

Unfallchirurg 2017 · 120:96–102
 DOI 10.1007/s00113-016-0299-5
 Online publiziert: 20. Januar 2017
 © Springer Medizin Verlag Berlin 2017

Redaktion

D. G. Höntzsch, Tübingen
 W. Mutschler, München



CrossMark

Alexander Joeris¹ · Sabine Goldhahn¹ · Elke Rometsch¹ · Dankward Höntzsch²

¹ AO Clinical Investigation and Documentation, AO Foundation, Dübendorf, Schweiz

² BG Kliniken Ludwigshafen und Tübingen, Tübingen, Deutschland

Titan oder Stahl als Osteosynthesematerial

Systematische Literaturrecherche über die klinische Evidenz

Lieber Titan oder eine Titanlegierung als Edelstahl (nachfolgend: Stahl) – das ist die derzeit in einigen Ländern vorherrschende Meinung, wenn es um die Auswahl des besseren Osteosynthesematerials geht. Es bleibt unklar, ob es messbare klinische Vor- oder Nachteile für das eine oder andere Metall gibt. Um die aktuelle klinische Evidenz zu überprüfen, wurde deshalb eine systematische Literaturrecherche durchgeführt.

Hintergrund

Die Frage nach dem besten Implantatmaterial zur Frakturstabilisierung ist seit dem Beginn der operativen Frakturversorgung aktuell. Während Korrosionsprobleme bei Stahlimplantaten mit verbesserten Legierungen fast vollständig behoben werden konnten, traten Allergien auf Nickel und Kobalt auch später noch auf. Toxische Bestandteile des Stahls wie Kobalt, Nickel, Chrom und Eisen führten in Zell- und Gewebekulturen zu negativen Effekten an verschiedenen Geweben [14]. Zudem gilt Titan als biologisch inert [9], einer der Hauptgründe für die Einführung von Titan als Implantatmaterial.

Implantate aus Stahl werden von einer dünnen fibrösen Kapsel überzogen, Titanimplantate aber direkt in das umgebende Gewebe integriert. Daher können

Stahlimplantate leichter entfernt werden und es kommt zu weniger Problemen als bei Titanimplantaten [9].

Da die mechanischen Eigenschaften beider Implantatmaterialien signifikant differieren, sind Auswirkungen auf die Frakturheilung theoretisch ebenfalls möglich [16].

Um zu untersuchen, ob es eine klinische Evidenz für den bevorzugten Einsatz von Titan- oder Stahlimplantaten zur Osteosynthese bei Frakturen der Extremitätenknochen gibt, wurde eine systematische Literatursuche durchgeführt, deren Fokus auf klinischen Studien lag, welche beide Implantatmaterialien (Stahl oder Titan) hinsichtlich möglicher Komplikationen und etwaiger Schwierigkeiten bei der Implantatentfernung verglichen haben.

Material und Methoden

Literaturrecherche

Die systematische Literaturrecherche erfolgte über die Internetsuchmaschinen PubMed, Cochrane und Web of Science (Thomson Reuters).

Ein- und Ausschlusskriterien

Artikel wurden eingeschlossen, wenn es sich:

- um Studien an erwachsenen Patienten handelte, mit Osteosynthese der Extremitätenknochen nach Trauma mit einem Implantat aus Stahl, Titan oder einer Titanlegierung und
- die Ergebnisse der Studien Aussagen enthielten zu Infektionsrate, Inzidenz

klinisch relevanter Allergien, Problemen bei der Implantatentfernung oder anderen Komplikationen, die möglicherweise auf das Implantatmaterial zurückzuführen sind sowie funktionellen Ergebnissen.

Studien, die neben verschiedenen Osteosynthesematerialien auch eindeutig unterschiedliche Osteosyntheseverfahren untersuchten, wurden ausgeschlossen. Ausgenommen von dieser Regel waren Studien, die sich mit dem Thema „Allergien“, „Materialsensibilisierung“ oder „generelle Komplikationen“ beschäftigten. Hier wurden auch verschiedene Osteosyntheseverfahren akzeptiert. Geringe Abweichungen im Implantatdesign, wie z. B. eine geringere Dicke bei Titanplatten, wurden ebenfalls akzeptiert und die betreffende Studie eingeschlossen. Reine klinische Fallberichte, die nicht wenigstens eine umfassende Literaturrecherche enthielten, wurden nicht berücksichtigt.

Suchstrategie und Auswahl

Die in PubMed durchgeführte Suche mit den Schlagwörtern „stainless steel“, „titan“ und „fracture fixation, intramedullary“ sowie „fracture fixation“ ergab 187 Ergebnisse (Oktober 2016). Folgende Suchbegriffe wurden ausgeschlossen: „veterinary“, „facial“, „mandibular“, „maxillofacial“ und „spine“. Die Suche innerhalb der Cochrane-Datenbank (Oktober 2016) führte zu 40 Ergebnissen. Verwendet wurden die Suchbegriffe: „steel AND fracture fixation“. Auch hier wurden die Begriffe „spine OR mandib* OR

Zu diesem Thema siehe auch die Artikel der Autoren Thomsen, Schmidmaier und Duda in diesem Themenheft.

craniomaxillär“ nicht in die Suche einbezogen. Die Datenrecherche in The Web of Science (Thomson Reuters) ergab 119 initiale Treffer. Dabei wurde die Suche innerhalb des Hauptthemas „steel osteosynthesis“ weiter verfeinert.

Nach Prüfung der Studien auf Grundlage der Ein- und Ausschlusskriterien wurden aus den initialen Suchergebnissen 18 Studien identifiziert, die den Einschlusskriterien entsprachen.

Zusätzlich zu diesen 18 Studien wurden basierend auf den Referenzlisten der eingeschlossenen Artikel 2 weitere Beiträge in diesen Review aufgenommen: ein Artikel von Agudelo et al. (2007), der von Weckbach et al. (2012) referenziert wurde sowie eine umfassende Arbeit von Hierholzer über die Charakterisierung von Allergien bzgl. des verwendeten Osteosynthesematerial, die 1992 als Buch im Thieme-Verlag erschienen ist.

Ergebnisse und Diskussion

Die klinische Evidenz, die aus Studien generiert werden kann, die Titan- und Stahlimplantate direkt vergleichen, ist gering. Die wichtigsten Aussagen der verwendeten Literatur sind in **Tab. 1** zusammengefasst.

Materialeigenschaften und Frakturheilung

Es gibt keine ausreichende klinische Evidenz, dass die Anwendung von Titan- oder Stahlimplantaten einen positiven oder negativen Einfluss auf die Frakturheilung hat. In einer 2010 veröffentlichten retrospektiven Kohortenstudie an Patienten mit distalen Femurfrakturen wurde nach Analyse der Röntgenbilder mithilfe spezieller Software beobachtet, dass bei der Untersuchungsgruppe mit Titanplatten die Kallusbildung nach 6, 12 und 24 Wochen ausgeprägter war als in der Gruppe mit Stahlplatten [15]. Zudem war die Kallusbildung nach 24 Wochen bei 49 % der mit Stahlplatten versorgten Patienten mangelhaft gegenüber 29 % in der Titangruppe. Die Autoren erklärten die vermehrte Kallusformation bei der Verwendung von Titanplatten durch die geringere Steifigkeit im Vergleich zu Stahlplatten.

In einer weiteren retrospektiven Kohortenstudie verglichen DeVries et al. [7] die Verwendung kanülierter Schrauben aus Titan und Edelstahl zur Fixierung von Jones-Frakturen des 5. Mittelfußknochens. Die Autoren fanden keine signifikanten Unterschiede bzgl. der Frakturheilungsrate und der Zeit bis zur Vollbelastung (97 % in der Titan- vs. 88 % in der Stahlgruppe).

Materialeigenschaften und mechanisches Versagen

Die systematische Suche identifizierte 4 Publikationen, in denen versucht wurde, den Einfluss der unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften verschiedener Osteosynthesematerialien mit vergleichbarem Design auf die Reposition bzw. auf das Risiko eines Repositionsverlusts hin zu untersuchen. In einer retrospektiven Studie zur Behandlung proximaler Oberarmfrakturen verwendeten Agudelo et al. [1] zwei Osteosyntheseplatten, die auf demselben biomechanischen Prinzip basierten, aber aus verschiedenen Materialien und leicht unterschiedlichem Design bestanden [1]. Es wurden keine Unterschiede bzgl. der Komplikationsrate gefunden: Repositionsverlust in der Patientengruppe mit Stahlimplantaten 13,8 % vs. Repositionsverlust in der Patientengruppe mit Titanimplantaten 13,3 %, mechanisches Versagen 12,1 % (Stahlplatte) vs. 13,3 % (Titanplatte).

In einer retrospektiven Kohortenstudie von Riemer et al. [17] über das Versagen unaufgebohrter Tibiannägel aus Stahl und Titan wurde 25 % mehr Implantatversagen bei den Stahlnägeln (signifikant) beobachtet als bei Nägeln aus Titan [17]. Es handelte sich um einen Nagel- sowie 3 Schraubenbrüche gegenüber nur einem Schraubenbruch bei den Titanimplantaten. Ein Grund für diesen Unterschied kann das unterschiedliche Design der Nägel und Schrauben und nicht nur das unterschiedliche Material gewesen sein.

In einer retrospektiven Studie verglichen Banovetz et al. [4] Pseudoarthrosen und mechanische Versagensraten bei mit Stahlplatten behandelten Frakturen gegenüber Frakturen, die mit Groß- oder Kleinfragmentplatten aus Titan versorgt

Hier steht eine Anzeige.



A. Joeris · S. Goldhahn · E. Rometsch · D. Höntzsch

Titan oder Stahl als Osteosynthesematerial. Systematische Literaturrecherche über die klinische Evidenz

Zusammenfassung

Hintergrund. Die Auswahl des geeigneten Implantatmaterials – Stahl oder Titan – ist derzeit weitestgehend Ermessenssache des behandelnden Chirurgen und/oder der Institution. Zudem gibt es erstaunliche und nicht erklärbare Unterschiede zwischen den internationalen Märkten.

Ziel der Arbeit. Um zu untersuchen, ob es eine klinische Evidenz für den bevorzugten Einsatz des einen oder anderen Materials gibt, wurden eine systematische Literaturrecherche und Auswertung der Literatur durchgeführt.

Material und Methoden. Die systematische Literaturrecherche erfolgte über die Internetsuchmaschinen PubMed, Cochrane und Web of Science. Vergleichende Studien an erwachsenen Patienten mit Osteosynthese der Extremitätenknochen nach Trauma mit

einem Implantat aus Stahl, Titan oder einer Titanlegierung wurden eingeschlossen, wenn sie auch Aussagen enthielten zu Infektionsrate, Inzidenz klinisch relevanter Allergien, Problemen bei der Implantatentfernung oder anderen Komplikationen.

Ergebnisse. Achtzehn Suchergebnisse erfüllten die Kriterien und wurden durch 2 referenzierte Artikel ergänzt. Zusammenfassend gibt es keine ausreichende klinische Evidenz, dass die Anwendung von Titan- oder Stahlimplantaten einen positiven oder negativen Einfluss auf die Frakturheilung hat, zu unterschiedlichen Infektions- und Allergieraten führt oder unterschiedliche mechanische Komplikationsraten aufweist. Probleme bei der Metallentfernung von Titanimplantaten werden mündlich berichtet

und beklagt, relevante Studien zu diesem Thema konnten nicht gefunden werden.

Diskussion. Die vorliegende systematische Literatursuche erbrachte keine klinische Evidenz für einen materialbedingten Vor- oder Nachteil von Titan- oder Stahlimplantaten zur Frakturbehandlung. Beide Materialien sind nach der zurzeit vorliegenden Evidenz als gleichwertig zu betrachten. Etwaige Probleme bei der Materialentfernung sind in der aktuellen Literatur nicht abgebildet.

Schlüsselwörter

Infektionsrate · Allergien · Implantatentfernung · Mechanische Komplikationsraten · Fraktur

Titanium or steel as osteosynthesis material. Systematic literature search for clinical evidence

Abstract

Background. The selection of the appropriate implant material, stainless steel or titanium, is still the decision of the surgeon and/or the affiliated institution. Additionally, remarkable international differences can be found between the different markets, which cannot really be explained.

Objective. A systematic literature search was performed to verify whether there is clinical evidence for the preference of one material over the other.

Material and methods. The systematic literature search was performed utilizing the internet databases PubMed, Cochrane and Web of Science. Comparative studies were included that reported on adult patients

with osteosynthesis of extremities after trauma using either stainless steel or titanium implants. Information was extracted about infection rates, incidence of clinically relevant allergies, problems with implant removal and other complications.

Results. A total of 18 publications were identified to be eligible and 2 referenced articles were added. In summary, there is insufficient clinical evidence that the use of titanium or steel implants has a positive or negative effect on fracture healing, shows different rates of allergies, different rates of infections or mechanical failure. No supporting evidence could be identified

for the difficulties with removal of titanium implants reported by surgeons.

Conclusion. This systematic literature search did not provide any clinical evidence for material-related differences between titanium or stainless steel implants for fracture fixation. Based on the current clinical evidence both titanium and steel implants can be considered to be of equal value. The reported difficulties with implant removal are not reflected in the published literature.

Keywords

Infection rate · Allergies · Implant removal · Mechanical complication rates · Fracture

wurden [4]. Sie beobachteten bei 1 % der Stahl- und 13 % der Titanimplantate ein Implantatversagen ($p < 0,001$) und bei 12 % der Stahl- und 15 % der Titanimplantate Nonunions.

In einer Studie über aufgebohrte Tibiamarknägel mit über 1000 Patienten wurde ein signifikant erhöhtes Komplikationsrisiko für Stahlimplantate festgestellt (Odds Ratio 1,52, 95 %-Konfidenzintervall [CI] 1,10–2,13; $p = 0,01$). Jedoch zeigten weitere Analysen, dass dieses erhöhte Risiko durch

Schraubenbruch und nachfolgende Autodynamisierung erklärt werden konnte und die Materialunterschiede keinen signifikanten Einfluss hatten [19].

Materialeigenschaften und Allergie

Es wurden keine Studien gefunden, die Inzidenzraten eindeutig implantatverursachter Metallallergien untersuchten. Hierholzer und Hierholzer [10] publizierten eine Arbeit über die Sensi-

bilisierung durch Metalle, bei der sie 705 Patienten auf eine Allergie gegen implantatspezifische Metalle testeten, die zur Implantatentfernung, Behandlung von verzögerter Frakturheilung nach Plattenfixation oder Infektion überwiesen worden waren. Dabei beobachteten sie mehr Metallallergien bei Patienten mit verzögerter Frakturheilung ungeachtet des Vorliegens einer Infektion (ohne Infektion 10,4 % sowie mit Infektion 10,1 %), als bei Patienten ohne verzögerte Frakturheilung (3,9 %). Die

Tab. 1 Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen der Literatur, die für die systematische Literaturrecherche verwendet wurde

Erstautor	Jahr	Implantat	Retro-/prospektiv	Anzahl Implantate	Aussage über Komplikationen	Signifikant (ja/nein)
Agudelo et al. [1]	2007	Platten proximaler Humerus	Retrospektiv	Titan 30 Stahl 123	Repositionsverlust: Stahl 13,8 %, Titan 13,3 % Mechanisches Versagen: Stahl 12,1 %, Titan 13,3 %	Nein
Arens et al. [2]	1996	Dynamische Kompressionsplatten (DCP)	Prospektiv	Titan 127 Stahl 154	Infektionsrate bei kontaminierten Wunden: Stahl 14,3 %, Titan 8,6 %	Nein
Banovetz et al. [4]	1996	Groß- und Kleinfragmentplatten (Titan) Stahlplatten	Retrospektiv	Titan 69 Stahl 200	Implantatversagen: Stahl 1 %, Titan 13 % Nonunions: Stahl 12 %, Titan 15 %	Implantatversagen: ja Nonunions: nein
Cook et al. [5]	1987	Platten Tibiaschaft	Retrospektiv	Stahl 250	Oberflächenkorrosion größer je länger Stahlplatte in situ	Nein
Cramers und Lucht [6]	1977	Platten Tibiaschaft	Retrospektiv	Stahl 3	Hautreaktion durch Metallsensibilisierung in 3 Fällen	Nein
DeVries et al. [7]	2011	Kanülierte Schrauben Fuß	Retrospektiv	Titan 37 Stahl 16	Keine signifikanten Unterschiede im Zeitraum bis Vollbelastung, Frakturheilung, Komplikationen zwischen beiden Gruppen	Nein
Duchna et al. [8]	1998	Platten, Schrauben/Draht, Verriegelungsnägel, Knie- und Hüftprothesen	Prospektiv	Titan 54 Stahl 35	Komplikationen (Entzündung, Implantatlockerung, Hämatom, Nervenreizung): Titan 20,4 %, Stahl 17,1 %	Nein
Hierholzer und Hierholzer [10]	1992	Verschiedene Plattentypen	Prospektiv	Verschiedene Materialien 705	208 mit unkomplizierter Knochenheilung 497 Patienten mit verzögerter Knochenheilung Rate an Metallallergien bei Patienten mit verzögerter Knochenheilung deutlich höher	Ja
Holzach und Matter [11]	1978	Dynamische Kompressionsplatten (DCP)	Retrospektiv	Titan 123 Stahl 133	In beiden Gruppen keine Patienten mit Wundinfektionen, Knocheninfektionen oder Nonunion	Nein
Husain et al. [12]	1996	Marknagelung Femur	Retrospektiv	Titan 23 Stahl 22	Operationszeit Metallentfernung: Signifikant länger für Titanmarknägel, Varianzanalyse: Ursache wahrscheinlich in der größeren Anzahl an Verblockungsschrauben und der tieferen Nagellage	t-Test: ja ANOVA: nein
Jones et al. [13]	2001	Marknagelung Femur	Unklar	Marknägel Stahl Modular 27 Nichtmodular 16	Serum Chromspiegel bei Patienten mit modulare Nagel signifikant höher VAS Oberschenkel bei Patienten mit modulare Nagel signifikant höher 23 von 27 Patienten mit modulare Nagel: Osteolysen, periostale Reaktionen oder Kortikalisverdickungen auf Höhe der modularen Verbindungen	Ja Ja
Lujan et al. [15]	2010	Periartikuläre winkelstabile Platten distaler Femur	Retrospektiv	Titan 33 Stahl 33	Signifikant größere Kallusformation bei Titanplatten nach 6, 12 und 24 Wochen Signifikant weniger defizitärer Kallus bei Titanplatten	Ja Ja
Riemer et al. [17]	1995	Marknagelung Tibia	Retrospektiv	Titan 51 Stahl 16	Fünf Implantatversagen: Stahl: ein Nagel- und 3 Schraubenbrüche, Titan: ein Schraubenbruch	Ja
Rozental et al. [18]	2003	Platten distaler Radius	Retrospektiv	Titan 14 Stahl 14	Komplikationsrate gleich in beiden Gruppen	Nein

Tab. 1 Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen der Literatur, die für die systematische Literaturrecherche verwendet wurde (Fortsetzung)

Erstautor	Jahr	Implantat	Retro-/prospektiv	Anzahl Implantate	Aussage über Komplikationen	Signifikant (ja/nein)
Schemitsch et al. [19]	2012	Marknagelung Tibia	Prospektiv	Titan 832 Stahl 388	Signifikant höheres Risiko eines negativen postoperativen Ereignisses bei Stahlnägeln, wahrscheinlich verursacht durch Autodynamisierung durch Schraubenbrüche oder geplante Dynamisierung	Ja Nein nach Ausschluss von Autodynamisierung aus dem Composite-Outcome
So et al. [20]	2011	Platten distale Tibia	Unklar	Stahl 106	Niedriger AAOS Foot & Ankle Score bei Patienten mit Vorgeschichte einer Metallsensibilisierung und Irritation der Narbe im postoperativen Verlauf Subgruppe mit Patchtest: positiver Test ohne Korrelation mit schlechterem AAOS Foot & Ankle Score	Nein
Swiontkowski et al. [21]	2001	Stahlimplantate für Frakturbehandlung oder Osteotomie	Prospektiv	Stahl 241	Patchtest vor und mindestens 30 Tage nach Therapie: Prävalenz einer Sensibilisierung gegenüber Nickel, Kobalt und Chrom generell niedrig; sowohl Sensibilisierung als auch Desensibilisierung durch Implantat zu beobachten	Nein
Thewes et al. [22]	2001	Verschiedene Implantate	Prospektiv	Titan 23 Stahl 8	Menge und Differenzierung immunkompetenter Zellen in Granulations- und fibrösem Gewebe um das Implantat nicht unterschiedlich bei Titan und Stahl	Nein
Weckbach et al. [24]	2012	Verschiedene Plattentypen	Retrospektiv	Stahl 859	Komplikationsrate (8 %) weitgehend niedriger als publizierte Komplikationsraten von Titanimplantaten im vergleichbaren Indikationsspektrum	Nein

VAS visuelle Analogskala, AAOS American Academy of Orthopaedic Surgeons

Autoren schlussfolgerten, dass die Metallkonzentration im periimplantären Gewebe sicher ausreicht, um eine Sensibilisierung bei genetisch prädisponierten Patienten zu induzieren.

In einer älteren kleinen Fallserie von 1977 zeigten sich erythematöse und infiltrierte Hautareale oberhalb der in die Tibia implantierten Platte aus Stahl. In allen Fällen wurde eine Sensibilisierung mithilfe von Patchtests bestätigt, und bei keinem der Patienten waren vorher eine Metallhypersensibilität oder ein Ekzem diagnostiziert worden [6]. Nach der Implantatentfernung verschwanden die erythematösen Areale.

Verschiedenen Berichten zufolge kann es nach einer Implantation mit metallischen Implantaten nicht nur zur Sensibilisierung, sondern auch Desensibilisierung von Legierungskomponenten des Stahls kommen [8, 21]. Aufgrund von Schmuck als möglichem Allergieauslöser sind diese Daten jedoch mit Vorsicht zu interpretieren [8]. Kein Zu-

sammenhang wurde bislang zwischen den Ergebnissen von Patchtests und den klinischen Symptomen festgestellt [8, 20, 23].

Thewes et al. [22] führten immunhistochemische Charakterisierungen perivaskulär infiltrierter Zellen in Geweben mit benachbarten Stahlimplantaten durch und verglichen sie mit Titanimplantaten. Sie fanden heraus, dass verschiedene immunkompetente Zellen, v. a. Langerhans-Zellen, T-Helferzellen, Gedächtniszellen und naive T-Zellen im perivaskulären Gewebe der Implantate vorhanden sind, konnten aber keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Stahl- und Titanimplantaten bzgl. der immunkompetenten Zellen feststellen.

Um eine Allergie gegenüber Implantaten eindeutig zu diagnostizieren, rät der Arbeitskreis Implantatallergie (AK 20) der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, der Deutschen Kontaktallergiegruppe und der Deutschen Gesellschaft für Aller-

gologie und Klinische Immunologie, im Verdachtsfall oder bei mitgeteilter Allergie eine umfassende Kombination diagnostischer Mittel zu nutzen, wenn dies bei elektiven und besonders relativen Indikationen möglich ist. Es wird vorgeschlagen, Stahlimplantate bei Patienten mit manifester präoperativer Sensibilisierung auf Metall zu vermeiden [23].

Der mögliche Zusammenhang einer Metallallergie mit dem funktionellen Ergebnis wurde nach Osteosynthese einer Sprunggelenkfraktur mit einem Stahlimplantat untersucht [20]. Dabei kamen Patienten, deren chirurgisches Narbengewebe eine Reizung zeigte, auf eine niedrigere Punktzahl im American Academy of Orthopaedic Surgeons Foot and Ankle Score. Nach Ansicht der Autoren könnte die Reizung des Narbengewebes Ausdruck einer Kontaktdermatitis des über dem Stahlimplantat befindlichen Gewebes und eine mögliche Hypersensibilität gegenüber dem Metall darstellen. Aller-

dings konnte dieser Zusammenhang in einer Subpopulation der Studie mittels Patchallergietest nicht verifiziert werden.

Materialeigenschaften und Korrosionsprodukte

In einer retrospektiven Studie über interne Fixationen mit Implantaten aus Stahl konnten Cook et al. [5] einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Oberflächenkorrosion und der Verweildauer des Implantats in situ nachweisen. Implantate, die infolge von Schmerzsymptomen entfernt werden mussten, waren signifikant längere Zeit in situ gewesen, als Implantate, die routinemäßig entfernt worden waren. Zudem zeigten Implantate, die aufgrund von Schmerzsymptomen entfernt werden mussten, eine größere Oberflächenkorrosion und korrodierte Schraubenoberflächen als routinemäßig entfernte Implantate. Allerdings war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant.

Die radiologischen Ergebnisse einer Studie zu Reaktionen des Knochens auf angrenzende modulare Kontaktstellen eines modularen dreiteiligen Femurnagels aus Stahl zeigten eine positive Korrelation von Osteolysen, periostalen Reaktionen und Kortikalisverdickung mit dem Chromspiegel im Serum [13]. Die Verschleißpartikel des Metalls von der modularen Kontaktstelle können diese Befunde nach Ansicht der Autoren erklären.

Materialeigenschaften und Infektionsrate

Basierend auf früheren Tierstudien zur Entwicklung von Infektionen durch Osteosynthesematerialien wurde vermutet, dass bei Stahlimplantaten mehr Infektionen auftreten als bei Titanimplantaten [3]. Unsere Literaturrecherche ergab 2 klinische Arbeiten, in denen Infektionsraten zwischen ähnlichen Implantaten aus Stahl und Titan verglichen wurden. In einer älteren Studie (1978) an Patienten mit Tibiaschaftfrakturen, bei denen eine dynamischen Kompressionsplatte (DCP) aus Titan oder Stahl zum Einsatz kam, wurden keine Infektionen beobachtet [11].

Arens et al. [2] untersuchten in einer randomisierten Studie die Infektionsrate nach offener Reposition und Fixation der Fraktur (ORIF) mit DCPs aus Stahl im Vergleich zu Titan in Abhängigkeit von der initialen bakteriellen Kontamination der Wunde. Es wurde ein nichtsignifikanter Trend für höhere Infektionsraten in Stahlimplantaten bei initial kontaminierten Fällen beschrieben.

» Ein klarer Unterschied von Titan oder Stahl hinsichtlich der Infektionsrate wurde nicht gefunden

Es wurde somit keine klinische Studie gefunden, die einen klaren Unterschied von Titan oder Stahl hinsichtlich der Infektionsrate zeigt.

Materialeigenschaften und Komplikationsraten

Eine klare Evidenz für eine materialbedingte erhöhte Komplikationsrate konnte im Rahmen dieser systematischen Literatursuche nicht gefunden werden.

In einer retrospektiven Kohortenstudie an Patienten mit dorsal dislozierter distaler Radiusrückenfraktur, bei der 2 verschiedene Plattenprofile in den Ausführungen Titan oder Stahl untersucht wurden, fanden sich keine statistisch signifikanten Unterschiede der Komplikationsraten [18].

In einer prospektiven Beobachtungsstudie fanden Duchna et al. [8] einen nichtsignifikanten Unterschied in der Komplikationsrate (Entzündung, Implantatlockerung, Hämatom, Nervenreizung) bei Implantaten aus Titan und Stahl (20,1 % für die Titan-, 17,1 % für die Stahlgruppe).

Weckbach et al. [24] analysierten die Komplikationsraten nach Verwendung von Stahlimplantaten für verschiedene Frakturlokalisationen in der eigenen Patientenkohorte (744 Frakturen) und verglichen diese mit Daten zu Komplikationen nach Einsatz von Titan- und Stahlimplantaten in vergleichbaren Frakturindikationen und -lokalisationen aus publizierten Studien. Die Autoren

kamen zu der Schlussfolgerung, dass die Versorgung von Frakturen mit Stahlplatten ein sicheres und effizientes Verfahren darstellt, das nicht mit einer höheren Komplikationsrate verglichen mit dem Gebrauch von Titanplatten einhergeht.

Materialeigenschaften und Implantatentfernung

Es gibt viele mündlich berichtete Erfahrungsberichte von Klinikern, die über die Probleme bei der Materialentfernung von Titanplatten und -schrauben berichten. Im Gegensatz dazu findet sich in der Literatur fast keine klinische Studie, die das Thema Implantatentfernung in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften untersucht. Eine retrospektive Kohortenstudie von Husain et al. [12] untersuchte explizit die Operationsdauer bei der Entfernung von Femurnägeln verschiedener Materialien. Es wurden Titan- und Stahlnägel in die Studie einbezogen. Die Ergebnisse zeigten zwar, dass die Entfernung von Titannägeln mehr Zeit benötigt (110 vs. 84 min für Stahlnägel), jedoch weisen Varianzanalysen darauf hin, dass dieser Unterschied eher durch die höhere Anzahl an Verblockungsschrauben in den Titannägeln und die tendenziell tiefere Nagellage der Titannägel erklärt werden kann.

Fazit für die Praxis

- Es gibt keine klinische Evidenz dafür, dass Stahl oder Titan zur Osteosynthese besser oder schlechter sind.
- Nach der vorliegenden klinischen Evidenz kann die Wahl des zu verwendenden Implantats frei getroffen werden.
- Individuelle Patientenfaktoren müssen berücksichtigt werden.

Korrespondenzadresse



A. Joeris
AO Clinical Investigation
and Documentation, AO
Foundation
Stettbachstrasse 6,
8600 Dübendorf, Schweiz
alexander.joeris@
aofoundation.org

Danksagung. Die zugrunde liegende Literaturrecherche sowie die Erstellung des Manuskripts wurden von der AO Foundation durch das AO TK Trauma Netzwerk unterstützt.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Joeris, S. Goldhahn und E. Romsch geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. D. Höntzsch gibt folgende Interessenkonflikte an: Mitglied der AOTK, Beratung der Firmen Synthes, Ceramtec, Vision Medical.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Agudelo J, Schurmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W et al (2007) Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma* 21(10):676–681
- Arens S, Hansis M, Schlegel U, Eijer H, Printzen G, Ziegler WJ et al (1996) Infection after open reduction and internal fixation with dynamic compression plates—clinical and experimental data. *Injury* 27(Suppl 3):Sc27–Sc33
- Arens S, Schlegel U, Printzen G, Ziegler WJ, Perren SM, Hansis M (1996) Influence of materials for fixation implants on local infection. An experimental study of steel versus titanium DCP in rabbits. *J Bone Joint Surg Br* 78(4):647–651
- Banovetz JM, Sharp R, Probe RA, Anglen JO (1996) Titanium plate fixation: a review of implant failures. *J Orthop Trauma* 10(6):389–394
- Cook SD, Thomas KA, Harding AF, Collins CL, Haddad RJ Jr, Milicic M et al (1987) The in vivo performance of 250 internal fixation devices: a follow-up study. *Biomaterials* 8(3):177–184
- Cramers M, Lucht U (1977) Metal sensitivity in patients treated for tibial fractures with plates of stainless steel. *Acta Orthop Scand* 48(3):245–249
- DeVries JG, Cuttica DJ, Hyer CF (2011) Cannulated screw fixation of Jones fifth metatarsal fractures: a comparison of titanium and stainless steel screw fixation. *J Foot Ankle Surg* 50(2):207–212
- Duchna HW, Nowack U, Merget R, Muhr G, Schultze-Werninghaus G (1998) Prospektive Untersuchung zur Bedeutung der Kontaktsensibilisierung durch Metallimplantate. *Zentralbl Chir* 123(11):1271–1276
- Hayes JS, Richards RG (2010) The use of titanium and stainless steel in fracture fixation. *Expert Rev Med Devices* 7(6):843–853
- Hierholzer S, Hierholzer G (1992) Internal fixation and metal allergy/clinical investigations, immunology and histology of the implant tissue interface. Thieme Medical Publishers, New York
- Holzach P, Matter P (1978) The comparison of steel and titanium dynamic compression plates used for internal fixation of 256 fractures of the tibia. *Injury* 10(2):120–123
- Husain A, Pollak AN, Moehring HD, Olson SA, Chapman MW (1996) Removal of intramedullary nails from the femur: a review of 45 cases. *J Orthop Trauma* 10(8):560–562
- Jones DM, Marsh JL, Nepola JV, Jacobs JJ, Skipor AK, Urban RM et al (2001) Focal osteolysis at the junctions of a modular stainless-steel femoral intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am* 83-A(4):537–548
- Keegan GM, Learmonth ID, Case CP (2007) Orthopaedic metals and their potential toxicity in the arthroplasty patient: A review of current knowledge and future strategies. *J Bone Joint Surg Br* 89(5):567–573
- Lujan TJ, Henderson CE, Madey SM, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Bottlang M (2010) Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation. *J Orthop Trauma* 24(3):156–162
- Mantripragada VP, Lecka-Czernik B, Ebraheim NA, Jayasuriya AC (2013) An overview of recent advances in designing orthopedic and craniofacial implants. *J Biomed Mater Res A* 101(11):3349–3364
- Riener BL, DiChristina DG, Cooper A, Sagiv S, Butterfield SL, Burke CJ 3rd et al (1995) Nonreamed nailing of tibial diaphyseal fractures in blunt polytrauma patients. *J Orthop Trauma* 9(1):66–75
- Rozental TD, Beredjikian PK, Bozentka DJ (2003) Functional outcome and complications following two types of dorsal plating for unstable fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(10):1956–1960
- Schemitsch EH, Bhandari M, Guyatt G, Sanders DW, Swiontkowski M, Tornetta P et al (2012) Prognostic factors for predicting outcomes after intramedullary nailing of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 94(19):1786–1793
- So S, Harris IA, Naylor JM, Adie S, Mittal R (2011) Correlation between metal allergy and treatment outcomes after ankle fracture fixation. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 19(3):309–313
- Swiontkowski MF, Agel J, Schwappach J, McNair P, Welch M (2001) Cutaneous metal sensitivity in patients with orthopaedic injuries. *J Orthop Trauma* 15(2):86–89
- Thewes M, Kretschmer R, Gfesser M, Rakoski J, Nerlich M, Borelli S et al (2001) Immunohistochemical characterization of the perivascular infiltrate cells in tissues adjacent to stainless steel implants compared with titanium implants. *Arch Orthop Trauma Surg* 121(4):223–226
- Thomas P, Schuh A, Ring J, Thomsen M (2008) Orthopädisch-chirurgische Implantate und Allergien. *Orthopäde* 37(1):75–88
- Weckbach S, Losacco JT, Hahnhaussen J, Gebhard F, Stahel PF (2012) Das Dogma der Minderwertigkeit von Stahlimplantaten zur Frakturversorgung. Ein Ende der Kontroverse? *Unfallchirurg* 115(1):75–79

Hier steht eine Anzeige.

