

Die Implantatentfernung – eine Risiko-Nutzen-Abwägung?

■ Markus Scharf, Bernd Krieg, Michael Dengler, Bernd Füchtmeier

Zusammenfassung

Die Materialentfernung stellt einen häufigen Eingriff im unfallchirurgisch-orthopädischen Bereich dar. Eine Infektion oder ein notwendiger Wechsel des Osteosyntheseverfahrens, z.B. zur Behandlung einer Pseudarthrose, sind absolute Indikationen. Viele elektive Implantatentfernungen stellen hingegen relative OP-Indikationen dar. Für solche Eingriffe ist eine sorgfältige Risiko-Nutzen-Abwägung zu empfehlen. Hierbei sollten die Zugangsmorbidität und die Komplikationsmöglichkeiten/-wahrscheinlichkeiten wie Nervenverletzungen und Refrakturnrate in Relation zu Problemen gesetzt werden, die entstehen können, wenn langfristig Implantate belassen werden. Zu nennen sind hier Implantatrandfrakturen, lokale Osteopenie, Korrosion [1], Allergisierung [2] und eine mögliche Kanzerogenität [3]. Aufgrund der Komplikationsmöglichkeiten wird von manchen Autoren eine Materialentfernung grundsätzlich nur beim symptomatischen Patienten empfohlen [4,5]. Dies ist aber ebenso ein Extremstandpunkt wie das Bestreben, grundsätzlich nahezu alle Osteosynthesematerialien wieder zu entfer-

nen. Die technische Durchführung der Implantatentfernung kann nicht zuletzt aufgrund der veränderten Anatomie schwieriger sein als die initiale Operation zur Osteosynthese [6]. Eine gute Vorbereitung des Operateurs (Lektüre des OP-Berichts, Analyse der präoperativen Bildgebung) ist deswegen unerlässlich. Ferner sollten bereits präoperativ mögliche intraoperative Probleme bedacht werden und geeignetes erweitertes Instrumentarium vorhanden sein. Von einer Implantatentfernung an komplikationsträchtigen Materiallokalisationen bei beschwerdearmen Patienten ist abzuraten [7]. In diesen Fällen überwiegen in der individuellen Risiko-Nutzen-Abwägung die negativen Aspekte. Die sachliche Thematisierung im Arzt-Patienten-Gespräch erleichtert in diesen Fällen die Patientenführung.

Implant Removal – a Risk-Benefit Analysis?

Removal of internal fixation devices is a frequent operation in trauma and orthopaedic surgery. Premature removal for deep infection or changing the internal fixation device because of non-union are absolute indications for sur-

gery. In contrast, elective hardware removal procedures are often performed without any urgent need. In these cases, a risk-benefit analysis is recommended. If surgery is planned, approach morbidity and complications like neurovascular damage and the risk of refracture have to be discussed. If the internal fixation device is retained, implant-edge fracture, local osteopenia, corrosion [1], allergic response [2] and the risk of malignancy [3] have to be taken into account. Due to complications, some authors recommend elective implant removal for symptomatic patients only [4, 5]. Surgical technique in implant removal can be more demanding than in open reduction and internal fixation because of altered anatomy [6]. The surgeon must prepare himself well by studying the operative report of the previous surgery and the preoperative X-ray. To avoid problems, potential pitfalls should be anticipated. All necessary instruments have to be available, including special extraction tools and hollow reamers. When the implant is almost asymptomatic but located in a high risk area, surgery should be avoided [7]. In these cases, the negative aspects prevail in the risk-benefit analysis.

Einleitung

Die Tendenz, die Frakturbehandlung frühfunktionell zu gestalten, hat über die Jahre hinweg zu einer steigenden Zahl von Eingriffen zur operativen Knochenbruchstabilisierung geführt. Entsprechend ist auch der Bedarf zur operativen Entfernung von Osteosynthesematerial in der gesamten westlichen Welt kontinuierlich gestiegen. Im Jahr 2010

wurden bundesweit etwa 180000 Implantatentfernungen am Bewegungsapparat durchgeführt [8]. Unterstellt man, dass die Hälfte davon als ambulanter Eingriff mit durchschnittlichen Kosten für Operation und Anästhesie von etwa 800 € je Fall und die andere Hälfte als kurzstationärer Eingriff mit etwa 2000 € je Fall zu Buche schlugen, so kann man von Gesamtkosten in einer Höhe von etwa 250 Mio. € pro Jahr ausgehen. Dies klingt zunächst nach einer großen Summe und nach einem Kostentreiber im Gesundheitswesen. Setzt man diesen Betrag aber zum Ausgabegefüge allein der gesetzlichen Krankenkassen (ohne

Berufsgenossenschaften und ohne private Krankenversicherer) ins Verhältnis, relativiert sich dies [9]: Einschließlich der Zuzahlungen der Versicherten wurden 2010 durch die gesetzlichen Krankenkassen über 180 Mrd. € aufgewendet. Allein auf Vorsorge- und Rehabilitationsmaßnahmen entfielen davon 2,45 Mrd. €. Dies ist etwa 10-mal so viel wie die Kosten für alle Implantatentfernungen zusammen. Vor diesem Hintergrund erscheint es aus unserer Sicht nicht geboten, aus volkswirtschaftlichen Erwägungen heraus Indikationen zur Entfernung unfallchirurgisch-orthopädischer Implantate einzuschränken. Allerdings

OP-JOURNAL 2016; 32: 80–88
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-107036>



Abb. 1 Störendes Implantat an der Klavikula.



Abb. 2 Präoperativer Funktionsausfall.



Abb. 3 Abstehende palmare Platte.

Tab. 1 Allgemeine Indikationen und Kontraindikationen zur Materialentfernung (zur Abstufung der Indikation siehe Text).

Indikation	Kontraindikation
<ul style="list-style-type: none"> - Infektion - allergische Reaktionen und Metallallergisierung [2] - Epiphysenfugen kreuzende Osteosyntheseverfahren - temporäre Arthrodesen, auch temporär gelenkblockierende Implantate (z. B. Stellschrauben, Hakenplatte) [30] - intraartikuläre Lage der Implantate - kritische Weichteildeckung - Verfahrenswechsel (Fixateur externe, Endoprothese) - Auftreten von Pseudarthrosen - Implantatwanderung/Implantatbruch mit sekundärer Irritation und Gefahr der Hautnekrose oder Infekt [6] - Risiken bei Belassen der Implantate wie Korrosion [1], Kanzerogenität [3] und Osteopenie - Bohrdrähte - störende Implantate (z. B. Klavikulaplatte, vgl. Abb. 1; OSG) - drohende Sehenschäden (z. B. bei Radiusplatten) [31] - biomechanische Gründe (z. B. Veränderung des Kraftflusses bei Belassen an langen Röhrenknochen, Biegebelastung und Materialermüdung bei dorsalem Fixateur interne an der LWS, vgl. Abb. 5) 	<ul style="list-style-type: none"> - Komorbiditäten [7] - pathologische Knochenstrukturen (fibröse Dysplasie, Osteogenesis imperfecta, ...) [6] - Regionen mit hoher Zugangsmorbidität (z. B. Becken, sofern keine temporäre Arthrodesen, ventrale HWS, Humerusschaft) - überknöcherte einzelne Schrauben



Abb. 4 Teildurchtrennung FDP DII (Loop) und komplette Durchtrennung FPL (Pinzette). FDP: Sehne M. flexor digitorum profundus, FPL: Sehne M. pollicis longus.

existieren in der internationalen Literatur hierzu durchaus vereinzelt Bestrebungen [10, 11].

Die Entscheidung, ob eine Implantatentfernung anzustreben ist oder nicht, sollte also eine rein medizinische bleiben, die ausschließlich auf der individuellen Risiko-Nutzen-Abwägung für den Patienten fußt.

Die Anzahl der durchgeführten Materialentfernungen schwankt international stark und repräsentiert zwischen 5 und 15% aller operativen Eingriffe in unfallchirurgisch-orthopädischen Kliniken [4, 10, 12].

Die elektive Materialentfernung stellt einen klassischen Ausbildungseingriff für Weiterbildungsassistenten dar [6, 13, 14], ist jedoch aufgrund der möglichen Komplexität keineswegs ein Anfängereingriff. Nach Langkamer et al. [15] besteht eine erhebliche Lernkurve. Mit einer steigenden Anzahl an durchgeführ-

ten Eingriffen sinkt die Komplikationsrate [15]. Die chirurgische Präparation ist, bedingt durch die Narbenbildung, mitunter anspruchsvoller als bei der Primärosteosynthese [6]. Von mehreren Autoren wird daher grundsätzlich die Materialentfernung nur bei symptomatischen Patienten empfohlen [4, 5]. Bereits bei der Osteosynthese sollte eine mögliche Materialentfernung bedacht werden.

Indikationen und Kontraindikationen zur Implantatentfernung (Tab. 1 und 5)

Grundvoraussetzung für eine Entscheidung zur elektiven Materialentfernung (ME) ist i.d.R. die knöcherne Konsolidierung. Hierbei gibt es unterschiedliche Indikationsgruppen. Eine absolute Indikation zur Materialentfernung besteht bei einem störenden Implantat, z.B. an der Klavikula (**Abb. 1**) oder am oberen Sprunggelenk (OSG). Drohende oder bereits vorhandene implantatbedingte Sehenschäden, z. B. am distalen Radius, stellen ebenso eine absolute Indikation

dar [16] (**Abb. 2–4**). Bei Kindern werden aufgrund des wachsenden Skeletts Implantate ebenfalls regelhaft entfernt, vor allem dann, wenn sie Epiphysenfugen überschreiten. Beim Erwachsenen sollte Material, das ein bestehendes Gelenk überbrückt, wieder entfernt werden, bevor es bricht oder anderweitig durch Auslockerung Probleme macht. Dies betrifft alle temporären Arthrodesen z.B. an der Hand- und Fußwurzel oder am distalen Radiolunargelenk. In diese Gruppe zählen auch sämtliche gelenküberbrückenden Implantate des Beckenrings. Namentlich sind dies die Symphysenplatte, die iliosakralen Schrauben, der TIFI (transiliakaler Fixateur interne), die lumbopelvine Abstützung und die ventrale iliosakrale Plattenosteosynthese. Die Entfernung der Letzteren weist allerdings eine nicht unerhebliche Zugangsmorbidität auf, da das 1. Fenster nach Letournel und Judet unter Ablösen des M. iliacus von der Beckenschaufel wieder eröffnet werden muss. Auch der dorsale Fixateur interne der BWS und

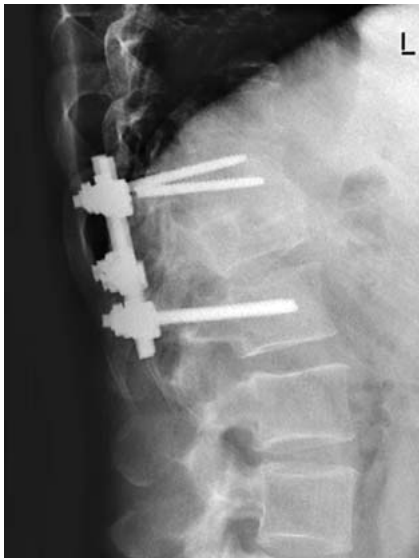


Abb. 5 Bruch einer Pedikelschraube durch Biegebeanspruchung bei dorsalem Fixateur interne.

LWS gehört zu dieser Gruppe (**Abb. 5**). Es gibt allerdings durchaus Autoren, die eine Belassung der Stellschraube am oberen Sprunggelenk vertreten und deren Bruch in Kauf nehmen [17–19].

In der Notfallsituation sind eine durch das Implantat unterhaltene Wundinfektion und die Infektpseudarthrose absolute Indikationen zur Entfernung des Materials. Auch eine nicht infizierte Pseudarthrose zwingt nicht selten zum Verfahrenswechsel und damit zur Metallentfernung des initialen Implantats.

Eine relative Indikation für die Implantatentfernung besteht bei intramedullären Osteosyntheseverfahren der langen Röhrenknochen. Die dauerhafte, implantatbedingte Reduktion der mechanischen Belastung des Knochens kann langfristig zu einer lokalen Osteopenie und zu einer dauerhaften Störung der Knochenbiologie führen. Die Konsequenz können Jahre später auftretende, unangenehme periimplantäre Frakturen sein, die kaum beherrschbar sind. Dies betrifft alle antegrad eingebrachten Marknägel des Oberschenkels mit und ohne Schenkelhalskomponente (z. B. PFN, AFN, R-AFN), alle retrograd über das Knie implantierte Oberschenkelnägel (z. B. DFN, R-AFN), sämtliche Marknägel der Tibia (z. B. Expert Tibia) sowie antegrad oder retrograd eingebrachte Marknägel des Humerus (z. B. UHN, Multiloc Humerus). Die Indikation zu deren Entfernung kann trotz ihres relativen Charakters regelhaft gestellt werden, sofern vonseiten des Allgemeinzustands des Patienten keine

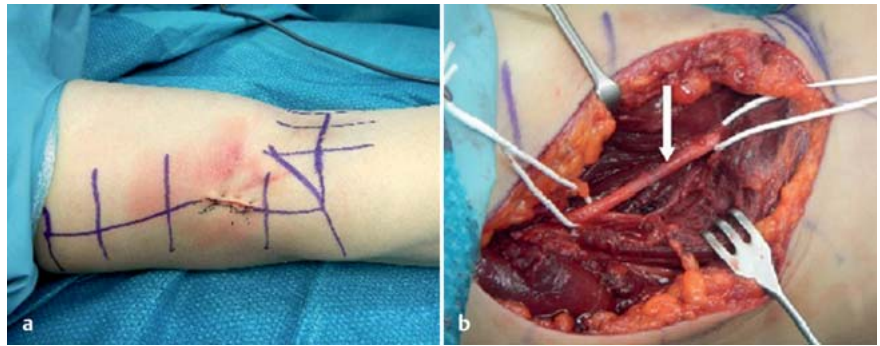


Abb. 6 a und b Sichtbare Radialisläsion (Axonotmesis) nach Entfernung eines antegrad eingebrachten langen Oberarmnagels: **a** nach ME, **b** operative Nervenrevision.

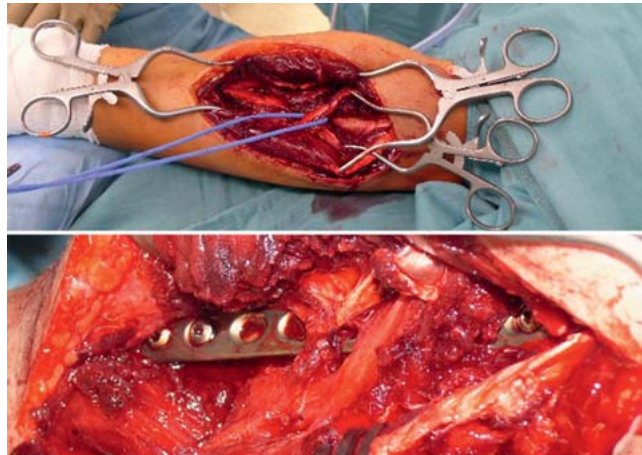


Abb. 7 Osteosynthese einer proximalen Radiuschaftfraktur. Verlauf des tiefen Radialisastes über der Platte.

starken Argumente dagegen sprechen. Vorsichtiger ist aus dieser Gruppe lediglich die Indikation zur Entfernung eines antegrad eingebrachten langen Nagels am Oberarm zu stellen. Wurden hier die distalen Verriegelungsbolzen von lateral eingebracht, liegt der N. radialis genau im Zugangsgebiet und muss über einen ausreichend großen Zugang vor deren Entfernung dargestellt und zur Seite gehalten werden (**Abb. 6**). Wurden die distalen Verriegelungsbolzen hingegen von ventral eingebracht, so besteht ein nicht unerhebliches Risiko für den N. musculocutaneus bzw. seinen sensiblen Endast. Auch eine Verletzung der A. brachialis oder des N. medianus kann nur durch eine sorgfältige Präparation über einen ausreichend großen ventralen Zugang sicher vermieden werden.

Bei folgenden Patienten sollte eine Marknagelentfernung sehr kritisch abgewogen werden: Patienten älter als 60 Jahre oder mit Diabetes mellitus (2-fach erhöhtes Komplikationsrisiko), Patienten mit KHK (3-fach erhöhtes Komplikationsrisiko) [20].

Aufgrund der hohen Zugangsmorbidität wird die Materialentfernung an der ventralen BWS und LWS sowie an der gesamten HWS (ventral und dorsal) als Kontraindikation angesehen. Ähnliches gilt für Implantate, die zur Rekonstruktion einer Azetabulumfraktur eingesetzt wurden und die kein natürliches Gelenk des Beckenrings überbrücken. Dies gilt umso mehr, wenn diese Implantate ventralseitig über einen ausgedehnten ilioinguinalen Zugang oder einen Pararectuszugang implantiert wurden. Eine relative Kontraindikation zur Materialentfernung besteht v. a. dann, wenn die Zugangsmorbidität für den Eingriff zwar im Rahmen bleibt, aber ein erhebliches Risiko für die Verletzung von Leitungsstrukturen mit schwerwiegenden Folgen besteht. Dies betrifft v. a. die dorsale Plattenosteosynthese des Oberarmschafts und die Plattenosteosynthese am proximalen Teil des Radiuschafts (vgl. **Abb. 7** und **8**). In beiden Fällen droht ein motorischer Ausfall des N. radialis, also eine Fallhand. Im Falle der N.-radialis-Verletzung am Oberarm kommt es zusätzlich zu einer Abschwächung der Unterarmbeugung durch den Ausfall des M. brachioradialis, zu einer Abschwächung



Abb. 8a bis f Fünf Wochen nach Osteosynthese (a), 15 Monate nach Osteosynthese Plattenrandfraktur (b/c), 5 Wochen nach Reosteosynthese (d), Refrakturen 1 Monat nach ME und 39 Monate nach Primärosteosynthese (e), erneute Reosteosynthese mit zusätzlichem Beckenkammspan und Spongiosa (f).

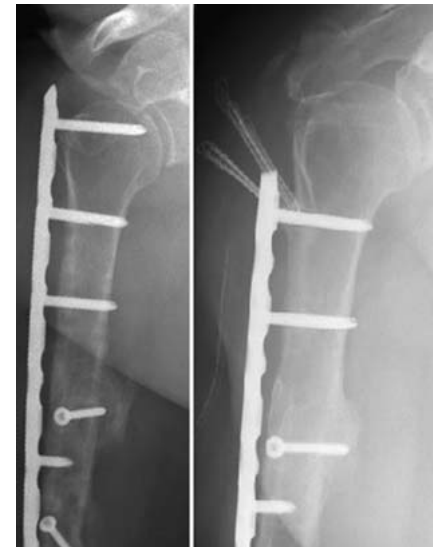


Abb. 9a und b Teilentfernung des Implantats durch proximale Kürzung bei Impingement-Symptomatik durch Plattenosteosynthese am Humerus (a präoperativ, b postoperativ).

Tab. 2 Refrakturrate nach Materialentfernung.

Art der Versorgung	Komplikationsrate	Literaturquelle
Osteosynthetische Versorgung	1,5%	Gras et al. (2013) [32]
Plattenosteosynthese Unterarm	0–21%	Beaupre et al. (1996) [21]
Plattenosteosynthese Unterarm	19%	Deluca et al. (1988) [33]
Plattenosteosynthese Unterarm	30%	Hidaka et al. (1984) [34]
Plattenosteosynthese Unterarm	1,5–10%	Langkamer et al. (1990) [15]
Osteosynthese Femur (Nagel)	0%	Bostman et al. (1990) [22] Davison et al. (2003) [35]
Plattenosteosynthese Femur	10–27%	Bostman et al. (1990) [22] Davison et al. (2003) [35]
Plattenosteosynthese	12%	Becker et al. (2012) [36]

der Supination des Unterarms durch den Ausfall des M. supinator und zu einem Verlust der Hautsensibilität am radialseitigen Unterarm und Handrücken. Nicht ganz so kritisch, aber ähnlich aufwendig zu präparieren, ist die Entfernung der ulnaren Säulenplatte nach distaler Humerusfraktur. Hier überkreuzt der N. ulnaris regelhaft die Platte im distalen Anteil von proximal/ventral nach distal/dorsal. Nimmt der Nerv Schaden, fallen die ulnarseitigen Beuger am Unterarm und große Teile der Handinnenmuskulatur aus mit der Folge einer Krallenhand. Zusätzlich tritt ein Sensibilitätsverlust am Kleinfinger, am ulnarseitigen Ringfinger und am ulnarseitigen Handrücken auf. Ein probates Mittel zum Risikomanagement stellt dann die partielle Implantatentfernung dar: am distalen Oberarm le-

diglich Entfernung der radialen Säulenplatte, Am proximalen Unterarmschaft lediglich die Entfernung der nur mit einem dünnem Weichteilmantel bedeckten Platte am Ulnaschaft. Ist der Operateur dennoch gezwungen, das Material in solchen Bereichen zu entfernen, benötigt er unbedingt die Information aus dem OP-Bericht für die Osteosynthese, wo und in welcher Richtung der Nerv das Implantat kreuzt.

Eine relative Kontraindikation besteht außerdem dann, wenn eine Refrakturen nach Materialentfernung droht. Dieses Problem ist nahezu ausschließlich assoziiert mit Plattenosteosynthesen. Prädisloktionsstellen sind der Unterarmschaft [21], die Klavikula und das distale Femur [8]. Ausgangspunkt kann hier das Bohr-

loch einer interfragmentären Zugschraube sein [21,22]. Vorbestehende Einflussfaktoren können dieses Risiko weiter erhöhen: Neben der sehr häufigen Osteoporose ist hier der sekundäre Hyperparathyreoidismus bei Patienten mit schwerer Niereninsuffizienz und bei Dialysepatienten zu nennen. Seltene andere systemische Veränderungen der Knochenfeinstruktur sind die fibröse Dysplasie und die Osteogenesis imperfecta [6].

Risiken

Implantatentfernungen sind keine einfachen, risikoarmen Eingriffe. Für die Entfernung von Plattenosteosynthesen am Unterarm (vgl. **Tab. 2**) z. B. ergab eine Metaanalyse von 635 Fällen [23] eine Gesamtkomplikationsrate von 12–40%, darunter zwischen 5 und 12% Wundinfektionen und zwischen 2 und 29% periphere Nervenläsionen (zumeist glücklicherweise nur Schädigungen des rein sensiblen Ramus superficialis nervi radialis). Bei anderen Autoren stellt für diese Lokalisation die Refrakturen das Hauptproblem dar, das in bis zu 21% auftritt [21]. Um diesem Problem zu begegnen, existieren unterschiedliche Empfehlungen: Yao et al. entfernen die Implantate nicht vor 18 Monaten [24]. Einige Autoren sehen erst nach Ablauf von 24 Monaten ein verträgliches Risiko zur Entfernung einer Plattenosteosynthese am Unterarm [25]. Huber-Lang et al. schlagen ein zweizeitiges Vorgehen am Unterarm vor [26] (vgl. auch **Abb. 9**).

Während die Refraktur ein Problem der entfernten Plattenosteosynthese darstellt, ist das ausgeprägte Wundhämatom ein Problem der entfernten Marknagelosteosynthese und kann am Oberschenkel in bis zu 11 % der Fälle auftreten [5]. Hierbei entsteht im Markraum eine großflächige Knochenwunde, die einer chirurgischen Blutstillung nicht zugänglich ist. Der dortige Blutaustritt muss der spontanen Gerinnung überlassen werden. Eine Drainageeinlage in den Knochen darf nicht erfolgen, da dadurch extrem große Volumenverluste resultieren können. Das Bild ist in der Literatur allerdings uneinheitlich: Hora et al. [20] konnten in ihrer großen Serie über die Marknagelentfernungen keine vermehrte Hämatomrate beobachten.

Die Angaben über Wundinfektionen nach Materialentfernungen in der Literatur sind spärlich und heterogen. Unabhängig von der Lokalisation treten Infektionen nach Materialentfernungen dann gehäuft auf, wenn die Fraktur initial offen war oder wenn die postoperative Phase nach Osteosynthese durch eine Wundinfektion kompliziert wurde (vgl. **Tab. 3**) [4,5,13]. Nach primär offener Fraktur wurde nach Materialentfernung über Infektionsraten von bis zu 43% berichtet [13,27,28]. Besonders anfällig hierfür scheint die Materialentfernung am Fersenbein zu sein [28]. Aber auch für die Implantatentfernung von Marknägeln sind mit 14% an der unteren Extremität und mit 18% an der oberen Extremität erhebliche Zahlen von Wundheilungsstörungen und -infektionen beschrieben worden [20].

Die Verletzung von Leitungsstrukturen im Rahmen von Implantatentfernungen gehört zu den schwersten intraoperativen Komplikationen. Dabei ist die Gefäßverletzung zwar spektakulärer, aber besser zu behandeln und weniger folgenreich für den Patienten. Die peripheren Nerven (vgl. **Tab. 4**) stellen das größere Problem dar. Während im Rahmen des Ersteingriffs zur Osteosynthese Nerven gut erkannt, mobilisiert und geschont werden können, ist dies bei der Materialentfernung nicht mehr so ohne Weiteres der Fall. Natürliche Verschiebeschichten fehlen. Narbenbildung erfordert scharfe Präparation, wo initial stumpfe Präparation möglich war. Und: Nerven sind weiß – Narbenwebe ist es auch. Hinzu kommt, dass eine fachgerechte Gefäßnaht regelhaft eine Restitutio ad Integrum darstellt, eine fachgerechte mikrochirurgische Nervenkohaptation hingegen, trotz

Tab. 3 Infektionsrate nach Materialentfernung (ME).

Art der Versorgung	Komplikationsrate	Literaturquelle
ME Marknagel Ober- und Unterschenkel	13,7%	Hora et al. (2008) [20]
ME Marknagel Oberarm	18%	Hora et al. (2008) [20]
ME Plattenosteosynthese (ohne spezielle Lokalisation)	2–29%	Evers et al. (2006) [23]
ME Sprunggelenk	14,8%	Sanderson et al. (1992) [13]
ME Kalkaneus	16,3%	Backes et al. (2013) [28]
ME Marknagel Femur	11%	Gosling et al. (2004) [5]

Tab. 4 Rate Nervenverletzung nach Metallentfernung (ME).

Art der Versorgung	Komplikationsrate	Literaturquelle
ME Plattenosteosynthese (ohne spezielle Lokalisation)	2–29%	Evers et al. (2006) [23]
ME Unterarm	12%	Sanderson et al. (1992) [13], Evers et al. [23]
ME Osteosynthesematerial	1–2%	Wirth et al. (2013) [37]
ME proximaler Radius/Radiusschaft	bis 30%	Langkammer et al. (1990) [15]

bester Technik, meistens eine Defizitheilung hinterlässt. Dabei ist die Nervenregeneration langwierig und hängt von vielen Faktoren ab, die der Operateur nicht beeinflussen kann. Die wesentlichen davon sind: Lebensalter, Nikotinabusus, regelmäßiger Alkoholgenuß, Stoffwechselerkrankungen (v.a. Diabetes mellitus) und die Distanz von der Nervenläsion bis zum Erfolgsorgan. Besonders kritisch müssen deswegen Implantatentfernungen in der Nähe von Stammnerven gesehen werden, die Muskeln motorisch innervieren und welche die unverzichtbare Hautsensibilität an der Fußsohle und in der Hohlhand vermitteln.

Zeitpunkt (vgl. **Tab. 5**)

Wann eine operativ stabilisierte Situation am Bewegungsapparat „reif“ für die Materialentfernung ist, hängt von mehreren Faktoren ab und soll nachfolgend, in Gruppen unterteilt, stichpunktartig abgehandelt werden. Betrachtet man isoliert die Refrakturrate, nimmt diese ab, je länger das Implantat belassen wird [12,21].

In der Gruppe der temporären Arthrodesen verbleiben gelenkblockierende Drähte an den Fingergelenken zwischen 2 und 4 Wochen, an der Handwurzel nach Bandrekonstruktionen, nach kar-

pometakarpaler Transfixation oder nach Blockade eines rekonstruierten DRUG (DRUG: distales Radioulnargelenk) 6–8 Wochen. Transfixierende Drähte der Zehen nach Luxationen oder Resektionsarthroplastiken werden ebenso wie Stellschrauben am OSG i. d. R. nach 6 Wochen vor der Aufbelastung entfernt. Transfixierende Drähte oder Platten im Bereich des Lisfranc-Gelenks oder des Rückfußes bleiben mitunter bis zu 3 Monate. Materialbrüche oder Auslockerungen werden hier in Kauf genommen. Eine vorausschauende Platzierung des Materials ist dabei entscheidend, um eine vollständige Entfernung mit vertretbarem Aufwand und Risiko zu ermöglichen. Am AC-Gelenk verbleiben Zuggurtungen 6–8 Wochen, Hakenplatten 3–4 Monate. Am Beckenring werden gelenküberbrückende Implantate ebenso wie dorsale Fixateure an der BWS und LWS für 9–12 Monate belassen.

An den langen Röhrenknochen spielen viele Einflussfaktoren wie Frakturlokalisierung, Frakturmorphologie und biomechanische Eigenschaften von Fraktur und Osteosynthese eine Rolle. Grundsätzlich gilt: Je mehr spongiöser Knochen vorhanden ist und je besser die Durchblutung des Knochens ist, desto schneller tritt die Frakturheilung ein und umso schneller kann der Knochen die von ihm erwartete Belastung wieder

Tab. 5 Empfehlungen zur Zeitpunkt der Materialentfernung (in Anlehnung an [37, 38]).

Lokalisation	Art der Osteosynthese	Entfernungszeitpunkt in Monaten	Anmerkungen
HWS ventral/dorsal	Schauben-/Plattensysteme		keine Indikation [39, 40]
BWS/LWS dorsal	Schrauben-/Stabsysteme	9–12	ohne Fusionsbehandlung [39], hinsichtlich Verlauf bei Belassen, abgesehen von gelegentlichen Schraubenbrüchen, kein Unterschied [41]
BWS/LWS ventral	Schrauben-/Stabsysteme		hohes Risiko der Zugangsmorbidität [40], keine Indikation
Becken	Rekonstruktionsplatten winkelstabil	9–12	grundsätzlich als monoosär zu bezeichnen, daher nur Empfehlung für symphysenfugenüberschreitende Implantate (9–12 Monate), keine Empfehlung für ME im Inneren des Beckens bei hoher Zugangsmorbidität [40, 42], im pädiatrischen Bereich Empfehlung zur Entfernung für mögliche sekundäre Rekonstruktionseingriffe [40, 43]
Klavikula	Plattenosteosynthese, ESIN/TEN	6	
AC-Gelenk	Zuggurtung Hakenplatte	1,5–2 3–4	
Oberarm proximal	Plattenosteosynthese winkelstabil	9–12	ME nur bei Impingement oder jungem Patienten indiziert [31], ggf. Kürzung des Implantats erwägen
Oberarm Schaftbereich	Plattenosteosynthese	18	hohe Gefahr der Schädigung des N. radialis, daher Empfehlung zu keiner ME [44]
Oberarm distal	Plattenosteosynthese	12	
Olekranon	Zuggurtung	9	
Unterarm	Plattenosteosynthese	18–24	hohe Refrakturrate, insbesondere bei ME vor 18. Monat, daher zurückhaltende Empfehlung nach Abschluss des 24. Monats [24, 25], ggf. zweizeitiges Vorgehen erwägen [31]
distaler Radius (dorsal und palmar)	Plattenosteosynthese winkelstabil	12	Zugangsrisiko N. medianus palmar, dorsal ggf. ME bei potenzieller Sehnenirritation nach 6 Monaten erwägen, ebenfalls Irritationen des M. flexor pollicis longus sowie des M. pronator quadratus bei Belassen möglich [31]
Hand	Plattensysteme transfixierende Drähte Schraubensysteme	6–9 1,5–3	Strecksehnenirritation meist Belassen möglich, z. B. am Skaphoid bei kopflosen Schrauben
proximales/koxales Femur	DHS, PFN	12–18	nur beim jungen Patienten wegen möglicher Sekundäreingriffe indiziert [40, 43], keine Empfehlung bei älteren Patienten [20, 38, 39]
Femur Schaftbereich	Plattenosteosynthese Marknagel	12–24 12–18	diaphysäre Querfraktur mit länger andauernder Heilung als Schrägfraktur
Femur distal	Zuggurtung, winkelstabile Systeme	12	
Tibiakopf	Plattenosteosynthese winkelstabil	12–18	Gefahr der Verletzung des N. peroneus communis
Unterschenkel Schaftbereich	Marknagel Plattenosteosynthese	18–24	
Pilon tibiale	Plattenosteosynthese winkelstabil	12	
Sprunggelenk	Zuggurtung Drittelrohrplatte Stellschraube	6–12 1,5	Verletzung N. peroneus superficialis möglich [44, 45] auch Belassen und Inkaufnahme von Bruch, insbes. im angloamerikanischen Raum beschrieben [17–19]
Talus	kanülierte Kleinfragmentschrauben	12–18	
Kalkaneus	Rekonstruktionsplatte winkelstabil	10–12	klare Empfehlung bei Weichteilirritation und Impingement

AC-Gelenk: Akromioklavikulargelenk; ESIN: elastisch-stabile intramedulläre Nagelung; TEN: Titanium Elastic Nail, DHS: dynamische Hüftschraube, PFN: proximaler Femurnagel

selbst vollständig aufnehmen. Dabei spielt auch eine Rolle, wie viel Energie beim Trauma eingewirkt hat. Ist es bei einem Hochenergetrauma zur Denudierung tragender Knochenteile und ganzer Fragmente gekommen, wird die solide Konsolidierung mehr Zeit in Anspruch nehmen. Allgemein gelten folgende Regeln: Gelenknahe metaphysäre Frakturen heilen schneller als diaphysäre Frakturen, Schrägfrakturen der Diaphyse heilen schneller als Querfrakturen der Diaphyse.

Bei den metaphysären Frakturen der großen Röhrenknochen sind 6–12 Monate für die plattenosteosynthetische Versorgung des proximalen Oberarms und des distalen Radius anzusetzen. Plattenosteosynthetisch versorgten distalen Oberarmverletzungen und proximalen Ellenverletzungen sollte 1 Jahr Zeit gegeben werden. Die platten- oder schraubenosteosynthetisch stabilisierte Radiusköpfchenfraktur benötigt, ebenso wie die Zuggurtung am Olekranon, weniger Zeit und kann, ausschließlich im Falle der erheblichen Materialirritation, nach 6–9 Monaten entfernt werden. Metaphysäre Verletzungen am proximalen und distalen Oberschenkel brauchen regelhaft 12–18 Monate Zeit für eine ausreichende knöcherne Konsolidierung. Tibiakopfrakturen und metaphysäre Verletzungen am distalen Unterschenkel sind i.d.R. nach 1 Jahr durchbaut.

Diaphysäre Verletzungen der langen Röhrenknochen brauchen lange, um vollständig knöchern zu konsolidieren. Am Oberarm kann eine mit Nagel versorgte Schrägfraktur in 1 Jahr ausheilen, eine Querfraktur wird mindestens 18 Monate benötigen. Wurde initial eine Plattenosteosynthese durchgeführt, sollte keine Implantatentfernung angestrebt werden, um den N. radialis nicht unnötig zu gefährden. Handelt es sich um eine lange, lateral angelegte Platte (z.B. lange Philos-Platte), die in ihrem distalen Bereich vom N. radialis von dorsal/proximal nach ventral/distal überkreuzt wird und die proximal bis zum Tuberculum majus reicht, kann diese bei guter Schulterbeweglichkeit zu einer Impingement-Symptomatik führen. In diesem Fall kann die zweckmäßige, aber wenig elegante Teilentfernung des Implantats durch proximale Kürzung erwogen werden (siehe **Abb. 9**).

Diaphysäre Verletzungen des Oberschenkels werden hauptsächlich durch Marknägel versorgt. In diesem Fall be-



Abb. 10 a bis c Konische Extraktionsschrauben mit Linksgewinde (a), konische Extraktionsbolzen mit Linksgewinde (b), Hohlfräsen (c).

trägt die Konsolidierungszeit mindestens 18 Monate für Schrägfrakturen sowie 2 Jahre und mehr für Querfrakturen. Eine zeitgerechte Dynamisierung kann hierbei die Ausheilung positiv beeinflussen. Kommt bei einer 2-Etagen-Verletzung mit zusätzlicher Fraktur im Kondylenbereich eine lange winkelstabile Platte zum Einsatz, können die Konsolidierungszeiten für die Fraktur im Schaftbereich noch länger werden. Bei älteren Menschen sollte dann schon allein wegen der Refrakturgefahr eine Implantatentfernung unterbleiben.

Beim mit Nagel versorgten Unterschenkel kann eine diaphysäre Schrägfraktur der Tibia in 12 Monaten und eine Querfraktur in 18 Monaten ausheilen. Liegt die Fraktur proximal oder distal am dia-/metaphysären Übergang, ist sie eher mit einer eingeschobenen winkelstabilen Platte versorgt worden. Die Zeitdauer bis zur vollständigen knöchernen Konsolidierung liegt dann ebenfalls zwischen 12 und 18 Monaten.

Bei Schaftfrakturen des Schlüsselbeins kann eine Plattenosteosynthese meist nach 1 Jahr entfernt werden. Ein intramedullärer Kraftträger (ESIN, TEN) häufig schon nach einem halben Jahr. Derselbe Zeitraum ist für eine Osteosynthese der lateralen Klavikula zu veranschlagen.

Die häufigste Fraktur der Handwurzel ist die Skaphoidfraktur. Die dafür verwendeten Schrauben sind kopflose, vollständig im Knochen versenkte Doppelgewindeschrauben. Diese Implantate werden regelhaft belassen. Plattenosteosynthesen der Mittelhandknochen und Phalan-

gen irritieren häufig die Strecksehnen und führen zu einer Bewegungseinschränkung. Sie werden deshalb nach 6–9 Monaten entfernt. Wurden in diesem Bereich Kirschner-Drähte verwendet, erfolgt deren Entfernung bereits nach 6–12 Wochen.

An den Würfelkochen des Rückfußes, namentlich Fersenbein und Sprungbein, wird das Material i.d.R. ebenfalls 1 Jahr belassen, Gleiches gilt für Plattenosteosynthesen der Mittelfußknochen. Sind Mittelfußknochen über axiale Kirschner-Drähte aufgefädelt, müssen diese Drähte nach spätestens 8 Wochen entfernt werden. Sie sind i.d.R. von distal eingebracht und blockieren die Zehengrundgelenke in einer Extensionsstellung.

Vorbereitung

Eine gute Materialentfernung beginnt mit der sorgfältigen Vorbereitung des Operateurs. Nützliche Informationen über das verwendete Material, den Schraubenantrieb (Inbus, Torx, Kreuzschlitz, Vielzahn), Besonderheiten bei der Osteosynthese oder den Verlauf von Leitungsstrukturen im Verhältnis zum Osteosynthesematerial bietet der OP-Bericht des Voroperateurs. Eine aktuelle, aussagekräftige Bildgebung zeigt nicht nur eine ausreichende Knochenheilung, sondern gibt auch Hinweise auf mögliche Probleme während der Implantatentfernung: Sie zeigt Überknöcherungen des Plattenlagers oder des Nageleintrittspunkts ebenso wie gebrochene Schrauben oder Verriegelungsbolzen. Mit diesen Informationen ausgestattet, kann die OP-Aufklärung des Patienten indivi-

dualisiert durchgeführt werden. Hierbei können mögliche Schwierigkeiten gezielt angesprochen werden. Der Patient kann dann nach der ärztlichen Beratung z. B. selbst entscheiden, ob er die Schäfte abgebrochener Schrauben durch Überbohren entfernt haben möchte oder nicht. Im Rahmen dieses Gesprächs sollte auch auf die mögliche Verletzung von Leitungsstrukturen hingewiesen werden, und zwar insbesondere dann, wenn das Implantat in einer „heiklen“ Region liegt. Dazu gehört auch, dass der Patient von den zu erwartenden Funktionseinschränkungen bereits zu diesem Zeitpunkt erfährt, sollte dieser Fall wider Erwarten eintreten. Nicht zu vernachlässigen ist außerdem die Besprechung allgemeiner Risiken wie Hämatome, Wundheilungsstörungen und Infektionen. Konkrete Handlungsanweisungen für die Zeit nach der Materialentfernung wie z. B. die Vermeidung von Sportarten mit hohem Sturzrisiko sowie von Spiel- oder Kontaktsportarten für einen bestimmten Zeitraum können helfen, Refrakturen zu vermeiden und sollten ebenfalls bereits im Rahmen der Aufklärung erstmals ausgesprochen werden.

Am OP-Tag selbst muss sichergestellt sein, dass das richtige Instrumentarium vollständig und steril vorhanden ist. Dies bezieht sich nicht nur auf die notwendigen Instrumente bei normalem Verlauf des Eingriffs. Auch sämtliche Zusatzinstrumente wie Carbidbohrer zum Ausbohren kaltverschießter Schraubenköpfe, Hohlbohrer zum Überbohren von Schraubenschäften, passende männliche Linksgewindekonen (konische Extraktionsschrauben) zum Ausdrehen von Schrauben mit abgenutztem Antrieb (**Abb. 10 a**) und passende weibliche Linksgewindekonen (konische Extraktionsbolzen) zum Ausdrehen abgebrochener, überbohrter Schraubenschäfte müssen bei Bedarf steril verfügbar sein (**Abb. 10 b**) [29].

Fazit

Die Materialentfernung unfallchirurgisch-orthopädischer Implantate ist ein vielschichtiges Thema mit vielen Facetten. Die Ergebnisqualität dieser mitunter komplexen Eingriffe hängt von mehreren Faktoren ab. Zuallererst ist eine am Einzelfall orientierte, sorgfältig abwägende Indikationsstellung sinnvoll. Hierbei hilft die Einteilung dieser Eingriffe in absolute und relative Indikationen sowie in absolute und relative Kontraindikationen.

Eine gute Vorbereitung auf die Operation beinhaltet die Sichtung des OP-Berichts der zugrunde liegenden Osteosynthese und die Interpretation des aktuellen Bildmaterials. Die Patientenaufklärung sollte individualisiert unter Abwägung der Chancen und Risiken erfolgen. Am OP-Tag muss geeignetes Instrumentarium steril vorhanden sein. Und es muss bei Bedarf die Möglichkeit einer Erweiterung bestehen.

Für die jeweilige Implantatart und -lokalisierung sollten profunde Kenntnisse der typischen intra- und postoperativen Komplikationsmöglichkeiten bestehen, um diese während des Eingriffs möglichst gezielt umschiffen zu können. Das OP-Team besteht idealerweise aus einem Weiterbildungsassistenten, der von einem erfahrenen Facharzt und einer routinierten OP-Pflegekraft unterstützt wird.

Literatur

- 1 French HG, Cook SD, Haddad RJ. Correlation of tissue reaction to corrosion in osteosynthetic devices. *J Biomed Mater Res* 1984; 18: 817–828
- 2 Duchna HW, Nowack U, Merget R et al. [Prospective study of the significance of contact sensitization caused by metal implants]. *Zentralbl Chir* 1998; 123: 1271–1276
- 3 Ward JJ, Thornbury DD, Lemons JE et al. Metal-induced sarcoma. A case report and literature review. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 252: 299–306
- 4 Brown RM, Wheelwright EF, Chalmers J. Removal of metal implants after fracture surgery – indications and complications. *J R Coll Surg Edinb* 1993; 38: 96–100
- 5 Gosling T, Hufner T, Hankemeier S et al. Femoral nail removal should be restricted in asymptomatic patients. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 423: 222–226
- 6 Gosling T, Hufner T, Hankemeier S et al. Femoral nail removal should be restricted in asymptomatic patients. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 423: 222–226
- 7 Kovar FM, Strasser E, Jaendl M et al. Complications following implant removal in patients with proximal femur fractures – an observational study over 16 years. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015 Nov; 101: 785–789
- 8 Ochs BG, Gonse CE, Baron HC. Refrakturen nach Entfernung von Osteosynthesematerialien. Eine vermeidbare Komplikation? *Unfallchirurg* 2012; 115: 323–329
- 9 Pressemitteilung Bundesministerium für Gesundheit, 12.03.2012; im Internet: http://www.bmg.bund.de/fileadmin/dateien/Pressemittelungen/2012/2012_01/120307_Anlage_2_zur_PM_KV_45.pdf; Stand: 30.01.2016
- 10 Bostman O, Pihlajamaki H. Routine implant removal after fracture surgery: a potentially reducible consumer of hospital resources in trauma units. *J Trauma* 1996; 41: 846–849
- 11 Vos DI, Verhofstad MH, Hanson B. Clinical outcome of implant removal after fracture healing. Design of a prospective multicentre clinical cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2012; 13: 147

- 12 Moore RM. Orthopedic implant devices: prevalence and sociodemographic findings from the 1988 National Health Interview Survey. *J Appl Biomater* 1991; 2: 127–131
- 13 Sanderson PL, Ryan W, Turner PG. Complications of metalwork removal. *Injury* 1992; 23: 29–30
- 14 Keith-Kahle W. The case against routine metal removal. *J Pediatric Orthopaedics* 1994; 14: 229–237
- 15 Langkammer VG, Ackroyd CE. Removal of forearm plates. A review of the complications. *J Bone Joint Surg Br* 1990; 72: 601–604
- 16 Krettek C, Müller R, Meller M et al. Ist eine routinemäßige Implantatentfernung nach unfallchirurgischen Eingriffen sinnvoll? *Unfallchirurg* 2012; 115: 315–322
- 17 Weckbach S, Hahnhaussen J, Losacco JT et al. [Is the standard retention of syndesmotic positioning screws after ankle fracture fixation safe and feasible? A retrospective cohort study in 140 consecutive patients at a North American trauma center]. *Z Orthop Unfall* 2014; 152: 554–557
- 18 Needleman RL, Skrade DA, Stiehl JB. Effect of the syndesmotic screw on ankle motion. *Foot Ankle* 1989; 10: 17–24
- 19 Manjoo A, Sanders DW, Tieszer C et al. Functional and radiological results of patients with syndesmotic screw fixation: implications for screw removal. *J Orthop Trauma* 2010; 24: 2–6
- 20 Hora K, Vorderwinkler KP, Vécsei V et al. Entfernung von Verriegelungsnägeln an der oberen und unteren Extremität. Soll diese Operation generell empfohlen werden? *Unfallchirurg* 2008; 111: 599–606
- 21 Beaupre GS, Csongradi JJ. Refracture risk after plate removal in the forearm. *J Orthop Trauma* 1996; 10: 87–92
- 22 Bostman OM. Refracture after removal of a condylar plate from the distal third of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72: 1013–1018
- 23 Evers B. Indication, timing and complications of plate removal after forearm fractures: results of a metaanalysis including 635 cases. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 289
- 24 Yao CK, Lin KC, Tarrg YW et al. Removal of forearm plate leads to a high risk of refracture: decision regarding implant removal after fixation of the forearm and analysis of risk factors of refracture. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134: 1691–1697
- 25 Schmit-Neuerburg KP, Towfigh H, Letsch R. *Tscherne Unfallchirurgie: Teil 1: Ellenbogen, Unterarm*. Berlin, Heidelberg: Springer 2001: 214
- 26 Huber-Lang M, Bonnaire F, Friedl HP et al. Metallentfernung am Ober- und Unterarm – der spezielle klinische Fall. *OP-Journal* 1998; 14: 10–18
- 27 Müller M, Mückley T, Hofman GO. Kosten und Komplikationen der Materialentfernung. *Trauma Berufskrankh* 2007; 9 (Suppl. 3): S297–S301
- 28 Backes M, Schep NW, Luitse J et al. Indications for implant removal following intraarticular calcaneal fractures and subsequent complications. *Foot Ankle Int* 2013; 34: 1521–1525.
- 29 Höntzsch D, Stuby FM. Implantatentfernung von Platten und Schrauben. *Unfallchirurg* 2012; 115: 291–298
- 30 Müller-Färber J, Stürmer M, Bonnaire F et al. Leitlinien Unfallchirurgie – überarbeitete Leitlinie S1 Implantatentfernung. Im Internet: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-004L_S1_Implantatentfernung_2013-06.pdf; Stand: 05.06.2014

- ³¹ Breyer HG. Indikation zur Entfernung winkelstabiler Radiusplatten. Trauma Berufskrankh 2008; 10: 256–258
- ³² Gras F. Frakturen durch Metallentfernungen. Trauma Berufskrankh 2013; 15: 25–32
- ³³ Deluca PA, Lindsey RW, Ruwe PA. Refracture of bones of the forearm after the removal of compression plates. J Bone Joint Surg Am 1988; 70: 1372–1376
- ³⁴ Hidaka S, Gustilo RB. Refracture of bones of the forearm after plate removal. J Bone Joint Surg Am 1984; 66: 1241–1243
- ³⁵ Davison BL. Refracture following plate removal in supracondylar-intercondylar femur fractures. Orthopedics 2003; 26: 157–159
- ³⁶ Becker T, Weigl D, Mercado E et al. Fractures and refractures after femoral locking compression plate fixation in children and adolescents. J Pediatr Orthop 2012; 32: e40–46
- ³⁷ Wirth CJ, Mutschler W, Kohn D. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2013
- ³⁸ Ewerbeck V, Wentzensen A, Holz F, Krämer KL, Grützner PA. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2007
- ³⁹ Baron HC, Ochs BG, Stuby FM et al. Metallentfernung an der Wirbelsäule. Unfallchirurg 2012; 115: 339–342
- ⁴⁰ Schildhauer TA. Metallentfernungen: Zu oft Routine – zu wenig Indikation? Trauma Berufskrankh 2007; 9 (Suppl. 3): S292–S296
- ⁴¹ Chou PH, Ma HL, Liu CL et al. Is removal of the implants needed after fixation of burst fractures of the thoracolumbar and lumbar spine without fusion? A retrospective evaluation of radiological and functional outcomes. Bone Joint J 2016; 98-B: 109–116
- ⁴² Stuby FM, Gonser CE, Baron HC et al. Implantatentfernung nach Beckenringfraktur. Unfallchirurg 2012; 115: 330–338
- ⁴³ Green NE, Swiontkowski MF. Skeletal Trauma in Children. 3rd ed. Vol 3. Philadelphia: Saunders; 2003: 388–398
- ⁴⁴ Jauch K, Mutschler W, Hoffmann JN, Kanz KG. Chirurgie Basisweiterbildung: In 100 Schritten durch den Common Trunk. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012: 220
- ⁴⁵ Müller-Färber J. [Removal of metal in traumatology]. Unfallchirurg 2003; 106: 653–668

Markus Scharf
Assistenzarzt
Dr. med. Bernd Krieg
Oberarzt
Dr. med. Michael Dengler
Facharzt
Prof. Dr. med. Bernd Füchtmeier
Chefarzt der Klinik

Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie
und Sportmedizin
Krankenhaus Barmherzige Brüder
Regensburg
Prüfeninger Straße 86
93049 Regensburg

Markus.Scharf@barmherzige-
regensburg.de