rorabeck: Typ II) erfordernden chronischen Infekt (Abb. 16 c). Im weiteren Verlauf erfolgte die Implantation einer LISS[®]-Platte in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm. Wegen Instabilität der Osteosynthese und persistierendem Infekt wurde die Indikation zur Revision und Reosteosynthese mittels NCB[®]-DF-Platte gestellt.

Ferner erhielten ein 19-jähriger mit Z. n. Kniegelenksresektion nach Kniegelenksdefektfraktur und ein 25-jähriger Patient mit abgeklungener Infekt pseudarthrose am linken Femur eine NCB[®]-DF-Platte zur Stabilisierung nach Kallusdistraktion (Abb. 16 d), ein neunjähriger nach Segmentresektion links.

Tabelle 6:

Einteilung der sechs in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mittels NCB[®]-DF-Platten versorgten Spezialfälle nach Indikation

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Z. n.: Zustand nach

Indikation	Anzahl
Revision osteosynthetisch versorgter periprothetischer Frakturen	3
Z. n. Kallusdistraktion	2
Z. n. Segmentresektion	1

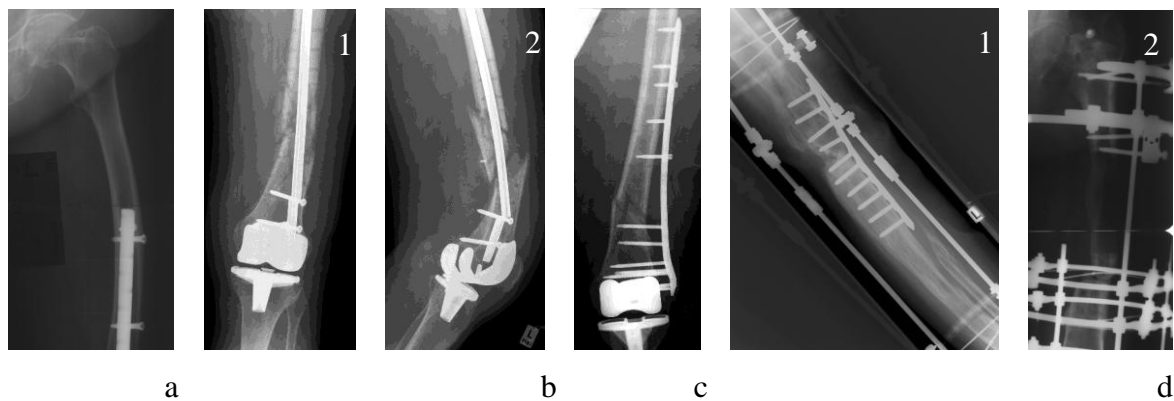


Abbildung 16:

Beispielhafte Röntgenaufnahmen von Patienten mit spezieller Indikation für die NCB[®]-DF-Platte in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007

- a) 84-jährige Patientin mit non-union bei Z. n. Verfahrenswechsel auf DFN nach versorgter periprothetischer Fraktur an Knie-TEP (Strahlengang a.-p.)
- b) 63-jährige Patientin mit gebrochenem AO-Verriegelungsmarknagel, welcher eine frakturierte, nach periprothetischer Fraktur bei Z. n. Knie-TEP implantierte, LISS[®]-Platte ersetzte (1: Strahlengang a.-p., 2: lateraler Strahlengang)
- c) 63-jähriger Patient: Instabilität und persistierender Infekt nach Osteosyntheseversuch einer bereits mehrere Revisionen erfordernden periprothetischen Fraktur bei Z. n. Knie-TEP mittels LISS[®]-Platte (Strahlengang a.-p.)
- d) Z. n. Kallusdistraktion mit Ilizarow-Ringfixateur aufgrund Kniegelenksdefektfraktur und Kniegelenksresektion eines 19-jährigen Patienten (1: Strahlengang a.-p.) mit liegender winkelstabiler von Femur auf Tibia überbrückender locking-compression-plate und Z. n. Infekt pseudarthrose nach Femurschaftfraktur eines 25-jährigen Patienten (2: Strahlengang a.-p.)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Z. n.: Zustand nach

DFN: distaler Femurnagel

TEP: Totalendoprothese

a.-p.: anterior-posterior

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

LISS[®]: less invasive stabilization system (Firma Synthes/USA, Paoli/Pennsylvania), winkelstabile Osteosyntheseplatte

Operationsparameter

Zur Revision periprothetischer Frakturen wurde bei der 63-jährigen Patientin eine 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte verwendet. Die anderen beiden Patienten erhielten je eine zementierte 9-Loch-Platte. Bei allen dreien wurden die alten Implantate mit Ausnahme der Totalendoprothesen entfernt (Abb. 17 a, b u. c).

Bei den zwei Patienten mit Kallusdistraktion wurden nach Entfernung der Ilizarow-

Ringfixateure 13-Loch-NCB[®]-DF-Platten implantiert (Abb. 17 d). Im Falle des 19-jährigen Patienten wurde zusätzlich eine vorhandene LCP-10-Loch explantiert und autologe Beckenkammspongiosa herangezogen, bevor die Überbrückung vom Femur auf die Tibia durch eine kontralaterale, umgekehrt eingebrachte NCB[®]-DF-Platte erfolgte. Im Falle des 25-jährigen Patienten wurde ebenfalls eine kontralaterale Platte retrograd über einen proximalen Zugang eingesetzt, da der Kallus mit den Weichteilen verbacken war und dadurch die Platte über den distalen lateralen Zugang nicht richtig positioniert werden konnte.

Der neunjährige Junge bekam nach Segmentresektion eine zementierte 5-Loch-NCB[®]-DF-Platte. Bei ihm wurde nach ca. 20-fach revidierter posttraumatischer Osteitis in Kabul und versuchtem Fibula- sowie Rippentransfer mit anschließender Ankylose des Kniegelenks eine Segmentresektion mit gelenküberbrückender Fixierung mittels NCB[®]-DF-Platte in einer 345 Minuten dauernden Operation durchgeführt.

Im Ganzen wurden also drei 13-Loch-, zwei 9-Loch-Platten und eine 5-Loch-NCB[®]-DF-Platte bei Patienten mit spezieller Indikation implantiert. Dies erfolgte in 66,7 % komplett, in 33,3 % partiell winkelstabil, dreimal unter Verwendung von Knochenzement, einmal unter Verwendung von autologer Beckenkammspongiosa. fünfmal wurden alte Implantate entfernt. Die durchschnittliche Operationsdauer belief sich bei durchweg offenem Zugang auf 197 Minuten (Tab. 7).

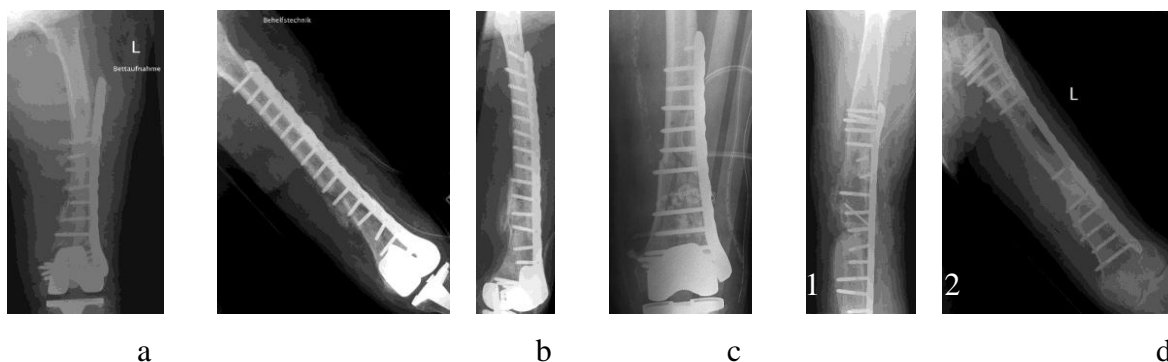


Abbildung 17:

Röntgenbilder von in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 mit NCB[®]-DF-Platten versorgten Patienten mit spezieller Indikation (gleiche Patienten wie Abb. 16):

- a) 84-jährige Patientin: 9-Loch NCB[®]-DF-Platte als zweiter Verfahrenswechsel bei periprothetischer Fraktur an Knie-TEP (Strahlengang a.-p.)
- b) 63-jährige Patientin: 13-Loch NCB[®]-DF-Platte als zweiter Verfahrenswechsel bei periprothetischer Fraktur an Knie-TEP (Strahlengang: links: a.-p., rechts: Behelfstechnik seitlich)
- c) 63-jähriger Patient: Ersatz einer instabilen LISS[®]-Platte durch eine 9-Loch NCB[®]-DF-Platte in Verbundosteosynthese nach mehrfach revidierter periprothetischer Fraktur an Knie-TEP (Strahlengang a.-p.)
- d) Fixation des Femurs nach Kallusdistraktion mittels 13-Loch NCB[®]-DF-Platte
 - 1) 19-jähriger Patient: kontralaterale Platte von Femur auf Tibia überbrückend umgekehrt eingebracht (Strahlengang a.-p.)
 - 2) 25-jähriger Patient: Die kontralaterale Platte wurde von proximal eingeschoben, da eine Verbackung des Kallus mit dem Weichgewebe die Implantation über einen distalen lateralen Zugang nicht zuließ. (Strahlengang a.-p.)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Abb.: Abbildung

TEP: Totalendoprothese

a.-p.: anterior-posterior

LISS[®]: less invasive stabilization system (Firma Synthes/USA, Paoli/Pennsylvania), winkelstabile Osteosyntheseplatte

Tabelle 7:

Operatives Vorgehen während der Implantation der ersten 50 NCB[®]-DF-Platten in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 eingeteilt in vier Indikationsgruppen und Gesamtzahl:

Es wird jeweils die Anzahl der Implantationen, für die ein Parameter zutrifft wiedergegeben. Die Operationsdauer in Minuten bezieht sich nur auf Operationen mit Einzelversorgung eines Femurs mit einer NCB[®]-DF-Platte.

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Operations- parameter Indikation	Plattengröße			winkelstabil		Knochenzement	Beckenkamm- spongiosa	Entfernung alter Implantate oder temporärer Fixationsgeräte	Zugang				Operationsdauer in Minuten			
	5-Loch	9-Loch	13-Loch	komplett	partiell				minimal-invasiv	erweitert	minimal-invasiv	offen	Durchschnitt	Median	Minimum	Maximum
periprotetische Frakturen	1	10	12	21	2	10	0	2	2	1	20	123	115	76	210	
Erstfrakturen	1	10	3	12	2	1	0	3	1	2	11	107	115	55	140	
Implantatversagen	0	2	5	6	1	1	1	7	1	1	5	127	135	90	155	
Spezialfälle	1	2	3	4	2	3	1	5	0	0	6	197	173	105	345	
Gesamt	3	24	23	43	7	15	2	17	4	4	42	130	120	55	345	

3.2 Intraoperativer Blutverlust und Substitution

Der geschätzte intraoperative Blutverlust wurde bei 28 der 44 Osteosynthesen (63,6 %) ausschließlich eines Femurs mittels NCB[®]-DF-Platte dokumentiert. Auf die vier Indikationsgruppen bezogen liegt die Häufigkeit der Dokumentation zwischen 59,1 % bei periprotetischen Frakturen und 71,4 % bei Implantatversagen. Durchschnittlich verloren die Patienten, bei denen ein Blutverlust dokumentiert wurde, 1279 ml Blut. Den geringsten mittleren Blutverlust von 1033 ml verzeichneten Patienten mit Erstfrakturen, gefolgt von Patienten mit periprotetischen Femurfrakturen mit 1035 ml. Deutlich höher lagen die Werte bei Implantatversagen (1680 ml) und den Spezialfällen (1943 ml). Diese Tendenz spiegelt sich auch bei Betrachtung des Medians und des geringsten Blutverlustes wider (Tab. 8).

Der maximale Blutverlust von 3500 ml ergab sich bei einem 66-jährigen Patienten mit

dislozierter periprothetischer Femurfraktur rechts bei Z. n. Knie-TEP (Lewis- und Rorabeck-Klassifikation: Typ II) während der Implantation einer 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte im offenen Verfahren.

Eine Substitution erfolgte in 24 Eingriffen (54,5 %) durch intraoperative Gabe von Erythrocytenkonzentraten. Im Zuge der Implantation der NCB[®]-DF-Platte wurden bei periprothetischen Frakturen zwölfmal, bei Frakturen zuvor implantatloser Femora fünfmal, bei Implantatversagen dreimal und bei den Fällen mit spezieller Indikation viermal EKs gegeben. Die im Einzelfall verwendete durchschnittliche Anzahl von EKs betrug 2,0. Sie reichte von 1,1 bei Frakturen implantatloser Femora und Implantatversagen über 2,3 bei periprothetischen Frakturen bis zu 3,5 bei den Spezialfällen (Tab. 8).

15 EKs wurden als Maximum einem 87-jährigen Patienten mit rechtsseitiger periprothetischer Vancouver-B2-Fraktur während seiner Operation im offenen Verfahren verabreicht. Die Patienten mit in den anderen Indikationsgruppen maximaler EKs-Substitution sind der 73-jährige Patient mit linksseitiger AO: 33-A3-Fraktur (Abb. 12 a)2 u. 13 c)1), der 73-jährige Patient mit Implantatversagen der LCP-16-Loch links (vgl. 3.1.3) und für die Gruppe der Spezialfälle der 63-jährige Patient mit Revision bereits mehrfach operativ versorgter periprothetischer Fraktur bei liegender Knie-TEP links (Abb. 16 c u. 17 c). Diese drei wurden im offenen Verfahren operiert.

Tabelle 8:

Intraoperativer Blutverlust und Substitution von Erythrocytenkonzentraten während der Implantation der ersten 50 NCB[®]-DF-Platten in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 aufgeschlüsselt auf vier Indikationsgruppen und Gesamtzahl:

Die Häufigkeit der Dokumentation des geschätzten Blutverlustes bezogen auf alle Eingriffe mit Einzelversorgung eines Femurs mittels NCB[®]-DF-Platte ist in Prozent (%) angegeben. Die statistischen Werte zum Blutverlust in Millilitern (ml) beziehen sich nur auf die dokumentierten Fälle.

Der Erythrocytenkonzentratbedarf (EK-Bedarf) in Prozent (%) und diesbezügliche statistische Werte beziehen sich auf alle Eingriffe mit Einzelversorgung eines Femurs. NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Indikation	Blutverlust (geschätzt) in ml				benötigte Erythrocytenkonzentrate (Anzahl)					
	Häufigkeit der Dokumentation in %	auf dokumentierte Fälle bezogen				Häufigkeit der Operationen mit EK-Bedarf in %	auf alle Eingriffe bezogen			
		Durchschnitt	Median	Minimum	Maximum		Durchschnitt	Median	Minimum	Maximum
periprothetische Frakturen	59,1	1035	800	250	3500	54,5	2,27	2	0	15
Erstfrakturen	66,7	1033	850	300	2500	55,6	1,11	2	0	2
Implantatversagen	71,4	1680	1500	700	3300	42,9	1,14	0	0	4
Spezialfälle	66,7	1943	2035	700	3000	66,7	3,50	2	0	11
Gesamt	63,6	1279	1000	250	3500	54,5	2,02	2	0	15

3.3. Komplikationen

3.3.1 intraoperativ

Plattenspezifisch traten intraoperativ in den ersten drei Indikationsgruppen keine Komplikationen auf. Lediglich in der Gruppe der Spezialfälle frakturierte während eines Eingriffs der Zielbügel beim Einschleiben der NCB[®]-DF-Platte. Nach dessen Austausch konnte die Operation jedoch wie geplant fortgesetzt werden.

3.3.2 postoperativ

Postoperative Komplikationen zeigten sich in 46 % der Plattenosteosynthesen. Die Komplikationsrate bei der Versorgung periprothetischer Frakturen lag bei 48 %, bei Erstfrakturen des Femurs bei 43 %, bei Implantatversagen bei 29 %, sowie bei den Fällen mit spezieller Indikation bei 67 %. Eine Aufstellung der aufgetretenen Komplikationsarten und deren Anzahl zeigt Tab. 9.

Revisionsoperationen waren bei periprothetischen Frakturen in neun Fällen, bei allen anderen Indikationsgruppen in allen Fällen mit postoperativen Komplikationen nötig. Somit ergab sich insgesamt eine Revisionsquote von 42 % (periprothetische Frakturen 39 %, Erstfrakturen 43 %, Implantatversagen 30 %, Spezialfälle 67 %).

Implantatbezogene Komplikationen wie die Entwicklung von Pseudarthrosen, schleichende Frakturen, Plattenlockerungen oder -brüche traten in insgesamt sieben Fällen (14 %) auf. Eine postoperative Pseudarthrose nach versorgter Erstfraktur des Femurs konnte durch Entfernung zweier Schrauben und Einbringen eines autologen corticospongiösen Knochenspans behoben werden. Die schleichende Fraktur der 84-jährigen Patientin mit spezieller Indikation wurde mit drei zusätzlichen Schrauben refixiert. Von den beiden jeweils bei Osteosynthesen periprothetischer Frakturen im Bereich der Endoprothesen gelockerten Platten konnte die Platte der Patientin mit Knie-TEP im zweiten Revisionseingriff erfolgreich refixiert werden. Die 13-Loch-NCB[®]-DF-Platte einer 82-jährigen Patientin mit Osteoporose nach periprothetischer Fraktur bei liegender Hüft-TEP rechts war proximal ausgerissen und musste ausgetauscht werden.

Es wurden insgesamt zwei Platten ersetzt: Die eben erwähnte und eine frakturierte 9-Loch-Platte eines 75-jährigen Patienten mit periprothetischer Fraktur bei liegender Hüft- und Knie-TEP links (Abb. 18). Zur erneuten Plattenosteosynthese wurde bei beiden Patienten Knochenzement zur besseren Retention der Schrauben verwendet. Bei zwei weiteren Plattenbrüchen im Kollektiv der Patienten mit periprothetischen Frakturen erfolgte ein Verfahrenswechsel auf ein anderes Osteosynthesesystem, bzw. auf einen distalen Femurersatz.

Der Großteil der Revisionen wurde wegen gewebebezogener Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, postoperativ aufgetretener oder weiter bestehender Infektionen, bzw. zur Kompartmentspaltung sowie zur Hämatom-, Hämatoserom-, Seromauräumung,

durchgeführt. Aufgrund persistierender postoperativer Infektion bei einer 75-jährigen Patientin mit proximaler Femurfraktur links wurde in der achten Revisionsoperation die Entfernung der NCB[®]-DF-Platte beschlossen. Es folgte die Anlage einer Girdlestone-Situation. Bis dahin brachten weder Wundrevisionen, Vakuumversiegelungen, Antibiotikaketteneinlagen, noch die offene Wundbehandlung einen Erfolg. Die Patientin verstarb in der Folge aufgrund ihres schlechten Allgemeinzustandes. Bei dem 19-jährigen Patienten mit Z. n. Kniegelenksresektion nach Kniegelenksdefektfraktur und dem neunjährigen Patienten mit Segmentresektion in der Gruppe der Fälle mit spezieller Indikation wurden die zur vorübergehenden Stabilisierung eingesetzten NCB[®]-DF-Platten entfernt. Der 19-jährige hatte einen Plattenlagerinfekt, wegen andauernder vorbestehender Infektion, weshalb die Metallentfernung mit Verfahrenswechsel auf einen Dauerfixateur (Ilizarow) erfolgte. Der neunjährige litt unter einem fortdauernden Kompartmentsyndrom.

Tabelle 9:

Anzahl der Komplikationen unterteilt nach Art und bezogen auf die Indikation der Plattenosteosynthese mittels NCB[®]-DF-Platte in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 (In manchen Fällen traten verschiedene Komplikationen gemeinsam auf.)

tiefe Infektion: mit Knochenbefall

oberflächliche Infektion: ohne Knochenbefall

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

Komplikation Indikation (Anzahl)	gewebebezogen						implantatbezogen				Fälle mit Komplikationen
	Wundheilungsstörungen	andauernde vorbestehende Infektion	tiefe Infektion	oberflächliche Infektion	Kompartmentsyndrom	Hämatom / Hämatoserom / Serom	Pseudarthrose	schleichende Fraktur	Lockerung	Plattenbruch	
Periprothetische Frakturen (23)	1	0	1	1	0	6	0	0	2	3	11
Frakturen implantatloser Femora (14)	0	0	1	2	0	3	1	0	0	0	6
Implantatversagen (7)	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Spezialfälle (6)	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	4
gesamt (50)	3	2	2	4	1	10	1	1	2	3	23

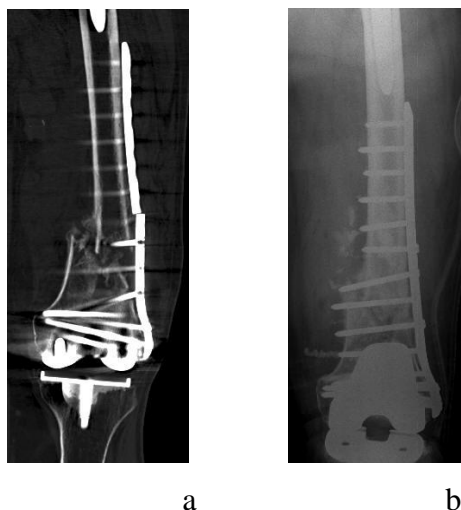


Abbildung 18:

Plattenfraktur als postoperative Komplikation nach Implantation einer NCB[®]-DF-Platte bei einem 75-jährigen Patienten an der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm im Zeitraum vom 01. März 2005 bis zum 23. Februar 2007 (gleicher Patient wie Abbildung 10 c)

- a) CT (koronar) des linken Femurs mit frakturierter NCB[®]-DF-Platte nach periprothetischer Fraktur bei liegender Hüft- und Knie-TEP
- b) Röntgenbild nach Plattenaustausch mit Verwendung von Knochenzement (Strahlengang anterior-posterior)

NCB[®]-DF: non-contact bridging (berührungsfreie Überbrückung) – distales Femur (Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana)

CT: Computertomographie

TEP: Totalendoprothese

3.4 Follow-up

Postoperativ wurde in der Regel eine Teilbelastung mit 20 kg für ca. sechs bis zwölf Wochen angestrebt. Daran schloss sich verlaufsadaptiert eine Phase der Belastungssteigerung bis zur Vollbelastung an.

Vier Patienten verstarben vor Erreichen der Vollbelastung im Alter von 73, 83, 87 und 89 Jahren im Zeitraum der Datenerfassung. Da bei der 89-jährigen Patientin beidseits NCB[®]-DF-Platten implantiert wurden, war der Zeitpunkt der Vollbelastung in fünf Fällen nicht ermittelbar. In 22 der restlichen 45 Fälle konnte er aus der klinikinternen elektronischen

Patientenakte mit durchschnittlich 124 Tagen nach Platteninsertion eruiert werden. Die restlichen Fälle waren diesbezüglich nicht bzw. während der Datenerfassung noch nicht dokumentiert. Bis zur Vollbelastung waren somit acht periprothetische Frakturen, neun Erstfrakturen, drei Implantatversagen und zwei Spezialfälle dokumentiert. Die Vollbelastung konnte bei den periprothetischen Frakturen nach durchschnittlich 99 Tagen, bei den Erstfrakturen nach 120 und bei Implantatversagen nach 101 Tagen erreicht werden. Bei den Fällen mit spezieller Indikation konnte die bereits in der Beschreibung des Indikationsspektrums erwähnte 63-jährige Patientin mit zuvor mehrfach erfolglos operativ versorgter offener periprothetischer Fraktur nach postoperativen 95 Tagen wieder voll belasten. Ebenso erreichte der 25-jährige Patient mit Stabilisierung nach Kallusdistraktion mittels NCB[®]-DF-Platte die Vollbelastung nach 450 Tagen.

4. Diskussion

4.1 Material und Methode

In der vorliegenden Verlaufsstudie wurden 50 Implantationen der NCB[®]-DF-Platte bei 48 Patienten unterschiedlichsten Alters retrospektiv anhand der elektronischen Patientenakten untersucht. Die Studie war deskriptiv ausgelegt, um dem Chirurgen gerade auch durch die Inhomogenität im Patientenkollektiv einen Überblick darüber zu verschaffen, wie breit das Anwendungsgebiet der NCB[®]-DF gefächert sein kann, und welcher Verlauf sich hinsichtlich Komplikationen und Vollbelastung abzeichnen kann.

Bezüglich NCB[®]-DF-Platten liegen bereits zwei Publikationen von 2008 bzw. 2009 zur Versorgung periprothetischer Frakturen vor, jedoch mit vergleichbar geringen Fallzahlen von 24 bzw. 31 [13,53]. Zu weiteren Indikationsstellungen existieren noch keine Veröffentlichungen. Zieht man zum Vergleich Fallzahlen in Veröffentlichungen zu anderen Osteosynthesystemen für das Femur heran, so liegen diese z. B. bei der LISS[®]-Platte zwischen den Jahren 2004 bis 2009 meist unter 35 [2,8,16,20,24,25,33,36,41,44,47,48,52,54,57,66,69,72,73,76]. Lediglich Yu et al. veröffentlichten 49 Fälle, Kolb et al. 50, Liu et al. 85 und Kregor et al. 103 [27,29,32,75].

4.2 Ergebnisse

Indikationsspektrum

Periprothetische Frakturen

Die Behandlung periprothetischer Frakturen wird durch viele Faktoren wie Knochenqualität, eventuell gelockerte Endoprothesen, die Erfahrung des Chirurgen und vor allem den Allgemeinzustand des meist älteren Patienten beeinflusst. Vorwiegend sind weibliche Patienten zwischen dem 60. und 80. Lebensjahr von periprothetischen Frakturen betroffen [10,16,44,55,61,67]. Es muss deshalb ein winkelstabiles Osteosynthesystem eingesetzt werden, welches eine gute Fixierung der Fraktur, auch in osteoporotischem Knochen verspricht, ohne den Zementmantel, der die Endoprothese im Knochen hält, zu beschädigen [17-19,34]. Minimalinvasive Verfahren erlauben zusätzlich ein kleineres Operationsfeld. Die Gefahr von Infektionen sinkt [54]. Folglich wird der Allgemeinzustand des Patienten weniger beeinträchtigt werden.

Minimalinvasive winkelstabile Plattensysteme sind konventionellen Systemen durch Schonung der Weichgewebe und durch ihre wesentlich kleinere Auflagefläche auf dem Periost und die damit geringere Beeinträchtigung der Nutrition des Knochens überlegen [14,17,19,30,38,45,58]. O'Toole et al. konnten in einer prospektiven Studie die Vorteile einer Osteosyntheseplatte mit diesem Design anhand der LISS[®]-Platte zeigen [44].

Als zusätzliche Besonderheit sind bei der NCB[®]-DF-Platte die Einbringwinkel der winkelstabilen Schrauben innerhalb einer Abweichung von 30° variabel. Dies verspricht gerade bei periprothetischen Frakturen bessere Ergebnisse, da dadurch häufig an den sonst den Schrauben im Weg stehenden Endoprothesen vorbeiimplantiert werden kann, ohne ihren Zementmantel zu verletzen.

Gerade bei Patienten mit pathologischen periprothetischen Frakturen wie der 77-jährigen Patientin mit Chondrosarkom oder der beiden Patienten mit Osteoporose bietet die freiere Wahl der Schraubenrichtung die Möglichkeit, gezielt in qualitativ besseren Knochen winkelstabil zu implantieren. Bei allen drei Patienten konnte ein komplikationsloser Verlauf mit Re-union und späterer Vollbelastung beobachtet werden.

Erstfrakturen des Femurs

Nicht nur bei eben genannten periprothetischen Femurfrakturen, sondern bei allen Osteosynthesen des Femurs sind gewebeschonende Operationstechniken sowie eine geringe Kompression auf den Knochen zu empfehlen [38,39,70].

Proximale Femurfrakturen, falls sie wie im vorliegenden Patientenkollektiv extraartikulär durch die Trochanterregion verlaufen, und diaphysäre Femurfrakturen müssen hinsichtlich Länge, Rotation und Achse des Femurs repositioniert werden. Torsions- und Zugspannungen und verminderte Durchblutung gerade in der subtrochantären Region resultierten häufig in Fehlstellungen und verzögerter oder ausbleibender Frakturheilung [4]. Distale Femurfrakturen mit eventueller Gelenkbeteiligung stellen zusätzlich eine große Herausforderung bezüglich korrekter anatomischer und stabiler Reposition dar. Diesen Forderungen kommt die hier untersuchte Platte nach. Da ihre Konturierung der anatomischen Geometrie des distalen Femurs entspricht, kann sie als Repositionshilfe verwendet werden. Dies gelingt auch bei proximaler Femurfraktur durch umgekehrte

Implantation einer Platte der Gegenseite. Unterstützend können Fragmente an die NCB[®]-DF-Platte herangezogen werden, da die Schrauben erst nach ihrer Platzierung winkelstabil arretiert werden. Dies ist mit dem Einsatz von Zugschrauben vergleichbar. Die Möglichkeit der variablen Schraubenplatzierung innerhalb eines Kegels von 30° zur senkrechten Bohrrichtung bietet zusätzliche Flexibilität für die Operation und Stabilität gerade für die Osteosynthese von Trümmerfrakturen im Bereich des Kondylus nach high-energy Traumata wie im vorliegenden Fall der 20-jährigen Patientin, aber auch bei Patienten mit z. B. Osteoporose. Zwei Hauptverletzungsmuster zeichnen sich für Erstfrakturen des Femurs ab: high-energy Traumata, die gerade junge Patienten betreffen und häufig zu Trümmerfrakturen im distalen Bereich führen, sowie low-energy Traumata bei älteren Patienten mit oft qualitativ minderwertigerem Knochen, ähnlich des Patientenkollektivs bei periprothetischen Frakturen [7,28,40,45,59,74]. Ob die NCB[®]-DF-Platte anderen Osteosynthesystemen bei diesen Frakturtypen tatsächlich überlegen sein wird, muss jedoch abschließend mittels weiterer Studien, v. a. auch Langzeitstudien erforscht werden.

Implantatversagen

Es existiert in der Literatur kein Goldstandard zur Beantwortung der Frage, wie bei Implantatversagen am Femur vorzugehen ist. So gibt es laut Ekere et al., obwohl die Heilung der Femurdiaphyse nicht selten ausbleibt, keine Standardbehandlungsmethode [11]. Emara et al. tauschten nach Implantatversagen Platten durch ein intramedulläres Implantat [12]. Bellabarba et al. konnten hingegen alle non-unions ihrer Studie durch Verfahrenswechsel von intramedullären Implantaten auf ein Plattenosteosynthesystem zur Ausheilung bringen [5]. Die Fallzahlen lagen bei 40 bzw. 23.

Bei Implantatversagen im Zusammenhang mit distalen Femurfrakturen scheinen Plattenosteosynthesen geeigneter zu sein, der anatomischen Reposition Rechnung zu tragen. Bellabarba et al. konnten alle 19 aufgetretenen non-unions bei distalen Femurfrakturen, bei denen bereits chirurgisch interveniert wurde, mittels Plattenosteosynthesen komplikationslos zur Ausheilung bringen [6].

Mit der NCB[®]-DF-Platte steht dem Chirurgen ein weiteres Osteosynthesystem mit großer Indikationsbreite zur Verfügung, welchem im vorliegenden Patientengut mit

Implantatversagen gegenüber der LISS[®]- und der LCP-Platte wegen ihrer Polyaxialität und ihrer möglichen Verwendung als Repositionshilfe der Vorzug gegeben wurde. Z. B. erfolgte der Austausch der LCP-Platte des 73-jährigen Patienten durch die polyaxiale NCB[®]-DF-Platte, weil aufgrund der vorherigen Verbundosteosynthese mit quantitativ und qualitativ vermindertem Knochenangebot zu rechnen war. Bei den Implantatversagen der LFN des 19-jährigen und des 35-jährigen erschien wegen der Mehrfragmentfrakturen ein Verfahrenswechsel vom intramedullären Osteosynthesystem auf ein Plattenosteosynthesystem sinnvoll.

Spezialfälle

Die Fälle mit spezieller Indikation sind jeder für sich als Einzelfall zu betrachten. Sie entziehen sich jeder sinnvollen Vergleichsmöglichkeit. Dennoch sollten sie im Ergebnisteil nicht unerwähnt bleiben, um die große Indikationsbreite der NCB[®]-DF-Platte zu verdeutlichen.

Operationsparameter

Für periprothetische Femurfrakturen und Erstfrakturen des Femurs können Vergleiche bezüglich Operationsdauer und intraoperativem Blutverlust mit der Literatur angestellt werden. Fälle mit Implantatversagen und Fälle mit spezieller Indikation entziehen sich dieser Möglichkeit, da ihre Individualität keinen sinnvollen Vergleich zulässt.

Die Operationsdauer bei periprothetischen Frakturen liegt mit 115-210 Minuten in einem Bereich, den auch Althausen et al. für die Osteosynthese periprothetischer Frakturen mit liegender Knie-TEP mittels LISS[®]-Platte angeben. Sie benötigten zwischen 101 und 179 Minuten [1]. Die durchschnittliche Operationszeit von 123 Minuten liegt etwas über dem Wert von 90 Minuten, den Fulkerson et al. 2007 für Plattenosteosynthesen periprothetischer Frakturen mittels LISS[®]-Platte veröffentlichten [16]. Die Unterschiede gerade bei periprothetischen Frakturen sind sicherlich auf den Schwierigkeitsgrad aufgrund der knöchernen Verhältnisse und die mögliche Lockerung von Endoprothesen sowie die Fähigkeiten des Chirurgen im einzelnen Fall zurückzuführen.

Der Einfluss des Schwierigkeitsgrades auf die Operationsdauer auch bei Erstfrakturen des Femurs wird durch eine prospektive Multicenter Studie von Schütz et al. von 2005 zur Anwendung der LISS[®]-Platte bei distalen Femurfrakturen deutlich herausgearbeitet. Je nach Komplexität der Fraktur lag die durchschnittliche Dauer zwischen 79 und 149 Minuten (maximal 300 min) [63]. Die Operationszeit in der vorliegenden Studie, die alle Erstfrakturen ungeachtet des Schwierigkeitsgrades berücksichtigt, liegt mit durchschnittlich 107 Minuten (maximal 140 Minuten) innerhalb dieses Bereichs und weit unterhalb der von Kregor et al. 2004 ermittelten 183 Minuten [29]. Für Plattenosteosynthesen von suprakondylären und pertrochantären Femurfrakturen existieren längere Zeiten von durchschnittlich 140 bzw. 128 Minuten [21,74].

Die NCB[®]-DF-Platte kann also im Vergleich mit anderen Plattensystemen hinsichtlich der Operationszeit als ebenso praktikables Osteosynthesesystem für periprothetische Frakturen und Erstfrakturen bezeichnet werden.

Althausen et al. publizierten 2003 bei Osteosynthesen periprothetischer Frakturen bei liegender Knie-TEP mittels LISS[®]-Platte in fünf Fällen einen intraoperativen Blutverlust von 102-258 ml. Zwei ihrer weiteren Patienten mit anderen Plattenosteosynthesesystemen erlitten weit höhere Blutverluste von 1200-1500 ml [1]. Der Blutverlust bei der Versorgung periprothetischer Frakturen mittels NCB[®]-DF Platte liegt mit 1035 ml ähnlich hoch. Dieser wurde jedoch zusammen bei sieben periprothetischen Frakturen bei liegender Knie-TEP und 17 Frakturen bei liegender Hüft-TEP festgestellt. Die gemeinsame Betrachtung beider anatomischer Regionen, sowie die größere Patientenzahl in dieser Studie und die damit verbundene Einbeziehung auch komplexer Frakturen könnten den höheren Blutverlust im Vergleich zum Einsatz der LISS[®]-Platte bei Althausen et al. erklären.

Der intraoperative Blutverlust von durchschnittlich 1033 ml (maximal 2500 ml) bei den Erstfrakturen dieser Studie liegt deutlich über den Werten der Studien von Kregor et al. (373 ml) und Yoo et al. (340 ml) zu anderen Plattensystemen (LISS[®]-Platte, 95° angled blade plate) für distale bzw. proximale Femurfrakturen [29,74]. Jedoch fällt auch bei ihnen eine große Streuung bis hin zu 3000 ml je nach Komplexität des Eingriffs auf. Die gemeinsame Betrachtung aller Frakturlokalisationen, sowie die häufige Erweiterung der Zugänge bis hin zur offenen Reposition könnten im vorliegenden Patientenkollektiv den höheren Blutverlust erklären.

Komplikationen

Das Auftreten lediglich einer plattenspezifischen intraoperativen Komplikation, nämlich des Bruches eines Zielbügels, spricht für die gute technische Beherrschbarkeit des Osteosynthesystems NCB[®]-DF.

Die Revisionsrate bei Patienten mit periprothetischen Frakturen liegt bei 39 % und damit deutlich höher als in der von Erhardt et al. zur NCB[®]-DF-Platte bei periprothetischen Frakturen durchgeführten Studie [13]. Die implantatspezifischen Komplikationen wie z. B. Pseudarthrosen, schleichende Frakturen, Lockerungen und Plattenbrüche liegen mit ca. 22 % im oberen Bereich der Literatur für winkelstabile Plattensysteme [13,16,44,55,67]. Bei der Behandlung periprothetischer Frakturen bei liegender Hüftprothese mit konventionellen, nicht winkelstabilen Systemen liegen die implantatspezifischen Komplikationen mit bis zu 33 % aber weit höher [3,31,67].

Betrachtet man die Zahlen dieser Studie zu Erstfrakturen, spiegelt sich eine ähnliche Tendenz wider. Verglichen mit Daten in der Literatur zur LISS[®]-Platte bei distalen und zur Plattenosteosynthese bei proximalen Femurfrakturen ist die Revisionsquote aufgrund nicht plattenspezifischer Komplikationen mit 36 % ebenfalls sehr hoch. In der Literatur werden bei distalen Femurfrakturen Werte um 20 % angegeben [29,60,61]. Demgegenüber wurde in dieser Studie von 14 Erstfrakturen nur ein Implantatversagen (7 %) im Sinne einer Pseudarthrose bei der 20-jährigen polytraumatisierten Patientin, welche durch Einsatz eines cortikospongiösen Knochenspans zur Ausheilung gebracht werden konnte, registriert. Yoo et al. hatten bei Plattenosteosynthesen proximaler Frakturen 2005 ebenfalls nur ein Implantatversagen bei 39 Patienten [74]. Implantatversagen der LISS[®]-Platte bei distalen Femurfrakturen werden in der Literatur mit 5-16 % angegeben [28,33,59,61,72].

Die hohe Anzahl gewebebezogener Komplikationen, wie z. B. Hämatome, Hämatoserome, Serome und Infektionen bei periprothetischen und Erstfrakturen erhöhte also die Revisionsrate erheblich. Die Ursache dafür ist vermutlich in der Größe des verwendeten Zugangs zu suchen. Aus technischen Gründen musste unter Berücksichtigung der Komplexität der Frakturen sowie der Knochenqualität bei periprothetischen Frakturen in 20 von 23 und bei Erstfrakturen in elf von 14 Fällen eine offene Reposition erfolgen, obwohl die NCB[®]-DF-Platte für minimalinvasive Zugänge

konzipiert wurde.

Ein Vergleich der Werte der beiden anderen Indikationsgruppen mit der Literatur ist aufgrund der Individualität der Fälle nicht sinnvoll. Dennoch kann man hervorheben, dass nach Anwendung der NCB[®]-DF-Platte zur Revision gescheiterter Osteosynthesen in keinem Fall, bei den Spezialfällen lediglich in einem Fall plattenspezifische Komplikationen auftraten. Trotzdem kann aufgrund der kleinen Patientenzahl nicht darauf geschlossen werden, dass die NCB[®]-DF-Platte von vornherein zum Erfolg geführt hätte.

Follow-up

Die Zeit zwischen der Plattenosteosynthese mittels NCB[®]-DF-Platte und Vollbelastung bei periprothetischen Frakturen im vorliegenden Patientenkollektiv liegt mit durchschnittlich ca. 14 Wochen im oberen Bereich der Literaturangaben für winkelstabile Osteosyntheseplatten [1,55]. Kolb et al. erreichten die Vollbelastung 2003 bereits nach sechs bis acht Wochen [26].

Bei Erstfrakturen dauerte es bis zur Vollbelastung durchschnittlich 17 Wochen und damit verglichen mit Publikationen zur LISS[®]-Platte bei distalen Femurfrakturen deutlich länger. Hier existieren in der Literatur Zeiten zwischen zehn bis 14 Wochen, wobei eine zunehmende Vollbelastung bereits ab acht Wochen empfohlen wird [29,54,59,69]. Die Ursache hierfür könnten die sehr schwerwiegenden beidseitigen distalen Trümmerfrakturen der 20-jährigen Patientin nach high-energy Trauma mit einer Zeit von 31 Wochen bis zur Vollbelastung, sowie die Inhomogenität der Gruppe mit distalen und proximalen Frakturen sein. Für die Plattenosteosynthese proximaler Femurfrakturen gaben Yoo et al. 2005 19 postoperative Wochen bis zur Vollbelastung an [74].

4.3 Limitationen der Studie

Hauptlimitationen der Studie sind die geringe Patientenzahl in den einzelnen Indikationsgruppen, das Fehlen einer Vergleichsgruppe, sowie der retrospektive Studiencharakter.

Wie oben erwähnt, liegen die Fallzahlen der meisten Studien der letzten fünf Jahre zu Osteosynthesystemen für das Femur in einem kleinen Bereich. Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten, müssten die Fallzahlen durch Zusammenschluss mehrerer Kliniken in Multicenter-Studien oder durch Erstellen von Metaanalysen erhöht werden. Derartige Studien werden mit einem hohen finanziellen und personellen Aufwand verbunden sein.

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse mit Daten zu anderen Osteosynthesystemen in der Literatur und nicht mit einer eigenen Kontrollgruppe verglichen. Prospektive Vergleichsstudien, also z. B. der direkte Vergleich der NCB[®]-DF-Platte mit anderen Osteosynthesystemen bei gleicher Indikation, sind meist ethisch nicht vertretbar, da den Probanden kein Nachteil durch das gewählte Verfahren entstehen darf. Derartige Studien sind aufwändig in der Planung und sehr teuer. Deshalb können anfangs oft nur in vitro Studien durchgeführt werden. So zeigte Otto 2009, dass es in vitro keinen Unterschied zwischen der LISS[®]-Platte und der NCB[®]-DF-Platte bezüglich Festigkeit und Maximalbelastung und Ausreißen aus einem synthetischen Femur gäbe [46]. Diese Ergebnisse sollten in der Zukunft jedoch durch geeignete prospektive randomisierte kontrollierte klinische in vivo Studien verifiziert werden.

Der retrospektive Charakter der vorliegenden Studie birgt zwangsläufig Lücken in der Datenerfassung, da die Patienten nicht nach strengen, vorgegebenen Parametern untersucht und nachuntersucht wurden, und die Ergebnisse deshalb auch nicht dementsprechend dokumentiert werden konnten. Dieser Umstand und die geringe Zahl der Implantationen, die noch auf vier Indikationsgruppen verteilt werden musste, lassen eindeutige quantitative Messergebnisse und somit ein genaues Vergleichen mit anderen Studien oft nur schwer zu. Die retrospektive Verlaufsstudie hat daher eher deskriptiven Charakter. Trotz niedrigem Evidenzlevel der Studie (Level IV), ist diese für den Chirurgen von Bedeutung, da noch keine in vivo Studien zur NCB[®]-DF-Platte mit höherem Evidenzgrad vorliegen.

Für das sehr kurze Follow-up stand nur die Vollbelastung als Erfolgskriterium zur Verfügung. Es wäre denkbar, eine genaue geometrische Auswertung von anatomischen Landmarken zur Bestimmung von Achs- und Torsionswinkeln anhand von Röntgenbildern durchzuführen. Dadurch könnte der technische Erfolg belegt werden. Da der vorherige Gesundheitszustand der Patienten retrospektiv nicht genau erfasst werden

konnte, muss davon ausgegangen werden, dass einige vor allem der älteren Patienten bereits vor der Operation immobil waren bzw. eine eingeschränkte Mobilität besaßen. Fragebögen, welche die Patienten auffordern, ihre Lebensqualität vor und nach der Osteosynthese mittels NCB[®]-DF-Platte subjektiv zu bewerten, könnten neben dem durch den Arzt messbaren Erfolg die Zufriedenheit des Patienten mit seinem Behandlungsergebnis wiedergeben. Da hierzu kaum Daten vorhanden waren, konzentrierte sich diese Studie auf die Indikationsbreite, die Operationsparameter und intra- und postoperative Komplikationen der NCB[®]-DF-Platte.

4.4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass dieses System bei nur einer plattenspezifischen intraoperativen Komplikation ein sicheres und hinsichtlich der Operationsdauer ein praktikables System für die Versorgung von periprothetischen und Erstfrakturen des Femurs darstellt. Durch die Polyaxialität kann auch in qualitativ minderwertigem Knochen eine stabile Osteosynthese erzielt werden. Die implantatbezogene Komplikationsrate ist als mit anderen winkelstabilen Plattensystemen vergleichbar einzuschätzen. Eine breite Indikationsstellung für die NCB[®]-DF ist möglich. Dies wird vor allem durch den Einsatz bei Implantatversagen und den genannten Spezialfällen deutlich.

Die hohe Zahl nicht implantatspezifischer Komplikationen im vergleichsweise inhomogenen Patientenkollektiv deutet darauf hin, dass hinsichtlich der Operationstechnik, im Besonderen der Zugangsform bei komplizierten Frakturen noch Entwicklungsbedarf besteht, um durch geschlossene Reposition das Operationstrauma und die Infektionsgefahr so gering wie möglich zu halten.

Prospektive klinische Kontrollstudien mit größeren Patientenzahlen und längerer Nachbeobachtungszeit sollten folgen.

5. Zusammenfassung

Der Wandel von der offenen Reposition bei Femurfrakturen zur geschlossenen Reposition mit minimalinvasiven Zugängen und gleichzeitiger Verwendung winkelstabiler Osteosyntheseplatten hatte eine deutliche Senkung der Komplikationsraten in den letzten zehn Jahren zur Folge. Vor diesem Hintergrund wurde die Non-contact bridging-Platte für das distale Femur (NCB[®]-DF-Platte, Osteosyntheseplatte der Firma Zimmer/USA, Warsaw/Indiana) mit dem zusätzlichen Vorteil einer polyaxialen Schraubenpositionierung mit nachträglicher winkelstabiler Verankerung entwickelt. In der vorliegenden Studie wurden die ersten 50 Implantationen der NCB[®]-DF-Platte an der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich Indikationsspektrum, Verletzungstyp, Operationsverlauf und -technik und der aufgetretenen Komplikationen retrospektiv untersucht. Es wurde ein Follow-up bezüglich Vollbelastung erstellt. Die gesammelten Daten wurden mit der Literatur zu anderen Plattenosteosynthesystemen, vor allem des Less invasive stabilization systems (LISS[®]-Platte, Osteosyntheseplatte der Firma Synthes/USA, Paoli/Pennsylvania) verglichen.

Von den 50 im Zeitraum von 01. März 2005 bis 23. Februar 2007 implantierten und bis 11. Oktober 2007 nachbeobachteten NCB[®]-DF-Platten wurden zur Osteosynthese von periprothetischen Frakturen 23, von Erstfrakturen 14 eingesetzt. Zum Ersatz bei Implantatversagen anderer Systeme kamen sieben NCB[®]-DF-Platten zur Anwendung, bei Fällen mit spezieller Indikation wie zum Beispiel revisionspflichtiger bereits mehrfach operativ angegangener periprothetischer Frakturen, sowie Stabilisationen nach Kallusdistraktion respektive Segmentresektion sechs. Diese Fälle wurden als Einzelfälle betrachtet.

Bei periprothetischen und Erstfrakturen waren die Operationsdauer mit durchschnittlich 123 beziehungsweise 107 Minuten und die plattenspezifischen Komplikationen mit 22 % respektive 7 % mit anderen Plattensystemen in der Literatur vergleichbar. Dies spricht zusammen mit nur einer aufgetretenen intraoperativen Komplikation (Bruch des Zielbügels) für eine geringe Techniksensitivität des Systems. Die hohen Gesamtrevisionsquoten von 39 % bei periprothetischen und 43 % bei Erstfrakturen sind auf gewebebezogene Komplikationen wie Hämatome, Hämatoserome, Serome und Infektionen zurückzuführen. Ursache dafür scheint die häufige Wahl eines erweiterten Zuganges oder die offene Reposition bei komplexen Frakturen im vergleichsweise

inhomogenen Patientenkollektiv zu sein. Dies erklärt auch die hohen intraoperativen Blutverluste von durchschnittlich 1035 und 1033 Millilitern.

Das Follow-up zeigt hinsichtlich der postoperativen Zeit bis zur Vollbelastung gegenüber der Literatur zu anderen Osteosynthesystemen eine ähnliche Tendenz.

Mit der NCB[®]-DF-Platte steht dem Chirurgen ein weiteres, sicheres winkelstabiles Osteosynthesystem zur Verfügung, das dank seiner Polyaxialität große Flexibilität hinsichtlich des Indikationsspektrums verspricht. Es besteht jedoch noch Entwicklungsbedarf im Operationsverfahren, um künftig erweiterte Zugänge und offene Repositionen zunehmend vermeiden zu können. Dies könnte den intraoperativen Blutverlust, das Auftreten von Hämatomen, Hämatoseromen und Seromen, sowie das Infektionsrisiko senken. Schließlich sollten die vorliegenden ersten Ergebnisse durch weiterführende prospektive Langzeitstudien mit größeren Patientenzahlen und Kontrollgruppen überprüft werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Althausen PL, Lee MA, Finkemeier CG, Meehan JP, Rodrigo JJ: Operative stabilization of supracondylar femur fractures above total knee arthroplasty: a comparison of four treatment methods. *J Arthroplasty* 18: 834-839 (2003)
2. Anakwe RE, Aitken SA, Khan LA: Osteoporotic periprosthetic fractures of the femur in elderly patients: outcome after fixation with the LISS plate. *Injury* 39: 1191-1197 (2008)
3. Beals RK, Tower SS: Periprosthetic fractures of the femur. An analysis of 93 fractures. *Clin Orthop Relat Res*: 238-246 (1996)
4. Bedi A, Toan Le T: Subtrochanteric femur fractures. *Orthop Clin North Am* 35: 473-483 (2004)
5. Bellabarba C, Ricci WM, Bolhofner BR: Results of indirect reduction and plating of femoral shaft nonunions after intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 15: 254-263 (2001)
6. Bellabarba C, Ricci WM, Bolhofner BR: Indirect reduction and plating of distal femoral nonunions. *J Orthop Trauma* 16: 287-296 (2002)
7. Bolhofner BR, Carmen B, Clifford P: The results of open reduction and Internal fixation of distal femur fractures using a biologic (indirect) reduction technique. *J Orthop Trauma* 10: 372-377 (1996)
8. Chakravarthy J, Bansal R, Cooper J: Locking plate osteosynthesis for Vancouver Type B1 and Type C periprosthetic fractures of femur: a report on 12 patients. *Injury* 38: 725-733 (2007)
9. Collinge CA, Sanders RW: Percutaneous plating in the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 8: 211-216 (2000)
10. Duncan CP, Masri BA: Fractures of the femur after hip replacement. *Instr Course Lect* 44: 293-304 (1995)

11. Ekere AU, Echem RC: Dual implant application in the treatment of aseptic femoral shaft nonunions--case series. *West Afr J Med* 27: 117-119 (2008)
12. Emara KM, Allam MF: Intramedullary fixation of failed plated femoral diaphyseal fractures: are bone grafts necessary? *J Trauma* 65: 692-697 (2008)
13. Erhardt JB, Grob K, Roderer G, Hoffmann A, Forster TN, Kuster MS: Treatment of periprosthetic femur fractures with the non-contact bridging plate: a new angular stable implant. *Arch Orthop Trauma Surg* 128: 409-416 (2008)
14. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H: Minimally invasive plate osteosynthesis: does percutaneous plating disrupt femoral blood supply less than the traditional technique? *J Orthop Trauma* 13: 401-406 (1999)
15. Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R: The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury* 32 Suppl 3: SC24-31 (2001)
16. Fulkerson E, Tejwani N, Stuchin S, Egol K: Management of periprosthetic femur fractures with a first generation locking plate. *Injury* 38: 965-972 (2007)
17. Gardner MJ, Helfet DL, Lorich DG: Has locked plating completely replaced conventional plating? *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 33: 439-446 (2004)
18. Goesling T, Frenk A, Appenzeller A, Garapati R, Marti A, Krettek C: LISS PLT: design, mechanical and biomechanical characteristics. *Injury* 34 Suppl 1: A11-15 (2003)
19. Haidukewych GJ: Innovations in locking plate technology. *J Am Acad Orthop Surg* 12: 205-212 (2004)
20. Hailer YD, Hoffmann R: Management of a nonunion of the distal femur in osteoporotic bone with the internal fixation system LISS (less invasive stabilization system). *Arch Orthop Trauma Surg* 126: 350-353 (2006)
21. Hartin NL, Harris I, Hazratwala K: Retrograde nailing versus fixed-angle blade plating for supracondylar femoral fractures: a randomized controlled trial. *ANZ J Surg* 76: 290-294 (2006)

-
22. Hunter GA: The results of operative treatment of trochanteric fractures of the femur. *Injury* 6: 202-205 (1975)
 23. Jacobs RR, Rahn BA, Perren SM: Effects of plates on cortical bone perfusion. *J Trauma* 21: 91-95 (1981)
 24. Kaab MJ, Stockle U, Schutz M, Stefansky J, Perka C, Haas NP: Stabilisation of periprosthetic fractures with angular stable internal fixation: a report of 13 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 126: 105-110 (2006)
 25. Kobbe P, Klemm R, Reilmann H, Hockertz TJ: Less invasive stabilisation system (LISS) for the treatment of periprosthetic femoral fractures: A 3-year follow-up. *Injury* (2008)
 26. Kolb W, Guhlmann H, Friedel R, Nestmann H: [Fixation of periprosthetic femur fractures with the less invasive stabilization system (LISS)--a new minimally invasive treatment with locked fixed-angle screws]. *Zentralbl Chir* 128: 53-59 (2003)
 27. Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, Marx F, Kolb K, Koller H: Fixation of distal femoral fractures with the Less Invasive Stabilization System: a minimally invasive treatment with locked fixed-angle screws. *J Trauma* 65: 1425-1434 (2008)
 28. Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, Cole PA, Alonso J: Distal femoral fracture fixation utilizing the Less Invasive Stabilization System (L.I.S.S.): the technique and early results. *Injury* 32 Suppl 3: SC32-47 (2001)
 29. Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, Cole PA: Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma* 18: 509-520 (2004)
 30. Krettek C, Muller M, Miclau T: Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury* 32 Suppl 3: SC14-23 (2001)
 31. Learmonth ID: The management of periprosthetic fractures around the femoral stem. *J Bone Joint Surg Br* 86: 13-19 (2004)

-
32. Liu F, Tao R, Cao Y, Wang Y, Zhou Z, Wang H, Gu Y: The role of LISS (less invasive stabilisation system) in the treatment of peri-knee fractures. *Injury* 40: 1187-1194 (2009)
 33. Markmiller M, Konrad G, Sudkamp N: Femur-LISS and distal femoral nail for fixation of distal femoral fractures: are there differences in outcome and complications? *Clin Orthop Relat Res*: 252-257 (2004)
 34. Marti A, Fankhauser C, Frenk A, Cordey J, Gasser B: Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system for the internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma* 15: 482-487 (2001)
 35. Matter P, Burch HB: Clinical experience with titanium implants, especially with the limited contact dynamic compression plate system. *Arch Orthop Trauma Surg* 109: 311-313 (1990)
 36. Mehlhorn AT, Strohm PC, Muller CA, Konstantinidis L, Schmal H, Sudkamp NP: [The reversed locked internal plate fixator as an alternative internal fixation of problematic proximal femur fractures]. *Z Orthop Unfall* 147: 561-566 (2009)
 37. Melcher GA, Claudi B, Schlegel U, Perren SM, Printzen G, Munzinger J: Influence of type of medullary nail on the development of local infection. An experimental study of solid and slotted nails in rabbits. *J Bone Joint Surg Br* 76: 955-959 (1994)
 38. Miclau T, Martin RE: The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury* 28 Suppl 1: A3-6 (1997)
 39. Miclau T, Holmes W, Martin RE, Krettek C, Schandelmaier P: Plate osteosynthesis of the distal femur: surgical techniques and results. *J South Orthop Assoc* 7: 161-170 (1998)
 40. Moore TJ, Watson T, Green SA, Garland DE, Chandler RW: Complications of surgically treated supracondylar fractures of the femur. *J Trauma* 27: 402-406 (1987)
 41. Muller M, Kaab M, Tohtz S, Haas NP, Perka C: Periprosthetic femoral fractures:

-
- outcome after treatment with LISS internal fixation or stem replacement in 36 patients. *Acta Orthop Belg* 75: 776-783 (2009)
42. Muller ME: [Classification and international AO-documentation of femur fractures]. *Unfallheilkunde* 83: 251-259 (1980)
43. Neer CS, 2nd, Grantham SA, Shelton ML: Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg Am* 49: 591-613 (1967)
44. O'Toole RV, Gobezie R, Hwang R, Chandler AR, Smith RM, Estok DM, 2nd, Vrahas MS: Low complication rate of LISS for femur fractures adjacent to stable hip or knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 450: 203-210 (2006)
45. Ostrum RF, Geel C: Indirect reduction and internal fixation of supracondylar femur fractures without bone graft. *J Orthop Trauma* 9: 278-284 (1995)
46. Otto RJ, Moed BR, Bledsoe JG: Biomechanical comparison of polyaxial-type locking plates and a fixed-angle locking plate for internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma* 23: 645-652 (2009)
47. Panasiuk M, Kmiecik M: [Treatment of periprosthetic fractures of the distal femur with the LISS system]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol* 69: 369-371 (2004)
48. Panzica M, Gosling T, Schandelmaier P, Hankemeier S, Krettek C: Reconstruction of a post-traumatic infected bone defect of an open diaphyseal femur fracture by double LISS fixation: a case report. *J Trauma* 62: 1272-1276 (2007)
49. Pellicci PM, Wilson PD, Jr., Sledge CB, Salvati EA, Ranawat CS, Poss R, Callaghan JJ: Long-term results of revision total hip replacement. A follow-up report. *J Bone Joint Surg Am* 67: 513-516 (1985)
50. Perren SM: The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP). Scientific background, design and application. *Injury* 22 Suppl 1: 1-41 (1991)

-
51. Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 84: 1093-1110 (2002)
 52. Pezzillo F, Maccauro G, Nizegorodcew T, Rossi B, Gosheger G: Resection of parosteal osteosarcoma of the distal part of the femur: an original reconstruction technique with cement and plate. *Sarcoma* 2008: 763056 (2008)
 53. 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* 113: 195-202
 54. Ricci AR, Yue JJ, Taffet R, Catalano JB, DeFalco RA, Wilkens KJ: Less Invasive Stabilization System for treatment of distal femur fractures. *Am J Orthop* 33: 250-255 (2004)
 55. Ricci WM, Loftus T, Cox C, Borrelli J: Locked plates combined with minimally invasive insertion technique for the treatment of periprosthetic supracondylar femur fractures above a total knee arthroplasty. *J Orthop Trauma* 20: 190-196 (2006)
 56. Rorabeck CH, Taylor JW: Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 30: 209-214 (1999)
 57. Ru J, Hu Y, Liu F: [Treatment of distal femur fracture by less invasive stabilization system-distal femur]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 21: 1290-1294 (2007)
 58. Ruedi TP, Sommer C, Leutenegger A: New techniques in indirect reduction of long bone fractures. *Clin Orthop Relat Res*: 27-34 (1998)
 59. Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B, Grun OA, Krettek C: Distal femoral fractures and LISS stabilization. *Injury* 32 Suppl 3: SC55-63 (2001)
 60. Schutz M, Haas NP: [LISS--internal plate fixator]. *Kongressbd Dtsch Ges Chir Kongr* 118: 375-379 (2001)
 61. Schutz M, Muller M, Krettek C, Hontzsch D, Regazzoni P, Ganz R, Haas N:

-
- 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* 32 Suppl 3: SC48-54 (2001)
62. Schutz M, Muller M, Kaab M, Haas N: Less invasive stabilization system (LISS) in the treatment of distal femoral fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 70: 74-82 (2003)
63. Schutz M, Muller M, Regazzoni P, Hontzsch D, Krettek C, Van der Werken C, Haas N: Use of the less invasive stabilization system (LISS) in patients with distal femoral (AO33) fractures: a prospective multicenter study. *Arch Orthop Trauma Surg* 125: 102-108 (2005)
64. Schutz M, Schafer M, Bail H, Wenda K, Haas N: [New osteosynthesis techniques for the treatment of distal femoral fractures]. *Zentralbl Chir* 130: 307-313 (2005)
65. Seide K, Morlock M, Schümann U, Wolter D: Wirkprinzipien der winkelstabilen Platten-Schrauben-Verbindung bei Fixateur-interne-Osteosynthesen. *Trauma Berufskrankh* 1: 320-325 (1999)
66. Tarnowski JR, Holck K: Osteosynthesis of a periprosthetic fracture of the proximal femur with the distal femur LISS system. *Acta Orthop Belg* 74: 125-127 (2008)
67. Tower SS, Beals RK: Fractures of the femur after hip replacement: the Oregon experience. *Orthop Clin North Am* 30: 235-247 (1999)
68. Tscherne H, Oestern HJ: [A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl)]. *Unfallheilkunde* 85: 111-115 (1982)
69. Weight M, Collinge C: Early results of the less invasive stabilization system for mechanically unstable fractures of the distal femur (AO/OTA types A2, A3, C2, and C3). *J Orthop Trauma* 18: 503-508 (2004)
70. Wenda K, Runkel M, Degreif J, Rudig L: Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. *Injury* 28 Suppl 1: A13-19 (1997)
71. Wolfgang GL, Bryant MH, O'Neill JP: Treatment of intertrochanteric fracture of

-
- the femur using sliding screw plate fixation. *Clin Orthop Relat Res*: 148-158 (1982)
72. Wong MK, Leung F, Chow SP: Treatment of distal femoral fractures in the elderly using a less-invasive plating technique. *Int Orthop* 29: 117-120 (2005)
73. Xiong J, Wang D, Xiao J: [Treatment of comminuted fractures at distal femur and proximal tibia with less invasive stabilization systems]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 20: 702-705 (2006)
74. Yoo MC, Cho YJ, Kim KI, Khairuddin M, Chun YS: Treatment of unstable peritrochanteric femoral fractures using a 95 degrees angled blade plate. *J Orthop Trauma* 19: 687-692 (2005)
75. Yu X, Zhang C, Li X, Shi Z: [Treatment evaluation of distal femoral fracture by less invasive stabilization system via two incisions]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 22: 520-523 (2008)
76. Zhang CQ, Cheng XG, Sheng JG, Li HS, Su Y, Xu J, Zeng BF: [The surgical technique and follow-up of the treatment with locking internal fixation on long bone nonunion of extremities]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 46: 510-513 (2008)

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön möchte ich allen aussprechen, die die Entstehung dieser Arbeit ermöglicht und unterstützt haben:

- Herrn Prof. Dr. Florian Gebhard für die Überlassung des Themas, die Betreuung der Arbeit und ihre Weitergabe an Herrn PD Dr. Christoph Dehner
- Herrn PD Dr. Christoph Dehner für die Übernahme des Erstgutachtens und die Betreuung
- Herrn PD Dr. Peter Steffen für die Übernahme des Zweitgutachtens
- meinem Betreuer Herrn Dr. Jochen Preßmar für die Unterstützung und die guten Ratschläge über die Jahre hinweg
- meinen Eltern, die mir das Studium und die Erstellung einer Doktorarbeit ermöglicht und mich immer unterstützt haben

Lebenslauf

Lebenslauf aus Gründen des Datenschutzes entfernt.