

Der Prothesennagel – primär belastungsstabiles Implantat bei peri- und subprothetischen Frakturen des Femurs

Ursachen und Klassifizierung

In den USA stieg die Anzahl der implantierten Hüften von 1985–1989 um jährlich 5% und hat sich exponentiell gegenüber 1989 mit noch 63.000 Hüften [1] bis heute auf 170.000 fast verdreifacht. Eine weitere Verdoppelung wird bis 2030 erwartet [22]. Mit Anstieg der implantierten Hüftgelenke steigt aber auch die Zahl der Patienten, die wegen methodenimmanenter Komplikationen behandelt werden müssen. Eine der Komplikationen ist die peri- bzw. subprothetische Fraktur, die mit einer Häufigkeit von 0,8–2,3% in der Literatur gefunden wird [9, 15, 16]. Dies können jedoch nur vage Schätzungen sein, da nur ein Teil dieser Komplikationen in der Klinik der Endoprothesenerstimplantation versorgt wird.

Bei jährlich 80.000–120.000 Endoprothesenimplantationen in der Bundesrepublik [3] dürfte es etwa 1 Mio. Hüftendoprothesenträger geben, woraus sich – wieder mit Zurückhaltung – eine jährliche Inzidenz von ca. (oder mindestens) 10.000 peri-/subprothetischen Femurfrakturen hochrechnen lässt, was nach den Ermittlungen von Bernd et al. [4] die dritthäufigste Komplikation in der Hüftendoprothetik darstellt.

Das Femur kann dabei einerseits intraoperativ (in 0,6–1,6% der zementierten Prothesen, in 2,6–4% bei unzementierten Pressfitprothesen und bis zu 17,6% der Fälle bei unzementierten Revisions-

prothesen) oder andererseits nach adäquaten Traumen oder als pathologische Frakturen bei schlechter Knochenqualität des Femurs frakturieren [18].

Es ist schwer, aus der Literatur mehr verlässliche Zahlen zu ermitteln zu:

- intraoperativ entstanden, sofort erkannten und durch adjuvante Osteosynthese (Zuggurtung, Schraube) versorgten Trochanterfissuren,
- erst postoperativ evident gewordenen Rissen oder Sprengungen, wie sie beim Einschlagen unzementierter Schäfte oder schon durch Schafterspalteln entstehen können, ferner Diaphysenperforationen und damit Penetrationen der (meist) Langschaftprothesenspitzen, v. a. beim brüskem

Aufraspeln osteoporotischer Kortikales oder aber auch zu:

- Frakturen, die sich bei der iatrogenen Luxation des Prothesenkopfes oder
- beim Herausmeißeln des „Zements“ bei der Wechseloperation ergeben.

Eher wird über jene Frakturen berichtet, die sich nach einem adäquaten Trauma oder schleichend nach einer mehr oder weniger langen Schmerzphase bei gelockterter Prothese [18] oder nach unbefriedigender Implantation auf dem Boden sog. „stress riser“ nach einer „Standzeit“ von nur Wochen bis zu Jahren ereignen.

Nach Bernd et al. [4] ereignen sich etwa 2/3 aller Frakturen an der Prothesenspitze und 1/3 proximal davon, wobei nach

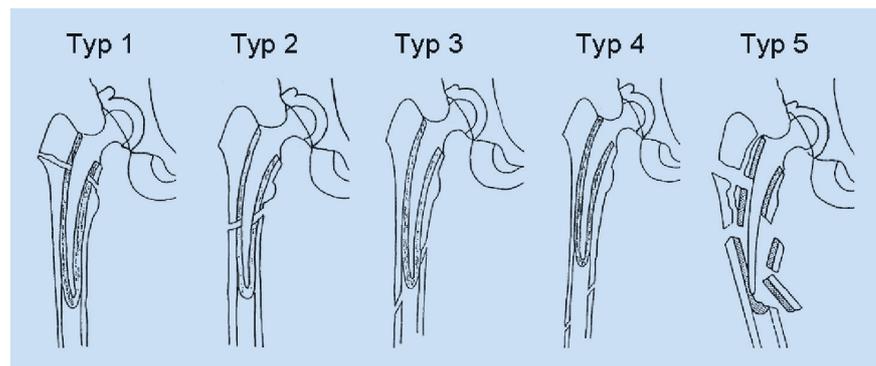


Abb. 1 ▲ Die Klassifizierung der periprothetischen Frakturen nach Mont u. Maar [19] unterscheidet die Einspaltfraktur trochanternah (Typ 1), in Prothesenschaftmitte (Typ 2), an der Prothesenspitze (Typ 3), unterhalb der Prothesenspitze (Typ 4) und die periprothetische Mehrfragmentfraktur (Typ 5)

Unfallchirurg 2003 · 106:722–731
DOI 10.1007/s00113-003-0621-x
© Springer-Verlag 2003

A. Probst · T. Schneider · S. Hankemeier · E. Brug

Der Prothesennagel – primär belastungsstabiles Implantat bei peri- und subprothetischen Frakturen des Femurs

Zusammenfassung

Zur Behandlung periprothetische Hüftgelenkfrakturen werden in der Literatur die DC-Platte, Frakturextension bis zur Frakturheilung, die Langschaftprothese und die Mennenplatte vorgeschlagen. Keines dieser Verfahren berücksichtigt die belastungsstabile Frühmobilisation der meist alten Patienten. Die Behandlungsergebnisse mit einem belastungsstabilen Prothesennagel werden vorgestellt und mit den Ergebnissen aus der Literatur verglichen. Die Behandlungsverfahren und Komplikationen von 1370 Behandlungsfällen aus 55 Publikationen werden dargestellt und mit dem Prothesennagel, einem belastungsstabilen Hybrid aus Hüftprothese und distal ver-

riegelbarem Marknagel verglichen. Von 1992–1999 wurden in unserer Klinik 28 Prothesennägel bei 26 Patienten im Alter von 40–88 (Durchschnitt 71) Jahren implantiert. Alle Osteosynthesen, außer bei 4 Patienten, die gleichzeitig einen Pfannenwechsel mit Aufbau des knöchernen Pfannenlagers erhalten hatten, waren postoperativ primär belastungsstabil. Ein Patient entwickelte eine tiefe Beinvenenthrombose; 2-mal musste der Prothesennagel wegen Hüftluxation und Bolzenbruch der distalen Verriegelung bei Adipositas per magna gewechselt werden. Ein Prothesennagel musste wegen einer Markraumphlegmone nach knöcherner Ausheilung ent-

fernt werden. Durch die Kombination der Vorteile einer Hüftprothese und eines Marknagels sind die Patienten sofort voll mobilisierbar. Die Rehabilitation der Patienten verkürzt sich. Die Komplikationsrate ist unter Berücksichtigung der ungünstigen präoperativen Konditionen mit älteren und multimorbiden Patienten im Vergleich zu den Komplikationsraten, die in der Literatur berichtet werden, niedrig.

Schlüsselwörter

Periprothetische Femurfraktur · Prothesennagel

The prosthesis nail – a new, stable fixation device for periprosthetic fractures and critical fractures of the proximal femur

Abstract

Increasing numbers of total hip arthroplasties in combination with increasing age and growing daily activities of the elderly lead to increasing numbers of periprosthetic fractures and revision arthroplasties in osteoporotic bone. The prosthesis nail is a hybrid of a hip prosthesis and an intramedullary nail allowing immediate full weight bearing and early rehabilitation. The prosthesis nail consists of three self-locking components: a distally locked intramedullary nail, different lengthening modules, and a hip prosthesis module. From 1992 to 1999, 28 prosthesis nails were implanted in 26 patients (40–88 years, mean age: 71 years). The indications were 21 peri- and subprosthetic fractures caused by trauma, 2 fractures of the proximal femur in combination with a fracture of the femoral head or severe degenerative arthritis, and 4 revision arthroplasties associated with poor bone quality. A combination of

the prosthesis nail and bone cement was used in one patient suffering from a pathological fracture of the distal femur. Patients were additionally treated with wire cerclage (six patients) and autogenous bone grafting (ten patients). All patients – except those who received a reconstruction of the acetabulum in the same session (four patients) – were mobilized with full weight bearing on the operated side as soon as wound pain diminished. Bone healing was observed in all periprosthetic fractures. In three patients the prosthesis nail had to be revised: one patient suffered from recurrent dislocations and in one patient weighing 350 pounds limb shortening occurred after the distal locking screw broke. Intramedullary infection was observed once after treatment of a periprosthetic fracture. When bone union was achieved the prosthesis nail was removed and the patient was mobilized with a girdlestone

situation. The idea of the prosthesis nail is based on the logical consequence of treating femur fractures with the most efficient procedure, which is intramedullary nailing. The prosthesis nail can be applied according to the requirements of the fracture as a reamed or unreamed nail and immediate full weight bearing is possible. Considering the high average age of the patients, low morbidity, short rehabilitation time, and low costs are the major advantages of this new device. Taking into account the unfavorable preoperative conditions associated with elderly and multimorbid patients, the rate of complications is relatively low.

Keywords

Periprothetische fractures of the femur · Prosthesis nail

Tabelle 1

Frakturklassifikationen und ihre Beziehung zu der von Mont u. Maar [19]

Frakturklassifikation					
Mont u. Maar	1	2	3	4	5
Cooke u. Newman	–	2	3	4	1
Johansson	–	1	2	3	–
Jensen	–	1	2	3	–
Betha	–	B	–	A	C
Whittaker	1	2	3	–	–

Beals [2] die unzementierte Prothese sowohl zu periprothetischen wie unmittelbar in der Spitzenregion lokalisierten Frakturen neigen, gelockerte zementierte ebenfalls bevorzugt an der Spitze auftreten, ungelockerte zementierte eher subprothetische Frakturen verursachen.

Es gibt zahlreiche Klassifizierungen dieser Frakturen [2, 5, 9, 14]. Einige davon sind rein deskriptiv und anatomieorientiert und auf Grund ihres Bestrebens nach Vollkommenheit so unübersichtlich und so wenig einprägsam wie Böhlers Klassifizierung der Fersenbeinbrüche. Eine einfache, dafür aber therapiegerichtete ist die Klassifizierung von Mont u. Maar [19], die Einspaltfrakturen trochanternah (Typ 1), in Prothesenschaftmitte (Typ 2), an der Prothesenspitze (Typ 3), unterhalb der Prothesenspitze, also subprothetisch (Typ 4) und die periprothetische Mehrfragmentfraktur (Typ 5) unterscheidet (▣ Abb. 1, ▣ Tabelle 1).

Literaturanalyse zur Therapie

Wie problematisch die sub- und periprothetischen Frakturen des Femurs sind, zeigt die Vielfalt an Therapiemöglichkeiten. Beals [2] gibt einen Algorithmus der Therapie an, wobei Festigkeit der Prothese, Frakturtyp nach seinem Schema, zementiert oder unzementiert, die verschiedenen Ausgangssituationen darstellen, für deren jede einzelne er jeweils mehrere Alternativbehandlungen vorschlägt, von der konservativen Behandlung über die Osteosynthese mit Platten und Cerclagen mit oder ohne Spongiosa bis zum zweizeitigen Vorgehen, also Rekonstruktion des Schafts mittels Plattenosteosynthese

zur Vorbereitung für eine zementlose Zweitprothese.

Nach der Plattenosteosynthese, die ganz offensichtlich nicht nur für die wirklichen subprothetischen Frakturen Verwendung findet und zumindest für diese die operationstechnisch einfachste und für den Patienten die am wenigsten belastende, wenn auch nicht stabilste Lösung darstellt, ist die Langschaft- bzw. Tumor- bzw. (lange) Revisionsprothese allein oder in Kombination mit komplementären Osteosynthesen für die meisten Autoren zumindest für die wirklich periprothetischen Frakturen vom Typ 2, 3 und 5 nach Mont u. Maar [19] die häufigste therapeutische Antwort.

Neuerdings kommen Prothesenmodelle zum Einsatz, die distal durch Bolzen verriegelbar sind und damit die Vorteile des Nagels mit denen der Endoprothese vereinen [1, 7, 10].

Die Vielfalt der Klassifikationen und der Behandlungsmethoden, sowie die geringen Fallzahlen pro Publikationen führen zu einer Heterogenität, die einen Vergleich der verschiedenen Behandlungsverfahren nicht zulässt. Um trotzdem einen Überblick über die Effizienz der verschiedenen Behandlungsmethoden zu erhalten, haben wir die Literatur nach dem Vorbild von Mont u. Maar [19] geordnet, die verschiedenen Klassifikationen angeglichen und die publizierten Ergebnisse gegeneinandergestellt. In 55 Publikationen waren die Klassifikationen der Frakturen, die Behandlungsmethoden und die Beschreibung der Behandlungsergebnisse eindeutig, sodass 1370 peri- und subprothetischen Frakturen in die Literaturanalyse einbezogen werden konnten.

Behandlungsverfahren

Bei 752 Frakturen konnte der Frakturtyp der Behandlungsmethode zugeordnet werden. Insgesamt wurden bei 188 Frakturen (25% der zuordenbaren Frakturen) nichtoperative Verfahren (Extension, Gipsruhigstellung oder frühfunktionelle Mobilisation), bei 33 Patienten (4% der zuordenbaren Frakturen) minimal-invasive Verfahren (Schraubenosteosynthesen, Cerclagen und/oder Spongiosaplastiken), bei 264 Patienten (35% der zuordenbaren Frakturen) Plattenosteosynthesen, bei

242 Patienten (33% der zuordenbaren Frakturen) Prothesenwechsel oder intramedulläre Nagelsysteme in Verbindung mit Endoprothesen und bei 25 Patienten (3% der zuordenbaren Frakturen) weitere Operationstechniken (primäre Girdlestone-Situation, Verbundosteosynthesen und retrograde intramedulläre Verfahren) angewendet.

Bei 618 Patienten konnte das Behandlungsverfahren einer Frakturklassifikation nicht zugeordnet werden. Die Operationsmethoden sollen im Folgenden den Frakturtypen zugeordnet aufgelistet werden (▣ Tabelle 2).

Typ 1 und 2

Von 186 Frakturen (24% der zuordenbaren Frakturen) wurden bei 51 Patienten (27%) nichtoperative Verfahren (Extension, Gipsruhigstellung oder frühfunktionelle Mobilisation), bei 12 Patienten (6%) minimal-invasive Verfahren (Schraubenosteosynthesen, Cerclagen und/oder Spongiosaplastiken), bei 40 Patienten (22%) Plattenosteosynthesen, bei 76 (41%) Patienten Prothesenwechsel oder intramedulläre Nagelsysteme in Verbindung mit Endoprothesen und bei 7 Patienten (4%) weitere Operationstechniken (primäre Girdlestone-Situation, Verbundosteosynthesen oder retrograde intramedulläre Verfahren) angewendet.

Typ 3

Von 252 Frakturen (35% der zuordenbaren Frakturen) wurden bei 60 Patienten (24%) nichtoperative Verfahren (Extension, Gipsruhigstellung oder frühfunktionelle Mobilisation), bei 13 Patienten (5%) minimal-invasive Verfahren (Schraubenosteosynthesen, Cerclagen und/oder Spongiosaplastiken), bei 64 Patienten (25%) Plattenosteosynthesen, bei 111 Patienten (44%) Prothesenwechsel oder intramedulläre Nagelsysteme in Verbindung mit Endoprothesen und bei 4 Patienten (2%) weitere Operationstechniken (primäre Girdlestone-Situation, Verbundosteosynthesen oder retrograde intramedulläre Verfahren) angewendet.

Typ 4

Von 290 Frakturen (38% der zuordenbaren Frakturen) wurden bei 77 Patienten (26%) nichtoperative Verfahren (Exten-

Tabelle 2

Mitteilungen über die Therapie von 1370 peri- und subprothetischen Frakturen in der Literatur

	Typ 1 und 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Summe	Ohne Therapie- zuordnung
Nichtoperativ						
Extension	17	38	34		89	40
Konservativ (Gips oder funktionelle Behandlung)	34	22	43		99	37
Summe	51 (27%)	60 (24%)	77 (26%)		188 (25%)	77
Minimalinvasiv						
Schraube	2				2	2
Cerclage/Perham bands	6	9	4		21	101
Cerclage + Zugschraube			1		1	
Nur Spongiosa				1	1	19
Extension + Cerclage/Band	2	4		2	8	
Summe	12 (6%)	13 (5%)	5 (2%)	3 (13%)	33 (4%)	122
AO-Techniken						
Platte	40	44	124		208	142
Platte + Cerclage/Kabel/Band		20	36		56	
Summe	40 (22%)	64 (25%)	160 (55%)		264 (35%)	142
Prothesenwechsel						
Langschaft, Tumor, Wechselperthese	59	71	28	10	168	148
Langschaft + Cerclage/Kabel/Band	16	40	6	9	71	28
Langschaft verriegelt						29
Zweizeitige Operation (1. Marknagelung, 2. TEP nach Ausheilung)						4
Küntscher-Nagel + Müller-/Chanmley-Prothese	1			2	3	35
Summe	76 (41%)	111 (44%)	34 (12%)	21 (87%)	242 (33%)	244
Weitere Operationstechniken						
Primäre Girdlestone-Situation		4			4	1
Nagel			1		1	
IMSC-Nagel			2		2	
Ender-Nagel			2		2	
Nicht weiter genannte operative Verfahren	7		9		16	29
Verbundosteosynthese						3
Summe	7 (4%)	4 (2%)	14 (5%)		25 (3%)	33
Summe gesamt	186 (24%)	252 (35%)	290 (38%)	24 (3%)	752	618

sion, Gipsruhigstellung oder frühfunktionelle Mobilisation), bei 5 Patienten (2%) minimal-invasive Verfahren (Schraubenosteosynthesen, Cerclagen und/oder Spongiosaplastiken), bei 160 Patienten (55%) Plattenosteosynthesen, bei 34 Patienten (12%) Prothesen-

wechsel oder intramedulläre Nagelsysteme in Verbindung mit Endoprothesen und bei 14 Patienten (5%) weitere Operationstechniken (primäre Girdlestone-Situation, Verbundosteosynthesen oder retrograde intramedulläre Verfahren) angewendet.

Typ 5

Von 24 Frakturen (3% der zuordenbaren Frakturen) wurden bei 3 Patienten (13%) minimal-invasive Verfahren (Schraubenosteosynthesen, Cerclagen und/oder Spongiosaplastiken) und bei 24 Patienten (87%) Prothesenwechsel oder intramedulläre Nagelsysteme in Verbindung mit Endoprothesen angewendet.

Komplikationen

In den ausgewerteten 55 Publikationen waren bei 1370 Patienten 356 Komplikationen (26%) aufgetreten. Bei insgesamt 696 Patienten aus 31 Publikationen konnten die Komplikationen den Behandlungsmethoden zugeordnet werden. Behandlungsbedingte Komplikationen waren in der Gruppe der sonstigen Verfahren (nichtoperative und minimal-invasive Behandlungstechniken) mit 10% am höchsten, gefolgt von den Prothesewechselverfahren (6%) und den Plattenosteosynthesen (2%), (■ Tabelle 3).

Komplikationen während der postoperativen Phase traten bei 19% aller 1370 Patienten auf; bei 31% der mit Plattenosteosynthese versorgten, bei 19% der Patienten mit Prothesenwechseln und bei 17% der Patienten, die mit nichtoperativen und minimal-invasiven Behandlungsverfahren therapiert worden waren.

Allgemeine, nicht behandlungsimmanente Komplikationen gab es in der Gruppe der nichtoperativen und minimal-invasiven Behandlungstechniken bei 5%, in der Gruppe der Prothesenwechsel bei 4%, in der Gruppe der Plattenosteosynthesen bei 2% und bei allen 1370 Patienten bei 4%.

Auffällig war die relative Häufung der Pseudarthrosen (11%) und der Implantatversager durch Plattenausriss, -lockerung und -bruch (7%) bei den Plattenosteosynthesen. Bei den Patienten, deren Prothese gewechselt wurde, traten Prothesendislokationen und -lockerungen bei 8% und Pseudarthrosen bei 3% der Patienten auf.

Die biomechanische Stabilität des Verfahrens zur Therapie der peri- und subprothetischen Frakturen ist offensichtlich ein wichtiger Faktor, der die Komplikationsrate und Rehabilitationszeit maßgeblich beeinflusst. Im Folgenden soll deshalb das Konzept des „Prothesennagels“ vorgestellt werden, bei dem die biomechanischen Eigenschaften so verändert

Tabelle 3

Komplikationsrate bei 696 Patienten (31 Literaturstellen), bei denen das Behandlungsverfahren der Komplikation zugeordnet werden konnte

Komplikationen	Alle publizierten Versorgungen (1370)	Plattenosteo- synthesen (213)	Prothetische Versorgungen (276)	Sonstige Versorgungen (207)
Behandlungsbedingte Komplikationen				
Rotationsfehlstellung	5	2	2	5
Intraoperative Fraktur			5	
Beinverkürzung >1 cm	14		7	
Achsabweichungen, z. B. Varus-/Valgusfehlstellung	34	2	3	16
Summe	53 (4%)	4 (2%)	17 (6%)	21 (10%)
Postoperative Komplikationen				
Osteitis	32	4	5	2
Dislokation/ Prothesenlockerung	61	14 (7%)	23 (8%)	16 (8%)
Famurfraktur distal der Platte	7	5		
Plattenausriss/-lockerung/-bruch	24	14 (7%)		
Refraktur	22	3	4	5
Luxation	21	1	9	
Verzögerte Frakturheilung	9	1	1	
Pseudarthrosen	77	24 (11%)	9 (3%)	12
Prothesenschaftbruch	1		1	
Summe	254 (19%)	66 (31%)	52 (19%)	35 (17%)
Allgemeine Komplikationen				
Thrombose	4	1		1
Lungenembolie	13	3	2	
Apoplex			1	
Paresen	6		2	1
Gangrän	2		1	1
gestorben	24		5	7
Summe	49 (4%)	4 (2%)	11 (4%)	10 (5%)
Gesamt	356 (26%)	74 (35%)	80 (29%)	66 (32%)

werden, dass die frühzeitige Vollbelastung der Extremität möglich wird.

Das Konzept „Prothesennagel“

Unser Konzept eines „Prothesennagels“ geht nicht vom Versagen einer Hüftendoprothese aus, sondern von dem Ereignis Femurschaftfraktur, für die es zumal für den alten Menschen kein effizienteres, weil primär belastungsstabiles Osteosyntheseverfahren gibt als den Marknagel. Es drängte sich bei dieser traumatologischen Betrachtungsweise auf, einen Nagel zu konzipieren, der mit einem Hüftprothesen-Kopf-Hals-Modul konnektiert werden sollte.

Der Seniorautor dieses Artikels wurde durch eine Mitteilung von Ritter (ehemals Mainz, Literaturstelle nicht mehr auffindbar) angeregt, der einen herkömmlichen

Marknagel mit einer Hüftprothese konnektierte, ebenso wie dies Olerud u. Karlström 1984 [20] berichteten, die „27 such complicated hips ... treated by a femoral prosthesis driven into an intramedullary nail“ und haben 1985 von einem nicht mehr auf dem Markt befindlichen Implantat hersteller ein solches Modell bauen lassen (Abb. 2a), das letztlich von der Fa. Brehm (Weisendorf) auf der Basis der modularen Revisionsprothese von Wagner zu einem kanülierten verriegelbaren „Prothesennagel“ weiterentwickelt wurde (s. Abb. 2c). Die beiden Komponenten (Marknagel und Prothesenmodul) werden in situ (nach der Verriegelung) „kaltverschweißt“.

Wir gehen vom Prinzip der gedeckten, primär voll belastbaren Nagelung aus. Wir entfernen bei zementierten Prothesen die Zementköcherspitze, verwenden nur im

Ausnahmefall komplementäre Drahtcerclagen und/oder homologe Spongiosa und stabilisieren die Femurfraktur nach dem Prinzip der aufgebohrten Marknagelung mit dem Nagelmodul des „Prothesennagels“, das im distalen Femur mit Bolzen verriegelt wird.

Danach erfolgt die „Kaltverschweißung“ des Nagels mit dem Prothesenmodul, das zuvor in entsprechender Antetorsion, zumindest aber der Pfannenposition angepasst – im Falle nicht optimaler Anteversion – aufgesetzt wird.

Eigenes Krankengut

In den Jahren 1992–2000 wurden in unserer Klinik 28 Prothesennägel bei 26 Patienten implantiert. Das Durchschnittsalter bei 18 Frauen und 8 Männern betrug 71 Jahre (40–88 Jahre). Die Indikation zur Implantation einer Prothesennagels (modulare Revisionsprothese der Fa. Peter Brehm/Chirurgiemechnik (Weisendorf, Deutschland) waren bei 12 Patienten periprothetische Frakturen (Typ 2, 3 und 5 nach Mont u. Maar) (Abb. 3), bei 8 Patienten subprothetische Frakturen (Typ 4 nach Mont u. Maar, Abb. 4), bei 4 Patienten ein Prothesenwechsel bei schlechter Knochenqualität und bei 3 Patienten eine langstreckige Zertrümmerung des proximalen Femurs mit Beteiligung des Hüftkopfes. Je eine periprothetische und eine subprothetische Fraktur waren zuvor auswärts mit einer Plattenosteosynthese versorgt worden, die bei der Mobilisation der Patienten ausrissen (Abb. 3).

Bei den Prothesenwechseln wurde die Prothese aus dem frakturierten Femur entfernt, der Zement herausgemeißelt, wobei lediglich die Zementköcherspitze komplett entfernt wurde. Am Endokortex haftende Zementreste wurden belassen. Über einen Bohrdorn wurde die noch intakte Markhöhle aufgebohrt und das Nagelmodul der Prothese implantiert, wobei die Stärke des implantierten Nagels 1,5–2,0 mm kleiner gewählt wurde als die Markraumböhrung. Nach Verriegelung des distalen Anteils des Nagelmoduls wurden die Hüftprothesenmodule aufgesetzt und kalt verschweißt. Bei 6 Patienten wurde zusätzlich die Fraktur durch eine Drahtcerclage gesichert, 10 Patienten erhielten eine homologe oder autologe

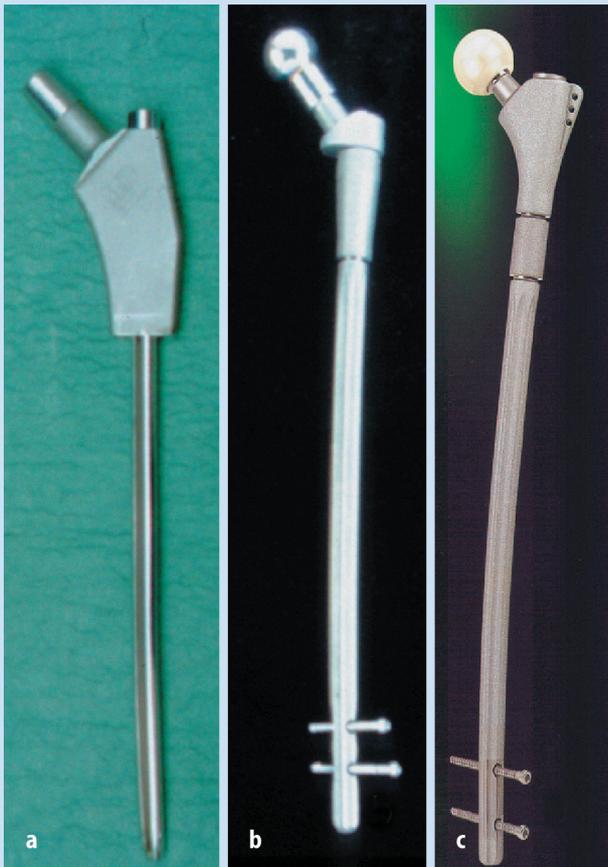


Abb. 2a–c ◀ **Entwicklung des Prothesennagels.** a Erster Prototyp 1985, b Nachfolgemodell 1992, c Modulares Prothesensystem 1999



Abb. 3a–e ▲ **Revision eines Plattenausriss bei einer periprosthetische Fraktur mit einem Prothesennagel bei einer 86-jährigen Frau.** a periprosthetische Fraktur, b Plattenosteosynthese, c Plattenausriss 1 Woche postoperativ, d Revisionsergebnis mit dem Prothesennagel, e Ausheilungsergebnis 1 Jahr postoperativ

Spongiosaplastik. Bei einem Patienten mit einer pathologischen Femurfraktur war eine Verbundosteosynthese des Prothesennagel mit Knochenzement notwendig (▣ Tabelle 4).

Alle periprosthetischen und subprosthetischen Frakturen heilten nach Versorgung mit dem „Prothesennagel“ knöchern aus. Postoperativ konnten 24 der 28 Patienten die operierte Extremität voll belasten. Bei 4 Patienten war wegen eines Pfan-

nenaufbaus nur Teilbelastung möglich. In vier Fällen traten Komplikationen auf (▣ Abb. 5). Bei einem Patienten kam es zu rezidivierenden Luxationen. Bei einem weiteren Patienten mit 160 kg Körpergewicht stauchte die Prothese bei Bruch der Verriegelungsbolzen ein.

Ein weiterer Patient erhielt bei einer periprosthetischen Fraktur einen Prothesennagel, der nach 6 Jahren und Ausheilung einer Fraktur durch eine konventio-

nelle Kurzschaftprothese ersetzt wurde. Bei den Rehabilitationsmaßnahmen stürzte der Patient, sodass es erneut zu einer traumatischen periprosthetischen Fraktur kam. Diese Fraktur wurde erneut durch einen Prothesennagel behandelt. Bei einer weiteren Patientin brachen die Bolzen der Prothese, ohne dass ein therapeutischer Handlungsbedarf gegeben war.

Ein Patient entwickelte eine Infektion des Markraumes mit *Staphylococcus epidermidis*, die jedoch so milde verlief, dass die knöcherne Ausheilung der periprosthetischen Fraktur unter liegendem Nagel abgewartet werden konnte. Nach Ausheilung der Fraktur wurde der Prothesennagel entfernt und eine Girdlestone-Situation erzeugt. Der Patient war danach mit Hilfe von Gehstöcken schmerzfrei gehfähig und lehnte die erneute Implantation einer Hüftprothese ab. Ein Patient erlitt eine tiefe Beinvenenthrombose, die folgenlos ausheilte. Verfahrensimmanente Komplikationen traten somit bei 18% unserer Patienten auf (s. ▣ Tabelle 4).

Diskussion

Femurfrakturen nach Implantation einer Hüftprothese stellen hohe Anforderungen an den Therapeuten. Es liegt in der Natur der Sache, dass diese Frakturen etwa im 7. Lebensjahrzehnt auftreten [6, 12, 25] und kompliziert sind durch schlechte Knochenqualität wegen Osteoporose oder Kortikalisdefekten nach Hüftrevisionen [18]. Trotz der Tatsache, dass die jährliche Inzidenz der peri- und subprosthetischen Femurfrakturen ansteigen wird – diese Fraktur ist zweithäufigste Ursache für die Revision der Hüftendoprothese [17] – sind die in der Literatur mitgeteilten Erfahrungen über die Versorgung dieser Frakturen wegen der kleinen Patientenkollektive und der Inhomogenität der Behandlungskonzepte schwer zu interpretieren.

Aufbauend auf einer Literaturobwohlung peri- und subprosthetischer Frakturen durch Mont u. Maar 1994 [19] haben wir deshalb versucht, die verschiedenen Behandlungsmethoden und ihre Effizienz bei 1370 peri- und subprosthetischen Frakturen aus 55 Publikationen zu analysieren. Um die publizierten Patientenkollektive vergleichbar zu machen, wurden die Publikationen nicht berücksichtigt,



Abb. 4 ▲ Subprothetische Fraktur vom Typ 4 nach Mont u. Maar



Abb. 5a, b ◀ Komplikationen im eigenen Krankengut. a Bruch der Verriegelungsbolzen und Einsinken des Prothesennagels bei einem 160 kg schweren Mann. b Markraumphlegmone nach Implantation eines Prothesennagels bei einer periprothetischen Fraktur, die nach Implantatentfernung als Girdlestone-Hüfte ausheilte

bei denen die Beschreibung der jeweiligen Methode zu ungenau war oder eine genaue Klassifikation der Frakturen nicht möglich war.

Trotz der methodischen Schwierigkeiten war für die subprothetischen Frakturen (Typ 4 nach Mont u. Maar) klar zu erkennen, dass die Plattenosteosynthese bevorzugt wurde. Für uns überraschend war, dass die Patienten in 27% der Fälle durch Gips oder Extension behandelt wurden,

weil diese Verfahren in der geriatrischen Traumatologie für Schenkelhals-, pertrochantäre Femur- oder Femurschaftfrakturen seit Langem als obsolet gelten. Die Versorgung subprothetischer Frakturen durch einen endoprothetischen Ersatz waren mit 12% der Fälle in der deutlichen Minderheit. Begründet wird dies in der Hauptsache mit technischen Schwierigkeiten, eine festsitzende, zementierte oder exzessiv osteointegrierte Prothese zu entfernen [23].

Bei periprothetischen Frakturen, bei denen die Prothese durch die Fraktur gelockert und somit die Entfernung leicht ist, wird die Langschaft-, Tumor- oder sonstige Wechselprothese meist mit komplementären Osteosynthesen in immerhin 43% der Fälle bevorzugt. Immer noch überraschend hoch ist jedoch der Anteil an Plattenosteosynthesen und an konservativen Behandlungsverfahren durch Extension oder Gips in 20% der Fälle.

Die Komplikationen der Verfahren ergeben sich aus der biomechanischen Stabilität. Bei präexistenter Morbidität, reduzierter Compliance und verminderter Fähigkeit der meist greisen Patienten zum Entlasten waren die Komplikationen nach Plattenosteosynthesen verständlicherweise mit 35% am größten. Bei der Analyse der einzelnen Komplikationen zeigte sich, dass Pseudarthrosen und Implantatversager (z. B. Plattenbrüche und Plattenausrisse) bei den Plattenosteosynthesen einen großen Anteil der Komplikationen ausmachten (wie auch bei den sonstigen Verfahren, z. B. der Extensions- und Gipsbehandlung).

Über das größte Patientenkollektiv, deren periprothetische Frakturen mit der Plattenosteosynthese versorgt wurden, berichten Jansen et al. 1988 [13]. Aufgrund einer Multicenterstudie mit 139 Patienten relativieren sie die Effizienz der Platte. Sie fassen zusammen, dass eine Plattenosteosynthese in Verbindung mit einer Prothese in situ zu einer großen Anzahl von sekundären Revisionseingriffen und Pseudarthrosen führt. Dies ist eine Erfahrung, die nicht verwundert, ist doch mit der Platte selbst am biologisch hochwertigen Knochen nur Übungsstabilität zu erzielen.

Der Knochen um einen Prothesenschaft gewährt der Schraube nicht nur altersbedingt sondern auch durch den zementbedingt geschwächten Endokortex schlechten Halt, abgesehen davon, dass selbst bei denen in Höhe der Schaftspitze lokalisierten Frakturen, die proximalen Schrauben in aller Regel, wenn sie nicht extrem tangential eingedreht werden, nur einen Kortex fassen. Schraubenausrisse oder Lockerung und damit Platteninsuffizienz, ausbleibende Heilung oder Refrakturen sind die von nahezu allen Autoren beobachteten lokalen Komplikationen. Überraschend für uns

Tabelle 4

Ergebnisse der Prothesennagelimplantationen in unserer Klinik

Patient	Alter [Jahre]	Präoperative Bedingungen	Frakturtyp nach Mont u. Maar	Additive Verfahren	Postoperative Belastung	Komplikationen
1	84	Zementierte TEP	4		Voll	
2	59	Zementierte TEP, intraoperative Fraktur	2	Spongiosaplastik	Voll	
3	54	Zementlose TEP, Pseudarthrose bei Krallenplatte nach Mennen	4		Voll	
4	60	Zementierte TEP	3	Spongiosaplastik, Cerclage	Voll	
5	73	Zementierte TEP	3		Voll	
6	67	Zementierte TEP	4	Spongiosaplastik, Cerclagen, Pfannenaufbau	Teil	
7	79	Zementierte TEP, intraoperative Fraktur bei Prothesenwechse	3		Voll	
8	64	Duokopfprothese	4	Pfannenaufbau	Teil	Bolzenbruch
9	82	Zementierte TEP, intraoperative Fraktur	2		Voll	Tiefe Venenthrombose
10	86	Zementierte TEP	3	Spongiosaplastik	Voll	
11	72	Zementlose TEP	3	Spongiosaplastik	Voll	Prothesenwechsel bei rezidierenden Luxationen
12	68	Zementlose TEP	3		Voll	Markraumphlegmone
13	81	Zementlose TEP	3		Voll	
14	72	Zementierte TEP, intraoperative Fraktur	3	Drahtcerclage, Fremdpongiosa	Voll	
15	40	Zementierte TEP	4		Voll	Prothesenwechsel nach Bolzenbruch und Sinterung der Prothese
16	86	Zementierte TEP, ausgebrochene Platte bei Typ-5-Fraktur	5	Spongiosaplastik	Voll	
17	81	Zementierte TEP	3	Spongiosaplastik, Cerclage, Pfannenaufbau	Teil	
18	88	Zementierte TEP	4	2. Prothesennagel	Voll	
19	74	Zementierte TEP, distaler IMSC-Nagel bei pathologischer Fraktur	4	Pallacosplombe bei Knochenmetastase	Voll	
20	62	Zementlose TEP	3		Voll	
21	73	Zementierte TEP	4	Cerclage	Voll	
22	62	Prothesenlockerung bei schlechter Knochenqualität (zementierte TEP)		Spongiosaplastik	Voll	
23	63	Prothesenlockerung bei schlechter Knochenqualität (zementierte TEP)		Trochanterosteotomie, Cerclage	Voll	
24	68	Prothesenlockerung bei schlechter Knochenqualität (zementierte TEP)			Voll	
25	72	Prothesenlockerung bei schlechter Knochenqualität (zementierte TEP)		Pfannenaufbau	Teil	
26	68	Gamma-Nagel, Ender-Nagel, lang streckige Trümmerfraktur des proximalen Femurs		Autologe Spongiosa (resezierter Hüftkopf)	Voll	
27	46	PFN, pathologische pertrochantäre Fraktur mit langstreckiger Metastasierung			Voll	
28	84	Pertrochantäre Fraktur bei Koxarthrose			Voll	

war außerdem die hohe Rate an Prothesendislokationen und Prothesenlockerungen bei den Patienten, deren periprothetische Frakturen durch einen Prothesenwechsel behandelt wurden.

Es wird deutlich, dass sowohl bei der Plattenosteosynthese als auch bei den Wechseloperationen der Hüftprothesen die Stabilität der beschriebenen Verfahren nicht ausreichend zu sein scheint. Vor diesem Problem haben Hartford et al. 1998 [11] die Prothese aus dem frakturierten Femur entfernt und den Knochen mit einem handelsüblichen Marknagel stabilisiert. In einer 2. Operation wurde nach knöcherner Ausheilung der Fraktur der Nagel durch eine Prothese ersetzt. Andress et al. [1] und Eingartner et al. [10] haben bei einer Langschaftprothese die Möglichkeit geschaffen, die Prothese distal durch Verriegelungsbolzen zu stabilisieren.

Auch wir sehen die peri- bzw. subprothetische Femurfraktur primär als Femurfraktur, die wir entsprechend der Empfehlungen zur intramedullären Osteosynthese der Femurfrakturen mit einem Hybrid aus Femurverriegelungsnagel und Hüftprothese behandeln. Wir gehen vom Prinzip der gedeckten primär voll belastbaren Nagelung aus, verwenden also nur im Ausnahmefall, wenn die Prothesenschaftexploration die Frakturfreilegung erforderlich macht oder groteske Fragmentdislokationen bestehen, komplementäre Drahtcerclagen und/oder bei weiteren Trochanterabsprengungen homologe Spongiosa, die wir dann in den intratrocantären Raum um die Konnektierungsstelle zwischen den beiden Modulen stopfen. Die aufwendige Zemententfernung entfällt, weil nur die Zementköcherspitze geborgen werden muss.

Bei dem Konzept des Prothesennagels sind wir zunächst von der Vorstellung ausgegangen, eine Fraktur primär belastungsstabil zu nageln und – um nicht eine passagere Girdlestone-Situation hinnehmen zu müssen – diesem Nagel ein kurzes Prothesen-Kopf-Hals-Modul aufzusetzen. Nach kallöser und damit belastbarer Ausheilung der Frakturzone sollte das vermeintliche Provisorium mitsamt Nagel gegen eine konventionelle Prothese ausgetauscht werden. Unsere bisherige Erfahrung ließ das Modell jedoch als definitive Lösung erkennen.

Die Absenkung unserer Komplikationsraten bei periprothetischen Frakturen von 30% in der Zeit von 1975–1988 [24] auf 18% in der Zeit von 1992–2000 ermuntert zum weiteren Einsatz bei den periprothetischen Frakturen (Mont u. Maar Typ 1, 2 und 5). Ähnlich ermutigende Ergebnisse haben Andress et al. [1] mit 17 periprothetischen Frakturen berichtet. Sie haben nicht in allen Fällen verriegelt, selten Spongiosa verwendet und fast immer mit Cerclagen zusätzlich stabilisiert.

Die Verwendung des Prothesennagels bei subprothetischen Frakturen (Mont u. Maar Typ 3 und 4) muss dagegen den Bedürfnissen des Patienten angepasst werden. Die Indikationen zum Prothesennagel in unserem Patientenkollektiv ist sicher zu weit gestellt, weil in der Zwischenzeit die weit distal lokalisierten Frakturen mit geringerem Aufwand auch durch einen retrograden Femurnagel belastungsstabil versorgbar sind. Problematisch sind jedoch die Frakturen, die an der Prothesenspitze lokalisiert sind und deshalb ein stabiles intramedulläres Osteosyntheseverfahren nicht zulassen. Bei diesen Patienten muss der Nutzen des Prothesennagels den Risiken gegenübergestellt werden.

Bei jungen, mobilen Patienten kann das Austauschen der fest sitzenden, nicht in die Fraktur einbezogene Prothese gegen einen Prothesennagel durch einen Bolzenbruch zu einer Sinterung der Prothese führen. Wir räumen außerdem ein, dass die geringe proximale Verankerung des Prothesennagels im proximalen Femurdrittel zu pendelartigen Nagelausschlägen führt, was in einigen Fällen röntgenologisch am proximalen intramedullären Kalluskörper sichtbar wird und von mobilen Patienten als unangenehm empfunden wird. Bei mobilen, biologisch jungen Patienten, die sicher an Gehstützen mobilisiert werden können, ist somit die Stabilisierung dieser Frakturen durch eine Plattenosteosynthese gerechtfertigt und wahrscheinlich mit geringeren Spätfolgen behaftet.

Bei biologisch alten Patienten aber, deren Überleben im Wesentlichen abhängig ist von einer schnellen Mobilisation unter Vollbelastung der betroffenen Extremität bei geringen Ansprüchen an die Biomechanik der Prothese, treten die Bedenken der Prothesensinterung und der unzurei-

chenden Verankerung des proximalen Prothesenteils in den Hintergrund. Bei diesen Patienten halten wir den Austausch auch der gut verankerten Prothese durch einen Prothesennagel für gerechtfertigt.

Derartig ausgereift dürfte der Prothesennagel nicht nur die effizienteste Antwort auf die Katastrophe periprothetischer Fraktur sein, sondern auch für zahlreiche andere Revisionsindikationen eine gute Lösung darstellen, wie z. B. bei pertrocantären Frakturen und gleichzeitiger operationsbedürftiger Koxarthrose oder für den Prothesenwechsel bei schlechter Knochenqualität oder bei langstreckigen tumorösen Befall des proximalen Femurs.

Anmerkung. Die Autoren A. Probst und T. Schneider haben den gleichen Arbeitsanteil zu der Publikation beigetragen.

Korrespondierender Autor

Priv.-Doz. Dr. A. Probst

Klinik für Unfall- und Handchirurgie,
Hegau-Klinikum, Virchowstraße 10, 78224 Singen
E-Mail: axel.probst@hegau-klinikum.de

Literatur

1. Andress HJ, Landes J, Gierer PH, Hertlein H, Schürmann M, von Rückmann B, Lob G (1999) Modulare Femurdoprothese, bestehend aus einer Kombination von Kopfteil und Marknagel, bei Knochendefektsituationen des Femurs. *Unfallchirurgie* 25: 267–276
2. Beals RK, Tower SS (1996) Periprosthetic fractures of the femur. An analysis of 93 fractures. *Clin Orthop* 327: 238–246
3. Berkhoff M, Katzer A, von Kroge H, Wening JV (1996) Erfahrungen mit dem Classic-Nagel bei der Versorgung von per-/subtrocantären Femurfrakturen beim alten Menschen. *Langenbecks Arch Chir* 113 [Suppl]: 974–976
4. Bernd L, Blasius K, Cotta H (1989) Möglichkeiten der Therapie von Femurfrakturen bei einliegender Hüfttotalendoprothese. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 127: 291–295
5. Bethea JS, DeAndrade JR, Fleming LL, Lindenbaum SD, Welch RB (1982) Proximal femoral fractures following total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 170: 95–106
6. Blatter G, Fiechter T, Magerl F (1989) Periprothetische Frakturen bei Hüfttotalendoprothesen. *Orthopade* 18: 545–551
7. Clift B (2000) Periprosthetic fracture of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 82: 446–447
8. Cooke PH, Newman JH (1988) Fractures of the femur in relation to cemented hip prostheses. *J Bone Joint Surg Br* 70: 386–389
9. Crockarell JRJ, Berry DJ, Lewallen DG (1999) Nonunion after periprosthetic femoral fracture associated with total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 81: 1073–1079
10. Eingartner C, Volkmann R, Putz M, Weller S (1997) Uncemented revision stem for biological osteosynthesis in periprosthetic femoral fractures. *Int Orthop* 21: 25–29
11. Hartford JM, Goodman SB (1998) The use of femoral intramedullary nailing as an interim or salvage technique during complicated total hip replacement. *J Arthroplasty* 13: 467–472

12. Hopf C, Hopf T, Rompe JD (1996) Behandlungskonzepte von Femurfrakturen nach totalendoprothetischem Ersatz des Hüft- oder Kniegelenks: intra- oder extramedulläre Stabilisierung? *Unfallchirurg* 99: 31–37
13. Jensen JS, Barfod G, Hansen D, Larsen E, Linde F, Menck H, Olsen B (1988) Femoral shaft fracture after hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 59: 9–13
14. Johansson JE, McBroom R, Barrington TW, Hunter GA (1981) Fracture of the ipsilateral femur in patients with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 63: 1435–1442
15. Kalt M, Mährlein R, Schmelzeisen H (1996) Behandlungskonzept von Femurfrakturen bei gleichzeitig implantierter Hüftgelenkstotalendoprothese. *Aktuell Traumatol* 26: 292–296
16. Kamineni S, Vindlacheruvu R, Ware HE (1999) Peri-prosthetic femoral shaft fractures treated with plate and cable fixation. *Injury* 30: 261–268
17. Lewallen DG, Berry DJ (1998) Periprosthetic fracture of the femur after total hip arthroplasty: Treatment and results to date. *Instr Course Lect* 47: 243–249
18. Mabrey J (1996) Periprosthetic fractures of the hip. In: Rockwood C, Buchholz R, Green D, Heckmann J (eds) *Fractures of adults*. Lippincott-Raven, Philadelphia New York, pp 576–603
19. Mont MA, Maar DC (1994) Fractures of the ipsilateral femur after hip arthroplasty. A statistical analysis of outcome based on 487 patients. *J Arthroplasty* 9: 511–519
20. Olerud S, Karlstrom G (1985) Recurrent dislocation after total hip replacement. Treatment by fixing an additional sector to the acetabular component. *J Bone Joint Surg Br* 67: 402–405
21. Praemer A, Furner S, Rice D (1992) Musculoskeletal conditions in the United States. *Am Acad Orthop Surg* 199
22. Saleh KJ, Holtzman J, Gafni A, Saleh L, Davis A, Resig S, Gross AE (2001) Reliability and intraoperative validity of preoperative assessment of standardized plain radiographs in predicting bone loss at revision hip surgery. *J Bone Joint Surg Am* 83: 1040–1046
23. Tower SS, Beals RK (1999) Fractures of the femur after hip replacement: The Oregon experience. *Orthop Clin North Am* 30: 235–247
24. Winckler S, Baranowski D, Neumann H, Brug E (1992) Behandlungskonzept und Ergebnisse peri-/subprothetischer Frakturen. *Zentralbl Chir* 117: 143–150
25. Zuber K, Koch P, Lustenberger A, Ganz R (1990) Femurfraktur nach Hüfttotalprothese. *Unfallchirurg* 93: 467–472
34. Cooke PH, Newman JH (1988) Fractures of the femur in relation to cemented hip prostheses. *J Bone Joint Surg Br* 70: 386–389
35. Eingartner C, Volkmann R, Putz M, Weller S (1997) Uncemented revision stem for biological osteosynthesis in periprosthetic femoral fractures. *Int Orthop* 21: 25–29
36. Fitzgerald RH Jr, Brindley GW, Kavanagh BF (1988) The uncemented total hip arthroplasty. Intraoperative femoral fractures. *Clin Orthop* 235: 61–66
37. Fredin HO, Lindberg H, Carlsson AS (1987) Femoral fracture following hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 58: 20–22
38. Gill TJ, Sledge JB, Orler R, Ganz R (1999) Lateral insufficiency fractures of the femur caused by osteopenia and varus angulation: a complication of total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 14: 982–987
39. Grunig R, Morscher E, Ochsner PE (1997) Three-to 7-year results with the uncemented SL femoral revision prosthesis. *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 187–197
40. Haag C, Seif El Nasr M, Schmal H, and Friedl HP (2000) Periprosthetische Femurfrakturen nach Hüft-Totalendoprothese: Behandlungskonzepte der intra- und extramedullären Stabilisierung. *Aktuelle Traumatol* 30: 48–55
41. Hartford JM, Goodman SB (1998) The use of femoral intramedullary nailing as an interim or salvage technique during complicated total hip replacement. *J Arthroplasty* 13: 467–472
42. Hopf C, Hopf T, Rompe JD (1996) Behandlungskonzepte von Femurfrakturen nach totalendoprothetischem Ersatz des Hüft- oder Kniegelenks: Intra- oder extramedulläre Stabilisierung? *Unfallchirurg* 99: 31–37
43. Incavo SJ, Beard DM, Puppato F, Ries M, Wiedel J (1998) One-stage revision of periprosthetic fractures around loose cemented total hip arthroplasty. *Am J Orthop* 27: 35–41
44. Jensen JS, Barfod G, Hansen D, Larsen E, Linde F, Menck H, Olsen B (1988) Femoral shaft fracture after hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 59: 9–13
45. Johansson JE, McBroom R, Barrington TW, Hunter GA (1981) Fracture of the ipsilateral femur in patients with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 63: 1435–1442
46. Jukkala-Partio K, Partio EK, Solovieva S, Paavilainen T, Hirvensalo E, Alho A (1998) Treatment of periprosthetic fractures in association with total hip arthroplasty – a retrospective comparison between revision stem and plate fixation. *Ann Chir Gynaecol* 87: 229–235
47. Kalt M, Mährlein R, Schmelzeisen H (1996) Behandlungskonzept von Femurfrakturen bei gleichzeitig implantierter Hüftgelenkstotalendoprothese. *Aktuelle Traumatol* 26: 292–296
48. Kamineni S, Vindlacheruvu R, Ware HE (1999) Peri-prosthetic femoral shaft fractures treated with plate and cable fixation. *Injury* 30: 261–268
49. Kolstad K (1994) Revision THR after periprosthetic femoral fractures. An analysis of 23 cases. *Acta Orthop Scand* 65: 505–508
50. Larsen E, Menck H, Rosenkint A (1987) Fractures after hemiarthroplasty hip replacement. *J Trauma* 27: 72–74
51. McElfresh EC, Coventry MB (1974) Femoral and pelvic fractures after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 56: 483–492
52. McLaughlan GJ, Robinson CM, Singer BR, Christie J (1997) Results of an operative policy in the treatment of periprosthetic femoral fracture. *J Orthop Trauma* 11: 170–179
53. Mikhail WE, Wretenberg PF, Weidenhielm LR, Mikhail MN (1999) Complex cemented revision using polished stem and morselized allograft. *Minimum 5-years' follow-up*. *Arch Orthop Trauma Surg* 119: 288–291
54. Missakian ML, Rand JA (1993) Fractures of the femoral shaft adjacent to long stem femoral components of total hip arthroplasty: report of seven cases. *Orthopedics* 16: 149–152
55. Montijo H, Ebert FR, Lennox DA (1989) Treatment of proximal femur fractures associated with total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 4: 115–123
56. Moran MC (1996) Treatment of periprosthetic fractures around total hip arthroplasty with an extensively coated femoral component. *J Arthroplasty* 11: 981–988
57. Olerud S (1979) Reconstruction of a fractured femur following total hip replacement. Report of a case. *J Bone Joint Surg* 61-A: 937–938
58. Olerud S, Karlstrom G (1985) Recurrent dislocation after total hip replacement. Treatment by fixing an additional sector to the acetabular component. *J Bone Joint Surg Br* 67: 402–405
59. Pankovich AM, Tarabishy I, Barmada R (1981) Fractures below non-cemented femoral implants. Treatment with Ender nailing. *J Bone Joint Surg Am* 63: 1024–1025
60. Partridge AJ, Evans PE (1982) The treatment of fractures of the shaft of the femur using nylon cerclage. *J Bone Joint Surg Br* 64: 210–214
61. Radcliffe SN, Smith DN (1996) The Mennen plate in periprosthetic hip fractures. *Injury* 27: 27–30
62. Ries MD (1996) Intraoperative modular stem lengthening to treat periprosthetic femur fracture. *J Arthroplasty* 11: 204–205
63. Ritschl P, Kotz R (1986) Fractures of the proximal femur in patients with total hip endoprotheses. *Arch Orthop Trauma Surg* 104: 392–397
64. Roffman M, Mendes DG (1989) Fracture of the femur after total hip arthroplasty. *Orthopedics* 12: 1067–1070
65. Sandhu SS, Fern ED, Parsons SW (1999) An improved cementing technique for revision hip surgery after periprosthetic fractures. *Injury* 30: 195–198
66. Schwartz JT, Mayer JG, Engh CA (1989) Femoral fracture during non-cemented total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 71: 1135–1142
67. Schwarz B, Heisel J (1984) Postoperative Femurfrakturen bei Totalendoprothese des Hüftgelenkes. *Unfallheilkunde* 87: 102–109
68. Scott RD, Turner RH, Leitzes SM, Aufranc OE (1975) Femoral fractures in conjunction with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 57: 494–501
69. Siegmeth A, Menth-Chiari W, Wozasek GE, Vecsei V (1998) Die periprosthetische Femurschaffraktur. Indikationen und Ergebnisse bei 51 Patienten. *Unfallchirurg* 101: 901–906
70. Somers JF, Suy R, Stuyck J, Mulier M, Fabry G (1998) Conservative treatment of femoral shaft fractures in patients with total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 13: 162–171
71. Suominen S, Santavirta S (1996) Revision total hip arthroplasty in deficient proximal femur using a distal load-bearing prosthesis. *Ann Chir Gynaecol* 85: 253–262
72. Tadross TS, Nanu AM, Buchanan MJ, Checketts RG (2000) Dall-Miles plating for periprosthetic B1 fractures of the femur. *J Arthroplasty* 15: 47–51
73. Winckler S, Baranowski D, Neumann H, Brug E (1992) Behandlungskonzept und Ergebnisse peri-/subprothetischer Frakturen. *Zentralbl Chir* 117: 143–150
74. Wong P, Gross AE (1999) The use of structural allografts for treating periprosthetic fractures about the hip and knee. *Orthop Clin North Am* 30: 259–264
75. Wroblewski BM, Browne AO, Hodgkinson JP (1992) Treatment of fracture of the shaft of the femur in total hip arthroplasty by a combination of a Küntscher nail and a modified cemented Charnley stem. *Injury* 23: 225–227
76. Wruhs O, Zweymüller Z, Bohler A (1989) Die operative Stabilisierung der Oberschenkelfraktur nach Geradschaftprothesen-Implantation. *Aktuelle Traumatol* 19: 128–130
77. Zenni EJ, Pomeroy DL, Caudle RJ (1988) Ogden plate and other fixations for fractures complicating femoral endoprotheses. *Clin Orthop* 53: 83–90
78. Zilkens K, Forst R, Ney R (1988) Femurschaffrakturen bei ipsilateralen Hüfttotalendoprothesen. Osteosynthese mit oder ohne Austauschoperation? *Unfallchirurg* 91: 351–357
79. Zuber K, Koch P, Lustenberger A, Ganz R (1990) Femurfraktur nach Hüfttotalprothese. *Unfallchirurg* 93: 467–472
80. Zuber K, Jutz J, Ganz R (1992) Beidseitige Femurfraktur um beidseitige Hüftprothesen. Ein Fallbericht. *Unfallchirurg* 95: 240–242

Weiterführende Literatur

26. Adolphson P, Jonsson U, Kalen R (1987) Fractures of the ipsilateral femur after total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 106: 353–357
27. Beals RK, Tower SS (1996) Periprosthetic fractures of the femur. An analysis of 93 fractures. *Clin Orthop* 327: 238–246
28. Berkhoff M, Katzer A, von Kroge H, Wening JV (1996) Erfahrungen mit dem Classic-Nagel bei der Versorgung von per-/subtrochanteren Femurfrakturen beim alten Menschen. *Langenbecks Arch Chir* 113 [Suppl]: 974–976
29. Bernd L, Blasius K, Cotta H (1989) Möglichkeiten der Therapie von Femurfrakturen bei einliegender Hüfttotalendoprothese. *Z Orthop* 127: 291–295
30. Bethea JS, DeAndrade JR, Fleming LL, Lindenbaum SD, Welch RB (1982) Proximal femoral fractures following total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 170: 95–106
31. Blatter G, Fiechter T, Magerl F (1989) Periprosthetische Frakturen bei Hüfttotalendoprothesen. *Orthopade* 18: 545–551
32. Buchholz J, Neumann K, Knopp W, Mollenhoff G, Muhr G (1995) Die hüftgelenknahe Femurfraktur bei einliegender Totalendoprothese. *Chirurg* 66: 1120–1125
33. Christensen CM, Seger BM, Schultz RB (1989) Management of intraoperative femur fractures associated with revision hip arthroplasty. *Clin Orthop* 248: 177–180