

Frakturen durch Materialentfernungen

Frakturen durch Materialentfernungen stellen mit insgesamt 0–1,5% eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation operativer Therapien dar [36, 41, 44], da diese Verfahren eigentlich als Abschluss der primären Therapie angesehen werden, der Patient aber bei deren Auftreten zurück an den Beginn der Therapie geworfen wird. In 50–60% der Fälle handelt es sich um hochelektive Eingriffe bei beschwerdefreien Patienten. Evidenzbasierte Empfehlungen zur Indikationsstellung einer Implantatentfernung fehlen. Diese Faktoren führen dazu, dass der Operateur im Falle einer eingetretenen Komplikation der Materialentfernung gehäuft mit Arzthaftungsklagen konfrontiert wird [16, 41, 44].

Auch aus sozioökonomischen Gesichtspunkten lohnt sich die Beschäftigung mit dem Thema Materialentfernung, da sie einen Großteil der operativen Eingriffe in der Unfallchirurgie ausmacht. Nach Bostman u. Pihlajamaki [7] stellen Materialentfernungen mit 15% das zweithäufigste Operationsverfahren in einem norwegischen Trauma-1-Center dar und tragen mit einem Anteil von 30% zu allen elektiven Eingriffen bei. In Deutschland werden nach Ochs et al. [39] jährlich etwa 180.000 dieser Eingriffe alleine stationär durchgeführt.

Durch erweiterte Indikationsstellungen zur operativen Frakturversorgung, durch demografische Veränderungen mit einer überalternden Bevölkerung und hierdurch erhöhtem Frakturrisiko, aber auch durch Lifestyleänderungen mit zunehmendem Aktivitätsanspruch der Patienten bis ins hohe Alter ist nicht nur mit

einer zunehmenden Prävalenz von einliegenden Implantaten, sondern auch mit einem Anstieg der Inzidenz von Materialentfernungen in den nächsten Jahren zu rechnen [19].

Die Datenlage zu Frakturen durch Materialentfernungen ist, aufgrund der überwiegend fehlenden routinemäßigen Verlaufskontrollen im klinischen Alltag der meisten Krankenhäuser, schwach und uneinheitlich. Dieses spiegelt sich auch in den von den Fachgesellschaften publizierten Empfehlungen und Leitlinien wider, welche nur allgemeine Hinweise geben und ein z. T. uneinheitliches Vorgehen in Bezug auf Indikationsstellung und -zeitpunkt empfehlen (<http://www.awmf.org>; [49]).

Weiterhin wird der Terminus Refraktur sehr uneinheitlich verwendet.

Terminologie

Viele Autoren schreiben auch periimplantäre Frakturen [38, 45], intraoperative iatrogene Frakturen [51] und erneute Frakturen bei einem adäquaten Trauma [29] den Refrakturen zu, die zumindest laut Definition der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) eine eigene Identität darstellen. So muss bei Letzterer die *Refraktur* ohne adäquates Trauma im knöchernen konsolidierten ehemaligen Frakturbereich nach Entfernung der Osteosynthesematerialien auftreten. Zusätzlich muss die Primärfraktur im sog. gesunden Knochen entstanden sein [36]. Hiervon abzugrenzen sind *periimplantäre Frakturen* bei in situ befindlichem Implantat und *implantatassoziierte Frakturen*, die nach

Materialentfernung im ehemaligen Implantatlager, jedoch nicht im alten Frakturbereich (z. B. im Bereich von Schraubenlöchern) auftreten.

In dieser Arbeit soll der Fokus neben den intraoperativen Frakturen im Rahmen der Implantatentfernung auf die Refrakturen im eigentlichen Sinne gelegt werden (zur umfassenden Beschäftigung mit dem Thema der allgemeinen Komplikationen durch Materialentfernungen s. Mückley u. Gras [35]).

Ursachen für Frakturen durch Materialentfernungen

Während intraoperative Frakturen im Rahmen der Implantatentfernung zumeist durch operationstechnische Schwierigkeiten und Fehler iatrogen bedingt sind, scheint die pathophysiologische Ursache einer Refraktur möglicherweise in einem veränderten Knochenstoffwechsel bzw. einer verlängerten Knochenbruchheilung zu liegen.

In einer Studie von Kessler et al. [28] wurden bei 14 Patienten, die aufgrund einer Refraktur erneut operativ versorgt wurden, Knochenbiopsien aus den Refrakturzonen gewonnen und histologisch untersucht. In allen Fällen fanden sich Nekrosen, die als Ursache für eine Refraktur angeführt wurden, da es hierdurch – insbesondere in kortikalen Zonen – zu entsprechenden „stress risers“ kommt. Ob diese beobachteten Knochennekrosen



Abb. 1 ◀ Intraoperativ iatrogen bedingte Fraktur: postoperative Röntgenbilder (*links*) einer 71-jährigen Patienten mit UTN-Marknagelosteosynthese (UTN: unaufgebohrter Tibianagel) einer Unterschenkel-fraktur [AO-Klassifikation (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen): 42A1.2], Röntgenverlaufs-kontrolle (*rechts*) nach Ma-terialentfernung mit lang-streckiger Schaftfraktur, bedingt durch einen ver-klemmten Schraubenanteil (*Pfeil*) einer gebrochenen, distalen Verriegelungs-schraube beim Heraus-schlagen des Nagels

aber eventuell nur Teil eines physiologischen Knochenremodellings („creeping substitution“) darstellen, wurde bei einer fehlenden Kontrollgruppe nicht thematisiert. Bei allen Refrakturen zeigte sich eine weitgehend einheitliche Frakturkonfiguration mit kurzem schrägem Frakturverlauf (ohne Fragmententstehung), der eher an Insuffizienzfrakturen denken lässt.

Für die Theorie einer verzögerten Knochenbruchheilung spricht weiterhin die Tatsache, dass die meisten Refrakturen innerhalb der ersten 4 Monate nach der Implantatentfernung auftreten [6, 28, 39]. Größere Knochennekrosen, Avaskularität und Infektionen sind als Risikofaktoren einer generell verzögerten Frakturheilung anerkannt und scheinen auch die Entstehung einer Refraktur zu begünstigen. So beschrieben Ochs et al. [39] in einer retrospektiven Analyse von 18 Refrakturen, dass initial in 50% der Fälle eine zweit- bis drittgradige offene Fraktur nach Gustilo sowie in 4 Fällen ein primärer Infektverlauf vorlag.

Während diese Risikofaktoren zum Großteil durch das initiale Trauma determiniert werden und damit nicht beeinflussbar sind, stellt die anschließende chirurgische Behandlung einen „second hit“ dar, der durch schonende Frakturposition und Weichteilprotektion mit minimalinvasiven Verfahren und modernen Implantaten in seinem Ausmaß beeinflussbar ist. So kommen Refrakturen

nach minimalinvasiven Marknagelosteosynthesen deutlich seltener vor als nach offenen plattenosteosynthetischen Versorgungungen ([28]; s. auch unten unter „Intraoperative Frakturen“). Eine mögliche Ursache hierfür könnte der implantatbedingte veränderte Knochenstoffwechsel sein. In einer tierexperimentellen Studie konnten Uthoff et al. [52] zeitgleich eine reduzierte Knochenmasse unter der Platte nachweisen, welche sich nach der Plattenentfernung wieder normalisierte.

Einen weiteren relevanten Einfluss scheint das Zugschraubenloch im Frakturbereich zu besitzen. Mit einer auf 50% verminderten Energieaufnahmefähigkeit und reduzierter Knochenauffüllung [42] stellt es genauso wie exzentrisch gebohrte Schraubenlöcher eine Prädilektionsstelle für eine implantatassoziierte Fraktur dar [6]. Aufgrund der oben angeführten Definition der Refraktur handelt es sich hierbei allerdings – streng genommen – um eine eigene Fraktorentität, die jedoch zu den gleichen Problemen und Konsequenzen wie die Refrakturen führt.

Auch die Wahl der richtigen Platte ist von wesentlicher Bedeutung. Moyon et al. [34] beschrieben 1978 eine signifikant geringere transiente Osteoporose in intakten Hundefemora unter dünnen Titanplatten im Vergleich zu dicken Chrom-Kobalt-Platten mit ähnlichem Design. Neben den verschiedenen Materialeigenschaften von Titan und Chrom-Kobalt dürfte

hierfür auch die unterschiedliche Plattendicke von entscheidendem Einfluss gewesen sein. Klinische Studien ergaben hierzu passend eine gehäufte Refrakturrate am Unterarm nach Entfernung von 4,5-DCP („dynamic compression plate“) im Vergleich zu Drittelrohrplatten [3], welche jedoch im Gegenzug ein erhöhtes Pseudarthrosrisiko aufwiesen [18]. Mit Einführung der mittlerweile standardmäßig verwendeten 3,5-mm-LCDC-Platte (LCDC: „low contact dynamic compression“) am Unterarm wurde ein erfolgreicher Kompromiss aus notwendiger Stabilität und tolerierbarer Rigidität gewählt.

Nicht zuletzt dürften eine verbesserte bildgebende Diagnostik mit optimaler Belichtung und Auflösung der Bilder durch digitale Röntgentechnik sowie eine Sensibilisierung der Chirurgen für das Thema Refraktur zum Rückgang dieser schwerwiegenden Komplikation geführt haben. So können verzögerte Frakturheilungen oder persistierende röntgenologisch sichtbare Knochenstoffwechselstörungen heutzutage besser detektiert werden. Dementsprechend beschrieben Kessler et al. [28] in einer retrospektiven Analyse von 28 vermeintlichen Refrakturen in 7 Fällen eine technisch inadäquate Röntgenbildaufnahme und in weiteren 19 Fällen eine unzureichende knöcherne Überbrückung. Nur in 2 Fällen konnte keine Ursache gefunden werden.

Im Folgenden werden die beiden Frakturformen (intraoperative Fraktur und Refraktur) getrennt voneinander behandelt. Während Erstere fast ausschließlich bei Nagelentfernungen auftreten, werden Refrakturen gehäuft nach Plattenentfernungen beobachtet.

Intraoperative Frakturen

Intraoperative Frakturen im Rahmen der Materialentfernung wurden bevorzugt durch ein nicht ausgereiftes Nageldesign bzw. durch technische, iatrogen bedingte Fehler während der Entfernung beschrieben (■ **Abb. 1**).

Verschiedene Autoren berichteten über hohe intraoperative Frakturraten von 6–21% bei der Entfernung von ACE-Tibianägeln (ACE®). Als Ursache wurden die distale 5°-Krümmung des Nagels bzw. die vorhandene Nut angeführt [24, 25, 51].

Bei den heutzutage ausgereiften Nageldesigns stellen intraoperative Frakturen an langen Röhrenknochen eine Rarität dar. Dementsprechend beschrieben Hora et al. [21] in einer retrospektiven Studie nur 1 Tibiakopffraktur bei insgesamt 460 entfernten Marknägeln im Bereich der oberen und unteren Extremität über einen Zeitraum von 11 Jahren.

Ansonsten sind iatrogene Frakturen nur bei dem Versuch des Ausschlagens von Nägeln mit versehentlich belassenen Verriegelungsschrauben [4, 16] bzw. bei zu tiefer Platzierung von retrograden Femurnägeln mit ungenügender Entfernung von knöchernen Überbauungen des distalen Nagelendes beschrieben, wodurch es beim Ausschlagen zu kondylären Abscherfrakturen kommen kann [17].

Iatrogene intraoperative Frakturen durch Plattenentfernungen stellen ebenfalls eine Seltenheit dar, werden jedoch durch die zunehmende Verwendung der winkelstabilen Platten in den letzten Jahren aufgrund der deutlich komplikationsträglicheren Implantatentfernung an Bedeutung gewinnen [50].

Refrakturen

Nach Nagelentfernungen stellen sie eine absolute Ausnahme dar, sie scheinen vielmehr mit der Entfernung von Plattenosteosynthesen vergesellschaftet zu sein. Im

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 4]:341–348 DOI 10.1007/s10039-014-2103-5
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

F. Gras · I. Marintshev · M. Lenz · K. Klos · V. König · G.O. Hofmann
Frakturen durch Materialentfernungen

Zusammenfassung

Komplikationen durch Materialentfernungen. Frakturen durch Materialentfernungen stellen mit insgesamt 0–1,5% eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation operativer Therapien dar, insbesondere da diese Verfahren einerseits als Abschluss der Behandlung angesehen, andererseits in 50–60% der Fälle als hochelektive Eingriffe bei beschwerdefreien Patienten durchgeführt werden. Durch erweiterte Indikationsstellungen zur operativen Frakturversorgung in den letzten Jahrzehnten ist auch mit einem Anstieg der Inzidenz von Materialentfernungen zu rechnen. Im folgenden Beitrag erfolgt einleitend eine Begriffsbestimmung und Unterteilung der unterschiedlichen Fraktorentitäten in intraoperative iatrogene Frakturen und Refrakturen. Anschließend werden die jeweiligen Ursachen diskutiert und die vorhande-

ne Datenlage für die großen Röhrenknochen aufgeführt.

Resümee. Fehlermöglichkeiten, die zu einer Fraktur durch Materialentfernung führen, können bereits im Rahmen der Indexoperation auftreten und ziehen sich durch sämtliche Phasen der Materialentfernung, wie Indikationsstellung, Planung, Durchführung und operative Nachbehandlung. Anhand der vorliegenden Datenlage sind gegenwärtig keine evidenzbasierten Empfehlungen zur Implantatentfernung abzuleiten, und die Indikation muss daher kritisch und individuell gestellt werden.

Schlüsselwörter

Komplikationen · Behandlungsergebnis · Frakturversorgung · Risikofaktoren · Plattenosteosynthese

Fractures due to removal of support devices

Abstract

Complications of implant removal. Fractures during removal of implants are rare (0–1.5%) but serious complication, particularly because these procedures are thought to be the end of primary treatment, but if this occurs, then the patient will be back at the beginning of therapy. Furthermore 50–60% of implant removals are highly elective surgeries on healthy patients. Due to the increasing number of operative fracture fixation procedures, the number of patients requesting implant removal will also increase in the upcoming decades. In this paper, an overview of the different causes for fractures based on implant removal procedures (intraoperative vs. postoperative) is given. Finally, the data in the literature are reviewed for long bones

and recommendation are made to prevent such complications.

Conclusion. Errors leading to fractures during implant removal may happen during initial fracture fixation, as well as during all stages of the implant removal procedure, e.g., assessment of indication, planning and performing the operative procedure, as well as operative after care. Based on the published literature, no evidence-based recommendations for implant removal can be given and each decision has to be made on an individual basis after critical evaluation.

Keywords

Complications · Treatment outcome · Fracture fixation · Risk factors · Bone plates

Folgenden werden die langen Röhrenknochen nach Häufigkeit der Refrakturnrate aufgelistet und diskutiert.

Unterarm

In diesem Bereich stellt die plattenosteosynthetische Versorgung den Goldstandard dar. Dementsprechend sind die Refrakturnraten nach Plattenentfernung wissenschaftlich gut belegt, wohingegen für die Entfernung von Unterarmmarknägeln nur wenige Daten vorliegen.

In einer Studie von Weckbach et al. [55] wurde über einen mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 18,3 Monaten nach Entfernung von 19 Unterarmnägeln ebenso keine Refraktur beobachtet, wie bei 10 entfernten Unterarmnägeln durch Hora et al. [21].

Die Entfernung von Plattenosteosynthesen am Unterarm weist mit 11–29% das höchste Refrakturnrisiko aller Lokalisationen auf [2, 20, 33]. Während Anderson et al. [2] eine zu zeitige Materialentfernung als Hauptgrund anführten, trat die-

se Komplikation in ihrem Kollektiv bei späterer Plattenentfernung zwischen 11 und 18 Monaten nach der Indexoperation nicht mehr auf.

Einen weiteren wesentlichen Einflussfaktor stellt die komplette Unterarmfraktur im Vergleich zur isolierten Verletzung der Ulna oder des Radius dar [10].

Aber auch das verwendete Plattendesign scheint einen relevanten Einfluss zu besitzen. So konnten Beaupre u. Csongradi [3] in einer Art Metaanalyse von insgesamt 402 Patienten mit 459 entfernten Platten am Unterarm zeigen, dass das Refrakturrisiko bei Verwendung einer Großfragment-DCP signifikant höher ist als bei Verwendung einer Kleinfragment-DCP bzw. Drittelrohrplatte [10].

Ein zusätzlicher Risikofaktor für eine Refraktur am Unterarm ist die einzeitige Plattenentfernung an Ulna und Radius [22], weshalb mittlerweile in den meisten Kliniken ein zweizeitiges Vorgehen der Materialentfernung etabliert ist.

Femur

In diesem Bereich ist die Marknagelosteosynthese als Therapieverfahren der Wahl für diaphysäre Schaftfrakturen etabliert, wohingegen Plattenosteosynthesen bevorzugt bei metaphysären und intraartikulären Frakturverläufen verwendet werden.

In größeren Kollektiven mit Entfernung von 168 antegraden und 11 retrograden Nagelosteosynthesen (ohne Follow-up-Angabe, [21]), von 50 femoralen Marknägeln (Follow-up mindestens 2 Jahre, [4]) und 109 Femurmarknägeln (Follow-up von durchschnittlich 6,39 Jahren) wurde keine einzige Refraktur beobachtet [15].

Im Gegensatz hierzu ist nach der Entfernung von Plattenosteosynthesen im Bereich des distalen Femurs eine Refrakturrate von 10–27% beschrieben [6, 9]. Bostman [6] konnte nach Entfernung von 62 kondylären Klingenplatten zeigen, dass einer additiven interfragmentären Zugschraube eine entscheidende Bedeutung im Pathomechanismus zukommt, und er empfahl bei asymptomatischen Patienten daher keine routinemäßige Entfernung des Implantats, insbesondere bei zusätz-

licher Frakturfixierung mit interfragmentären Zugschrauben.

Im Bereich des proximalen Femurs scheint die Entfernung des Osteosynthesematerials bei knöchern konsolidierten Schenkelhals- und pertrochantären Frakturen (n=99 bzw. 5,4 je nach Studie) zu keinem erhöhten Refrakturrisiko (2 von 99 bzw. 0 von 54 Frakturen) zu führen [13, 54]. Interessanterweise ist in beiden Studien hingegen eine signifikant erhöhte Inzidenz von erneuten Frakturen am proximalen Femur der Gegenseite (15 von 99 bzw. 11 von 54) beschrieben. In einer aktuellen Studie wurde bei der Entfernung von insgesamt 17 proximalen Marknägeln bei einem Nachuntersuchungszeitraum zwischen 4 und 20 Wochen keine Refraktur beobachtet [1]. In einer weiteren Studie wurden 37 Standardgammannagel- bzw. 41 DHS-Entfernungen (DHS: dynamische Hüftschraube, [31]) genauer und implantatspezifisch untersucht. Hierbei kam es postoperativ bei 3 entfernten Gammannägeln zu Insuffizienzfrakturen des Schenkelhalses, welche aufgrund der unterschiedlichen Lokalisation zur Primärfraktur laut AO-Definition nicht den Refrakturen zuzuordnen sind. Unabhängig davon wurden keine Insuffizienzfrakturen in der Gruppe der DHS-Entfernungen beobachtet.

Dementsprechend konnten Eberle et al. [12] in einer biomechanischen Kadaverstudie keinen Unterschied der Knochensteifigkeit von intakten Femora im Vergleich zu den identischen Knochen nach Implantation und anschließender Entfernung von verschiedenen dynamischen Hüftschrauben (mit unterschiedlich großem Knochenverlust) beobachten. Dies steht im Gegensatz zu einer Kadaverstudie von Kukla et al. [31], die in Abhängigkeit des gewählten Implantats (Standardgammannagel vs. DHS) eine signifikante Reduktion der Kraft bis zur Frakturstellung im Vergleich zum gesunden Knochen (-40,9% vs. -21,1%) messen konnten.

Zusammenfassend sollten voluminöse Schenkelhalschrauben nur bei jüngeren Patienten entfernt werden. In diesen Fällen wird zur Reduktion der Refrakturrate bzw. zur Vermeidung einer Hüftkopfnekrose eine zusätzliche Defektauffüllung mit Knochenersatzmaterialien diskutiert

[5, 31, 46, 48]. Bei den bekannten postoperativen Beschwerden durch eine nach lateral gleitende Schenkelhalschraube bei entsprechender Frakturkomprimierung empfehlen mehrere Autoren daher eher den Wechsel gegen eine kürzere Schraube als die Implantatentfernung [31, 46].

Tibia

Hier stellt sich in Bezug auf die Refrakturrate ein weitgehend identisches Bild wie am Femur dar. Verschiedene Autoren konnten in ihren retrospektiven Studien nach Entfernung von 269 (Follow-up nicht angegeben, [21]), 50 (Follow-up mindestens 2 Jahre, [4]) und 69 Marknägeln (Follow-up von 7,4 Jahren, [16]) keine einzige Refraktur beobachten, wohingegen es in einer Studie von Leu et al. [32] nach Plattenentfernung bei 187 Patienten mit 194 diaphysären Tibiafrakturen in 2 Fällen zu einer Refraktur kam.

Humerus

Bezüglich dieser Lokalisation finden sich nur vereinzelte Beschreibungen von Refrakturen, und im eigenen Patientenkollektiv sind keine entsprechenden Fälle bekannt. Dieses liegt einerseits an der deutlich selteneren Indikationsstellung zur Implantatentfernung im Vergleich zum Unterarm mit geringerer Weichteildeckung, weshalb die Implantate dort häufiger als störend empfunden werden, andererseits an der deutlich geringeren biomechanischen Beanspruchung der oberen Extremität im Vergleich zur Last tragenden unteren Extremität.

In einer Studie von Kirchhoff et al. [30] wurden nur 79 von 226 Patienten mit plattenosteosynthetischer Versorgung von proximalen Humerusfrakturen einer Implantatentfernung zugeführt. Unter den 59 Patienten mit elektiver Plattenentfernung wurde bei einem Follow-up von 6 Monaten keine Refraktur beobachtet.

In einer retrospektiven Studien von Hora et al. [21] über Komplikationen der Implantatentfernung wurde nach Entfernung von 5 Seidel- und 17 antegraden Verriegelungsnägeln ebenfalls keine Refraktur beobachtet, wobei hier keine Angaben über das Follow-up getätigt wurden.

In einer neueren Studie von Katthagen et al. [27] fand sich bei 30 Entfernungen von proximalen Humerusplatten weder bei einem arthroskopischen noch bei einem offenen Vorgehen eine Refraktur.

Sonderfall Kind

Die Datenlage zur Materialentfernung bei Kindern ist rar. In einer aktuellen Literaturrecherche von Raney et al. [40] waren die verfügbaren Studien zu Komplikationen der Materialentfernung (zumeist Fallserien) aufgrund des geringen Evidenzlevels von maximal 4 nicht für eine Metaanalyse verwertbar.

Während die Refrakturnrate bei Kindern in verschiedenen Studien bei etwa 1% liegt, scheinen in dieser Altersgruppe iatrogene Frakturen aufgrund einer komplizierten Metallentfernung bzw. inkomplette Materialentfernungen (insbesondere nach Stabilisierung einer Epiphysiolysis capitis femoris mit Schrauben [23]) ein weitaus größeres Problem darzustellen [26, 47]. Als Ursache wurden zum Großteil das nicht optimale Design (Implantatdurchmesser) und die Materialwahl (Titan eher als Stahl) der einzelnen Implantate diskutiert [53].

In einer retrospektiven Untersuchung von 143 Kindern mit Entfernung von elastischen Titannägeln im Bereich des Unterarms (n=49) und des Femurs (n=94) zeigten sich in 2 Fällen eine Refraktur (jeweils am Unterarm) und in 3 Fällen ein frustrierender Versuch der Materialentfernung (2-mal am Unterarm, 1-mal am Femur, [47]).

Gorter et al. [14] beschrieben ebenfalls eine Refrakturnrate von 1% nach 288 Implantatentfernungen nach konsolidierten Extremitätenfrakturen. Zwischen den einzelnen Implantaten [173-mal Kirschner-Drähte: 2 Refrakturen am Unterarm; 96-mal ESIN (elastisch-stabile intramedulläre Nagelung): je 1 Refraktur am Femur bzw. Unterarm, 19 von 40 Schrauben ohne Refraktur] wurden keine Unterschiede berichtet, wobei diese Studie aufgrund der verschiedenen Implantate in unterschiedlichen Lokalisationen nur eine deskriptive Analyse erlaubt.

Vergleichbare Refrakturnraten wurden auch für die Plattenentfernung am Unterarm berichtet. In einer älteren Studie konnte bei 43 Plattenentfernungen am

Unterarm von 29 Patienten keine Refraktur [42] beobachtet werden. Kim et al. [29] fanden bei 44 Plattenentfernungen bei 43 Patienten 3 Refrakturen, wobei bei einer Patientin 2 Refrakturen durch ein jeweils adäquates Trauma verursacht waren.

Als möglicher Risikofaktor für eine Refraktur konnte in einer Studie von Davids et al. [8] mit 1223 Implantatentfernungen bei 801 Kindern eine neurologische Grunderkrankung identifiziert werden, die bei allen 9 Kindern mit Refrakturen zu finden war.

Therapie der Frakturen durch Materialentfernung

Während die intraoperativen Frakturen im Rahmen der Marknagelentfernung zumeist erfolgreich konservativ behandelt wurden [24, 25, 51], wird bei Refrakturen von verschiedenen Autoren ein operatives Vorgehen bevorzugt [6, 39]. Bostman [6] beschrieb die erfolgreiche knöchernen Konsolidierung von 6 osteosynthetisch behandelten Refrakturen am distalen Femur in 5 Fällen durch eine Marknagel- und in 1 Fall durch eine Plattenosteosynthese.

Resümee. Bezüglich des empfohlenen Vorgehens handelt es sich um Expertenmeinungen mit geringem Evidenzgrad, sodass die richtige Therapiewahl weiterhin eine Einzelfallentscheidung bleibt. Die allgemeingültigen Regeln der Frakturversorgung bleiben aber bestehen, wonach instabile Frakturen einer operativen Therapie zugeführt werden sollten und stabile Frakturen inklusive Fissuren konservativ behandelt werden können.

Vermeidung von Frakturen durch Materialentfernung

Fehlermöglichkeiten, die zu einer Fraktur durch Materialentfernung führen, können bereits bei der initialen Frakturversorgung (Indexoperation) auftreten und ziehen sich im Rahmen der Implantatentfernung durch sämtlichen Behandlungsphasen, wie Indikationsstellung, Planung, Durchführung und operative Nachbehandlung [35, 56].

Zur Vermeidung einer Fraktur durch Materialentfernung sollten dementspre-

chend die folgenden Punkte in den einzelnen Behandlungsphasen beachtet werden, wobei sich diese Empfehlungen nahezu ausschließlich auf Expertenmeinungen stützen.

Indexoperation

- Bei winkelstabilen Plattenosteosynthesen ist die Verwendung von Drehmomentbegrenzern zwingend erforderlich, um das Risiko einer Kaltverschweißung zu minimieren.
- Während der Implantation beschädigte Schraubenköpfe sollten unmittelbar ausgetauscht werden.
- Bei Marknagelosteosynthesen ist auf eine korrekte Einbringtiefe des Implantats zu achten, um Überknöcherungen des proximalen Nagelendes zu vermeiden. Während in einer retrospektiven Studie von Gosling et al. [15] eine zu tiefe Versenkung des proximalen Nagelendes mit einer erschwerten Implantatentfernung einhergehend, konnte dies für fehlende Abschlusskappen nicht gezeigt werden, weshalb die Autoren in ihrer Arbeit keine generelle Verwendung von Abschlusskappen empfahlen. Jedoch kann klar gesagt werden, dass das Nagelende ohne oder mit Abschlusskappe nicht zu tief im Knochen versenkt und nach Möglichkeit mit der Knochenoberfläche abschließen sollte.
- Im Rahmen der primären Osteosynthese sollte die Frage nach einer Materialentfernung thematisiert werden, wobei eine abschließende individuelle Nutzen-Risiko-Kalkulation erst nach knöcherner Konsolidierung der Fraktur möglich ist.

Folgeoperation zur Materialentfernung

Indikationsstellung

- Die relativen und absoluten Indikationen müssen beachtet werden [35].
- Bei asymptomatischen Osteosynthesen der oberen Extremität sollten die Implantate generell nicht entfernt werden.
- Eine adäquate konventionelle Röntgendiagnostik in mindestens 2 Projektionen orthogonal zueinander ist

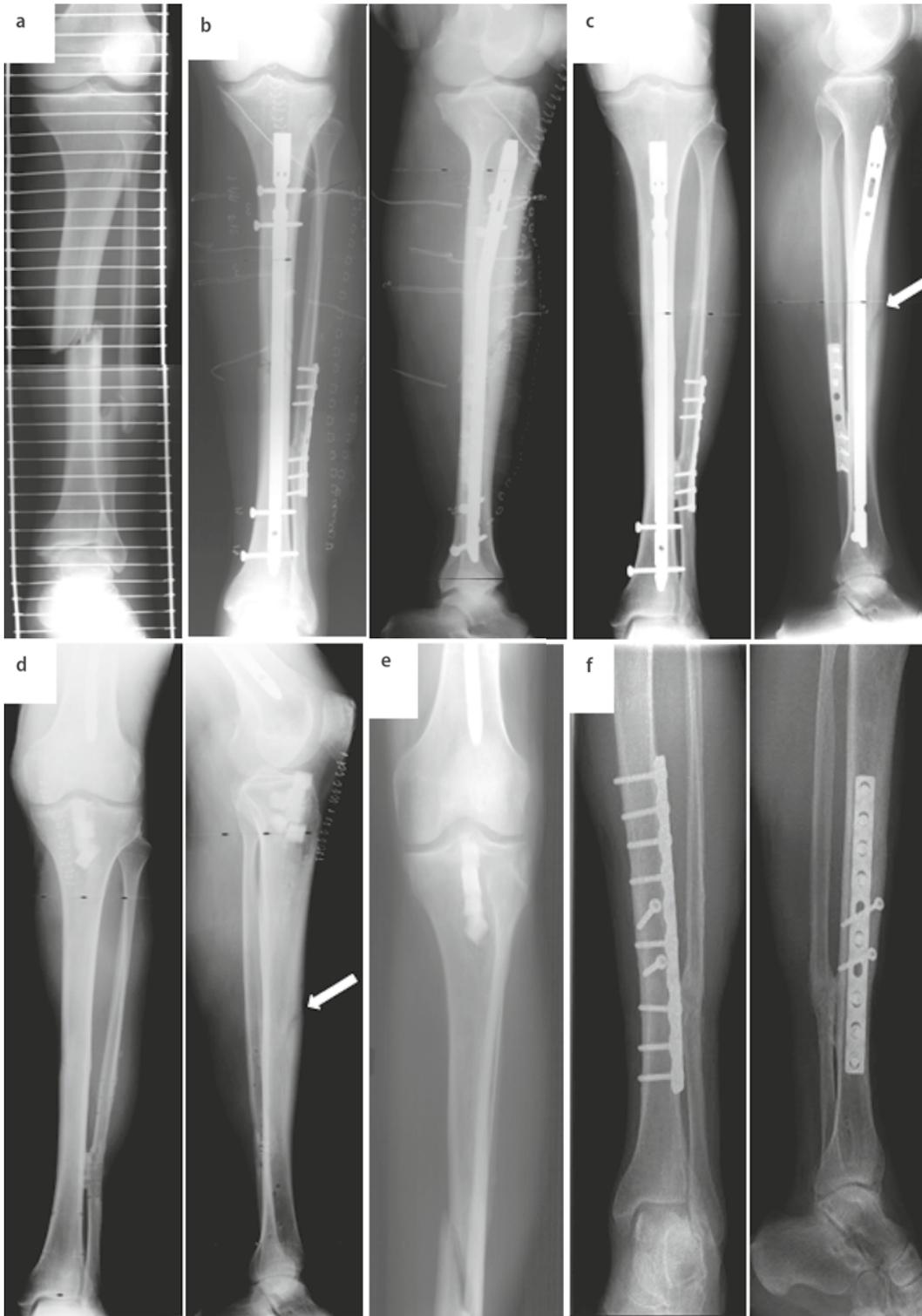


Abb. 2 ◀ Vermeintliche Refraktureur der Tibia nach Marknagelentfernung, **a** initiales Röntgenbild eines 52-jährigen Patienten mit Unterschenkelfraktur [AO-Klassifikation (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen): 42A2.2], **b** postoperatives Röntgenbild nach Indexoperation mit UTN-Marknagelosteosynthese (UTN: unaufgebohrter Tibianagel) der Tibia, Plattenosteosynthese der Fibula und Kompartmentspaltung, **c, d** 13-monatige Röntgenverlaufskontrolle vor und nach Materialentfernung mit noch partiell sichtbarem Frakturspalt in beiden seitlichen Aufnahmen (Pfeil), **e** vermeintliche Refraktureur im Intervall von 6 Monaten ohne adäquates Trauma, **f** Röntgenkontrolluntersuchung 7 Jahre nach Reosteosynthese mit verheilte Tibiafraktur und in situ belassener Platte

unverzichtbar. Bei eingeschränkter Beurteilbarkeit der knöchernen Frakturkonsolidierung sollte eine ergänzende CT-Diagnostik (CT: Computertomographie) erfolgen, wobei je nach Implantat mit relevanten Artefakten gerechnet werden muss.

- Es soll keine Materialentfernung bei noch einsehbarem Frakturspalt durchgeführt werden (■ Abb. 2).
- Die primäre Fraktorentität (offen vs. geschlossen, einfach vs. mehrfragmentär), die Versorgungstechnik (offen vs. minimalinvasiv, absolute vs.

relative Stabilität der Osteosynthese) und der Heilungsverlauf (verzögerte knöcherne Konsolidierung, ggf. mit Notwendigkeit von operativen Revisionen, intermittierende nervale Symptomatik) müssen beachtet werden.

Planung der Implantatentfernung

- Eine sichere Charakterisierung des einliegenden Implantats und Vorhalten der richtigen Schraubendrehergrößen und -kopfeinsätze (Kreuz, Inbus, Stardrive) bei Plattenosteosynthesen bzw. der entsprechenden Extraktionsinstrumentarien der jeweiligen Marknagelsysteme sind unverzichtbar.
- Zusätzlich bewährte sich in unserem klinischen Alltag die Anschaffung universeller Extraktionszangen zur Materialentfernung [37].
- Der Wahl des richtigen Operationszeitpunkts kommt entscheidende Bedeutung bei, da zu früh entfernte Implantate das Risiko einer Refraktur erhöhen [2, 43] und zu spät entfernte Implantate oft mit aufwendigeren Operationen und der Gefahr von iatrogenen intraoperativen Frakturen einhergehen können [11, 28].
- In speziellen Fällen, wie den Unterarmfrakturen, sollte ein zweizeitiges Vorgehen bei der Implantatentfernung gewählt werden, um das Risiko einer Refraktur zu reduzieren [22].

Durchführung

- Bei der Entfernung von Plattenosteosynthesen wird empfohlen, die knöchernen Plattenränder zu belassen, um die periostale Versorgung des Knochens nicht zu kompromittieren und die Knochenstabilität (im Rahmen des Remodellings) zu erhalten [22].
- Auch knöcherne Osteophyten sollten nur entfernt werden, wenn sie zu mechanischen Einschränkungen oder potenziellen Weichteilirritationen führen.
- Sollte intraoperativ eine inkomplette knöcherne Konsolidierung festgestellt werden, empfohlen Kessler et al. [28] weder eine Reosteosynthese noch eine postoperative Immobilisation mit Casts, da diese Frakturen nach der Implantatentfernung zu meist zügig ausheilen. Es wurde allenfalls eine temporäre Belastungsreduktion vorgeschlagen.
- Beim Ausschlagen von Nägeln sollen keine Rotationskräfte angewendet werden, sondern nur axiale Bewegun-

gen, um das Risiko von Torsionsbrüchen zu reduzieren.

- Bei komplizierter Implantatentfernung können komplett intraossär liegende Implantatanteile belassen werden, um so einen nicht verhältnismäßigen Flurschaden und ein potenziell steigendes Refrakturrisiko zu vermeiden.

Nachbehandlung

- In den ersten 6 Wochen nach Materialentfernung sind Belastungsspitzen zu vermeiden. Hierbei sollte der Patient insbesondere keine Drehbewegungen über dem Standbein durchführen, an welchem die Implantatentfernung durchgeführt wurde.
- Eine Karenz von Kontaktsportarten für 3 Monate wird empfohlen.

Fazit für die Praxis

Frakturen durch Materialentfernungen spielen im Vergleich zu den anderen allgemeinen und speziellen Risiken der Implantatentfernung insgesamt eine untergeordnete Rolle. Beim Eintritt dieser Komplikation kommt es jedoch zu einer beträchtlichen Verlängerung des Behandlungsverlaufs, welcher mit diesem Eingriff eigentlich abgeschlossen werden sollte. Aus diesem Grund sind eine kritische und individuelle Indikationsstellung zur Materialentfernung sowie die Beachtung der oben aufgeführten Punkte notwendig.

Anhand der vorliegenden Datenlage sind gegenwärtig keine evidenzbasierten Empfehlungen zur Implantatentfernung abzuleiten und weitere prospektive randomisierte Studien notwendig.

Korrespondenzadresse

PD Dr. F. Gras
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Erlanger Allee 101, 07740 Jena
florian.gras@med.uni-jena.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Gras, I. Marintschev, M. Lenz, K. Klos, V. König und G.O. Hofmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Ackermann O, Maier K, Ruelander C et al (2011) Modified technique for intramedullary femur nail removal. *Z Orthop Unfall* 149(3):296–300
2. Anderson LD, Sisk D, Tooms RE, Park WI 3rd (1975) Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Am* 57(3):287–297
3. Beaupre GS, Csongradi JJ (1996) Refracture risk after plate removal in the forearm. *J Orthop Trauma* 10(2):87–92
4. Boerger TO, Patel G, Murphy JP (1999) Is routine removal of intramedullary nails justified. *Injury* 30(2):79–81
5. Bonnaire F, Kuner EH, Steinemann S (1991) Experimentelle Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten am koxalen Femurende nach Montage und Entfernung von DHS-Implantaten am nicht frakturierten Leichenfemur. *Unfallchirurg* 94(7):366–371
6. Bostman OM (1990) Refracture after removal of a condylar plate from the distal third of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 72(7):1013–1018
7. Bostman O, Pihlajamäki H (1996) Routine implant removal after fracture surgery: a potentially reducible consumer of hospital resources in trauma units. *J Trauma* 41(5):846–849
8. Davids JR, Hydorn C, Dillingham C et al (2010) Removal of deep extremity implants in children. *J Bone Joint Surg Br* 92(7):1006–1012
9. Davison BL (2003) Refracture following plate removal in supracondylar-intercondylar femur fractures. *Orthopedics* 26(2):157–159
10. Deluca PA, Lindsey RW, Ruwe PA (1988) Refracture of bones of the forearm after the removal of compression plates. *J Bone Joint Surg Am* 70(9):1372–1376
11. Dietschi C, Zenker H (1973) Refractures and new fractures of the tibia after AO plate – and screw osteosynthesis. *Arch Orthop Unfallchir* 76(1):54–64
12. Eberle S, Wuttler C, Bauer C et al (2011) Evaluation of risk for secondary fracture after removal of a new femoral neck plate for intracapsular hip fractures. *J Orthop Trauma* 25(12):721–725
13. Finsen V, Benum P (1986) Refracture of the hip rare after removal of fixation device. *Acta Orthop Scand* 57(5):434–435
14. Gorter EA, Vos DJ, Sier CF, Schipper IB et al (2011) Implant removal associated complications in children with limb fractures due to trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg* 37(6):623–627
15. Gosling T, Hüfner T, Hankemeier S et al (2004) Femoral nail removal should be restricted in asymptomatic patients. *Clin Orthop Relat Res* 423:222–226
16. Gosling T, Hüfner T, Hankemeier S et al (2005) Indikation zur Entfernung von Tibiamarknägeln. *Chirurg* 76(8):789–794

17. Grimme K, Gosling T, Pape HC et al (2004) Fraktur des medialen Femurkondylus als Komplikation bei der Entfernung eines retrograden Femurnagels. *Unfallchirurg* 107(6):532–536
18. Hadden WA, Reschauer R, Seggl W (1983) Results of AO plate fixation of forearm shaft fractures in adults. *Injury* 15(1):44–52
19. Hanson B, Werken C van der, Stengel D (2008) Surgeons' beliefs and perceptions about removal of orthopaedic implants. *BMC Musculoskelet Disord* 9:73
20. Hidaka S, Gustilo RB (1984) Refracture of bones of the forearm after plate removal. *J Bone Joint Surg Am* 66(8):1241–1243
21. Hora K, Vorderwinkler KP, Vecsei V et al (2008) Entfernung von Verriegelungsnägeln an der oberen und unteren Extremität. *Unfallchirurg* 111(8):599–606
22. Huber-Lang M, Bonnaire F, Friedl H (1998) Metallentfernung am Ober- und Unterarm – der spezielle klinische Fall. *OP J* 14:14–18
23. Ilchmann T, Parsch K (2006) Complications at screw removal in slipped capital femoral epiphysis treated by cannulated titanium screws. *Arch Orthop Trauma Surg* 126(6):359–363
24. Im GI, Lee KB (2003) Difficulties in removing ACE tibial intramedullary nail. *Int Orthop* 27(6):355–358
25. Jones DHT, Schmeling G (1999) Tibial fracture during removal of a tibial intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 13(4):271–273
26. Kahle WK (1994) The case against routine metal removal. *J Pediatr Orthop* 14(2):229–237
27. Kathagen JC, Jensen G, Hennecke D et al (2012) Arthroskopische Materialentfernung nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Unfallchirurg* 115(1):47–54
28. Kessler SB, Deiler S, Schiff-Deiler M et al (1992) Refractures: a consequence of impaired local bone viability. *Arch Orthop Trauma Surg* 111(2):96–101
29. Kim WY, Zenios M, Kumar A, Abdulkadir U (2005) The removal of forearm plates in children. *Injury* 36(12):1427–1430
30. Kirchhoff C, Braunstein V, Kirchhoff S et al (2008) Outcome analysis following removal of locking plate fixation of the proximal humerus. *BMC Musculoskelet Disord* 9:138
31. Kukla C, Picht W, Prokresch R et al (2001) Femoral neck fracture after removal of the standard gamma interlocking nail: a cadaveric study to determine factors influencing the biomechanical properties of the proximal femur. *J Biomech* 34(12):1519–1526
32. Leu D, Bilal C, Ruedi T (1989) Refrakturen nach Metallentfernung. Eine Nachkontrolle von operierten Tibiafrakturen. *Unfallchirurg* 92(8):399–400
33. Mih AD, Cooney WP, Idler RS, Lewallen DG (1994) Long-term follow-up of forearm bone diaphyseal plating. *Clin Orthop Relat Res* 299:256–258
34. Moyen BJ, Lahey PJ Jr, Weinberg EH, Warris WH (1978) Effects on intact femora of dogs of the application and removal of metal plates. A metabolic and structural study comparing stiffer and more flexible plates. *J Bone Joint Surg Am* 60(7):940–947
35. Mückley T, Gras F (2010) Komplikationen bei der Materialentfernung. In: Wirth CJ, Mutschler W, Bischoff HP, Püschmann H (Hrsg) *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York, S 578–585
36. Müller M, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1997) *Manual of internal fixation. Techniques recommended by the AO group*, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
37. Müller M, Mueckley T, Hofmann G (2007) Kosten und Komplikationen der Metallentfernung. *Trauma Berufskrankh* 9:5297–5301
38. Nicholson C, Sykova E (1998) Extracellular space structure revealed by diffusion analysis. *Trends Neurosci* 21(5):207–215
39. Ochs BG, Gonser CE, Baron HC et al (2012) Refrakturen nach Entfernung von Osteosynthesematerialien. *Unfallchirurg* 115(4):323–329
40. Raney EM, Freccero DM, Dolan LA et al (2008) Evidence-based analysis of removal of orthopaedic implants in the pediatric population. *J Pediatr Orthop* 28(7):701–704
41. Richards RH, Palmer JD, Clarke NM (1992) Observations on removal of metal implants. *Injury* 23(1):25–28
42. Rosson J, Egan J, Shearer J, Monro P (1991) Bone weakness after the removal of plates and screws. Cortical atrophy or screw holes? *J Bone Joint Surg Br* 73(2):283–286
43. Rumball K, Finnegan M (1990) Refractures after forearm plate removal. *J Orthop Trauma* 4(2):124–129
44. Sanderson PL, Ryan W, Turner PG (1992) Complications of metalwork removal. *Injury* 23(1):29–30
45. Sen RK, Gul A, Aggarwal S et al (2005) Comminuted refracture of the distal femur and condyles in patients with an intramedullary nail: a report of 5 cases. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 13(3):290–295
46. Shaer JA, Hileman BM, Newcomer JE, Hanes MC (2012) Femoral neck fracture following hardware removal. *Orthopedics* 35(1):e83–e87
47. Simanovsky N, Tair MA, Porat S (2006) Removal of flexible titanium nails in children. *J Pediatr Orthop* 26(2):188–192
48. Strauss EJ, Pahk B, Kummer FJ, Egol K (2007) Calcium phosphate cement augmentation of the femoral neck defect created after dynamic hip screw removal. *J Orthop Trauma* 21(5):295–300
49. Stürmer KM (1999) *Leitlinien Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York, S 12–19
50. Suzuki T, Smith WR, Stahel PF et al (2010) Technical problems and complications in the removal of the less invasive stabilization system. *J Orthop Trauma* 24(6):369–373
51. Takakuwa M, Funakoshi M, Ishizaki K et al (1997) Fracture on removal of the ACE tibial nail. *J Bone Joint Surg Br* 79(3):444–445
52. Uthoff HK, Finnegan M (1983) The effects of metal plates on post-traumatic remodelling and bone mass. *J Bone Joint Surg Br* 65(1):66–71
53. Vresilovic EJ, Spindler KP, Robertson WW jr et al (1990) Failures of pin removal after in situ pinning of slipped capital femoral epiphyses: a comparison of different pin types. *J Pediatr Orthop* 10(6):764–768
54. Wand JS (1990) Risk of refracture after removing hip fixation. *J Bone Joint Surg Br* 72(1):148–149
55. Weckbach A, Blattner TR, Weisser C (2006) Interlocking nailing of forearm fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 126(5):309–315
56. Wirth CJ, Mutschler W, Bischoff HP, Püschmann H (2010) *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York