

# Aktuelle Konzepte zur Prophylaxe posttraumatischer Infekte

**Die vorliegende Abhandlung zur Prophylaxe posttraumatischer Infekte erhebt nicht den Anspruch, eine vollständige Übersicht zu diesem Thema zu geben. Unfallchirurgisch tätigen Kollegen die besondere Bedeutung der Infektionsprophylaxe zu erklären, hieße ohnedies, Eulen nach Athen zu tragen. Ziel des Beitrags ist es vielmehr, einige für die klinische Praxis wesentlichen Aspekte aufzugreifen und vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen im Gesundheitswesen kritisch zu diskutieren.**

Die posttraumatische Infektion stellt auch im neuen Millennium die am meisten gefürchtete Komplikation in der Unfallchirurgie dar. Nach Literaturangaben liegt die Infektionsrate zwischen 1 und 3% für geschlossene und bei bis zu 50% bei offenen Frakturen. Sie ist abhängig vom

- Ausmaß des Knochen- und Weichteilschadens,
- der bakteriellen Kontamination der Wunde und
- dem verwendeten Operationsverfahren [5, 9, 14].

Kommt es zu einer posttraumatischen Osteitis, bedeutet dies für den betroffenen Patienten in den meisten Fällen einen langen Leidensweg mit wiederholten Krankenhausaufenthalten und bleibenden funktionellen Defiziten. Die hiermit verbundene erhebliche psychosoziale Belastung

führt nicht selten zur sozialen Desintegration [1].

Darüber hinaus ist ein solches Patientenschicksal ökonomisch relevant. Nach Berechnungen von Nast-Kolb et al. [13] werden die Versicherungsträger pro Fall mit etwa 30.000 € belastet.

Ausgangspunkt für eine posttraumatische Infektion ist in den meisten Fällen die primäre Kontamination der entstandenen Wunde. Aber auch geschlossene Wunden und Frakturen haben aufgrund der lokalen Gewebeerstörung und der damit verminderten lokalen Abwehrlage ein erhöhtes Risiko für eine Infektion [14]. Die Osteosynthese einer Fraktur ist somit immer risikoreicher als die Osteosynthese nach elektiver Osteotomie. Vor diesem Hintergrund ist eine suffiziente Infektionsprophylaxe gerade in der Unfallchirurgie unabdingbar. Das Einhalten von Hygienevorschriften allein ist allerdings nicht ausreichend. Die Prophylaxe muss vielmehr in jedem Einzelabschnitt des gesamten operativen Prozesses erfolgen und ist durch eine Reihe einzelner Faktoren determiniert.

## Indikation und Timing

Einen ersten Einfluss auf das posttraumatische Infektionsrisiko haben bereits der Operationszeitpunkt und das gewählte Verfahren.

Während die Indikation für eine rasche chirurgische Intervention bei offenen Verletzungen offensichtlich ist, kann es bei geschlossenen Frakturen in der klinischen Praxis mitunter schwierig sein, den güns-

tigsten Operationszeitpunkt zu bestimmen.

## Beispiel Sprunggelenkluxationsfraktur

Therapeutisches Ziel sind primäre Reposition und eine definitive interne Fixation.

Kommt es nach der Verletzung aus medizinischen oder logistischen Gründen zu zeitlichen Verzögerungen, kann die operative Versorgung aufgrund der posttraumatischen Schwellung häufig erst sekundär erfolgen. Hierzu wäre die stationäre Aufnahme des Patienten zur Behandlung des Weichteilödems, ggf. mit passagerer Anlage eines Fixateur externe zur Retention der primären Reposition, angezeigt. Das pauschalierte Entgeltsystem lässt für ein solches Vorgehen allerdings keinen Spielraum, sodass der Rückgang des Ödems entweder ambulant abgewartet oder eine je nach Fallzahl nicht unerhebliche Belastung des Abteilungsbudgets in Kauf genommen werden muss.

Wollte man dies umgehen, müsste man jede Sprunggelenkfraktur primär definitiv versorgen. Hierzu fehlen in den meisten Kliniken die Ressourcen. Selbst personell gut ausgestattete Schwerpunkt- und Maximalversorgungshäuser können für eine solche Indikation nicht rund um die Uhr ein einsatzbereites Operationsteam vorhalten. Die Vorgaben des EuGH zur Gestaltung der Arbeitszeit werden diese Situation weiter verschärfen. Die Folge ist zwangsläufig, dass die Qualität der medizinischen Versorgung sinken wird. Das bei

einem schlecht gewählten Operationszeitpunkt zweifellos erhöhte Infektionsrisiko für die offene Reposition und interne Fixation einer Sprunggelenkluxationsfraktur wird sich dann nur noch durch das ambulante Ausbehandeln der Fraktur im Fixateur externe oder eine konservative Therapie vermeiden lassen.

Die Indikation für eine Osteosynthese wäre damit allein abhängig von ökonomischen Überlegungen, eine Entwicklung, die sich niemand in Deutschland wirklich wünschen kann.

## Operatives Management

### Hygiene

Mit der Entwicklung des Laminar air flow für nahezu keimfreie Operationssäle verband sich in den 1970er Jahren die Hoffnung auf eine weitere Reduktion der Infektionsraten. Für elektive Gelenkersatzoperationen konnte ein solcher Effekt in großen multizentrischen Erhebungen auch belegt werden [12]. Für andere Eingriffe lassen sich solche Ergebnisse bislang nicht nachvollziehen. Vielmehr weisen die meisten Autoren immer wieder darauf hin, dass niedrige Werte für die Luftkeimzahl auch ohne aufwändige Lüftungsverfahren allein durch diszipliniertes Verhalten des Personals erreicht werden können [7, 8]. Demnach ist für eine Reduktion der Infektionsrate das korrekte Verhalten aller an einer Operation beteiligten Personen wichtiger als die technische Ausstattung des Operationstrakts.

Vor diesem Hintergrund war es umso bedrückender, wie weit noch in den frühen 1990er Jahren die von unfallchirurgisch tätigen Kollegen geübte Praxis von den bereits damals wissenschaftlich gesicherten und hygienisch ausreichenden Maßnahmen abwich. In einer Umfrage von Lefering u. Schweins [11] am Rande einer Tagung über Hygiene im chirurgischen Alltag gaben immerhin noch 31% der Befragten an, 1–2 Tage präoperativ eine Rasur des Operationsfelds durchzuführen, obgleich diese aufgrund von Mikroverletzungen der Haut das Infektionsrisiko erhöht und daher, wenn überhaupt, erst unmittelbar präoperativ erfolgen sollte. Die Angaben zur erforderlichen Dauer der Desinfektion des Operationsfelds schwankten

in der Befragung von 1–10 min und die für die Dauer der chirurgischen Händedesinfektion von 2–8 min. Knapp 80% der Teilnehmer hielten eine strikte räumliche Trennung von septischen und aseptischen Eingriffen für erforderlich. Diese Zahlen belegen eindrucksvoll, dass es für die tägliche Praxis unabdingbar ist, den aktuellen Wissensstand aller Mitarbeiter durch geeignete Fortbildungsmaßnahmen regelmäßig zu erneuern bzw. zu vertiefen.

Aktuelle Informationen und Empfehlungen zu wissenschaftlich gesicherten Hygienemaßnahmen finden sich auf den Internetseiten des Arbeitskreises für Krankenhaushygiene der AWMF (<http://www.awmf-online.de>).

Darüber hinaus kommt es nicht zuletzt auf das Hygieneverhalten der Chef- und Oberärzte sowie der leitenden Pflegekräfte an. Nur wenn diese eine hohe Disziplin an den Tag legen wird sich eine solche auch in der ganzen operativen Einheit realisieren lassen.

### Antibiotikaprophylaxe

Diese wird ebenfalls häufig und different diskutiert [5, 8, 14]. In Abhängigkeit vom Kontaminationsgrad der primären Wunde (aseptisch – kontaminiert – septisch) besteht heute dahingehend Konsens, dass eine Antibiotikaprophylaxe als ergänzende Maßnahme sinnvoll ist, keinesfalls aber eine adäquate chirurgische Therapie ersetzen kann. Für verschiedene unfallchirurgische Eingriffe konnte in plazebokontrollierten Studien gezeigt werden, dass sich durch sie die Infektionsrate signifikant senken lässt [6, 10].

Allgemein akzeptiert wird die Indikation für eine Prophylaxe in der Endoprothetik, bei

- offenen Frakturen,
- ausgedehntem Weichteilschaden oder ausgedehnten Eingriffen sowie
- der operativen Versorgung abwehrschwächer Patienten.

In den meisten Zentren wird sie darüber hinaus bei allen Osteosynthesen und allen übrigen Eingriffen, bei denen Fremdmaterial implantiert wird, durchgeführt.

Bei drittgradig offenen Frakturen sollte man nicht mehr von einer Prophylaxe

sprechen. Hier sollte vielmehr eine kurzfristige antibiotische Therapie zum Behandlungskonzept gehören.

Mittel der Wahl zur wirksamen und kostengünstigen Prophylaxe sind die Zephalosporine der 2. Generation, die bei Narkoseeinleitung, längstens aber 1 h präoperativ verabreicht werden sollten. Gegebenenfalls können bei längeren Eingriffen eine 2. und 3. Dosis im Verlauf angeschlossen werden.

Weitere, insbesondere ungezielte Gaben über mehrere Tage sind darüber hinaus nicht angezeigt [5, 14]. Sinnvoller ist in solchen Situationen die routinemäßige mechanische Reinigung des Operationsgebiets durch Anwendung der Jet-Lavage. Wenngleich sie die Kosten pro Eingriff durch den erhöhten Materialverbrauch und die verlängerte Operationsdauer um etwa 50 € erhöht, ist sie doch eine effektive Methode, postoperative Infekte und damit verbundene Folgekosten zu reduzieren.

### Operativer Eingriff

Die wichtigsten Bedingungen zur Vermeidung einer posttraumatischen Infektion sind

- der schonungsvolle Umgang mit dem Gewebe unter aseptischen Kautelen und
- die Entfernung aller nekrotischen Gewebereste.

Insofern kommt dem primären Eingriff eine richtungweisende Bedeutung zu. Gegebenenfalls sollte die Indikation für geplante Revisionen und Eingriffe zur Rekonstruktion der Weichteile frühzeitig gestellt werden. Ist eine definitive Versorgung von Defektwunden erst sekundär möglich, bietet die zwischenzeitliche Vakuumversiegelung die elegante Möglichkeit, eine effektive Konditionierung der Wunde mit einer maximalen Keimreduktion zu kombinieren [18].

Ausgangspunkt für eine Infektion kann neben der primären Wunde auch eine verbleibende Instabilität sein. Eine stabile Osteosynthese ist somit für die posttraumatische Infektionsprophylaxe ebenfalls essenziell. Allerdings müssen die Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchfüh-

Trauma Berufskrankh 2005 · 7[Suppl 1]:S100–S104  
DOI 10.1007/s10039-004-0917-2  
© Springer-Verlag 2004

J. Windolf

### Aktuelle Konzepte zur Prophylaxe posttraumatischer Infekte

#### Zusammenfassung

Standardisierte Konzepte zur Prophylaxe posttraumatischer Infekte sind eine *Conditio sine qua non* in der Unfallchirurgie. Eine wirksame Infektionsprophylaxe muss mit dem richtigen Timing bei der Planung und Durchführung einer operativen Maßnahme beginnen und den gesamten Behandlungsverlauf als eine wesentliche Zielgröße mitbestimmen. Sie besteht nicht nur aus der Beachtung von Hygienevorschriften und Empfehlungen zur perioperativen Antibiotikaprophylaxe oder der Auswahl geeigneter Operationstechniken und Implan-

tate, sondern basiert im Wesentlichen auf der persönlichen Disziplin aller in den operativen Prozess eingebundenen Personen. In diesem Sinn wird die Prophylaxe posttraumatischer Infekte zu einem elementaren Grundstein der Qualitätssicherung, der durch vermeintliche Modernisierungsmaßnahmen im Gesundheitswesen nicht gefährdet werden darf.

#### Schlüsselwörter

Trauma · Infektionen · Prophylaxe

### Current concepts in the prevention of post-traumatic infections

#### Abstract

Standardized concepts for the prevention of post-traumatic infections are an absolute essential in trauma surgery. An effective prophylactic strategy must begin with exact timing in the planning and implementation of any surgical operation and must be taken into account at every stage throughout the entire course of treatment. It is not enough merely to adhere to the required hygiene regularions and recommendations on prophylactic antibiotic treatment, or to the

selection of the most appropriate surgical techniques and implants; it depends mainly on personal discipline in all those involved in the surgery. This means that the prevention of post-traumatic infections is a basic element in quality assurance, which must not be put at risk by supposed modernization of the health care system.

#### Keywords

Trauma · Infection · Prophylaxis

zung einer Osteosynthese gegeben sein, da andernfalls ein solcher Eingriff das Infektionsrisiko erhöht. Hierzu bedarf es gut geschulter Operateure und einer standardisierten Operationstechnik. Es ist nicht zuletzt ein Verdienst der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, dass es durch die Systematisierung der Osteosynthesetechniken und die weltweiten Schulungen seit Bestehen der AO zu einer erheblichen Senkung der Infektraten nach Osteosynthesen gekommen ist [14]. Darüber hinaus hat sich die zunächst rein biomechanische Betrachtungsweise der Osteosynthese mit der Forderung nach anatomischer Reposition und größtmöglicher Stabilität in den letzten Jahren zu mehr weichteilorientierten, schonenden Operationstechniken weiterentwickelt (biologische Osteosynthese). Moderne extra- und intramedulläre Implantate bieten heute ein Höchstmaß an Stabilität bei minimaler Beeinflussung der Durchblutung durch limitierte Zugänge.

Das Indikationsspektrum der einzelnen Verfahren hat sich immens verändert. Noch in den frühen 1990er Jahren galt es als Kunstfehler, eine offene Fraktur mit einer intramedullären Osteosynthese zu versorgen. Verfahren der Wahl war hier der Fixateur externe. Sofern kein ausgedehnter Weichteilschaden oder ein Polytrauma vorliegt, können heute sowohl die Plattenosteosynthese mit winkelstabilem Titanimplantat als auch die unaufgebohrte Marknagelung mit solidem Titan-nagel bei offenen Frakturen erfolgreich angewendet werden.

Runkel et al. [15] beschrieben in einer Studie an 72 offenen Unterschenkelfrakturen mit schwerem offenem oder geschlossenem Weichteilschaden nach primärer Nagelosteosynthese eine Infektionsrate von nur 3%. Ähnlich positive Ergebnisse berichteten Tornetta et al. [17] nach einem prospektiv randomisierten Vergleich von Fixateur externe und ungebohrter Marknagelung zur Versorgung von drittgradig (IIIb) offenen Unterschenkelfrakturen. Auch Bhandari et al. [4] schlussfolgerten in einer Metaanalyse 2001, dass die ungebohrte Marknagelung von offenen Tibiaschaftfrakturen die Infektionsrate senken kann.

Neben diesen ermutigenden klinischen Ergebnissen steht der experimentelle Be-

weis für die etwaige Reduktion der Infektionsrate durch moderne Osteosynthesetechniken noch aus. Weder für winkelstabile Implantate noch für Titanlegierungen noch für minimierte Zugänge gibt es hierzu ausreichende Daten. In einer tierexperimentellen Studie konnten Arens et al. [3] 1999 eindrucksvoll demonstrieren, dass es keine signifikanten Unterschiede für die Infektionsrate nach offenem oder minimalinvasivem Vorgehen bei einer Plattenosteosynthese gibt. Bereits 1996 hatte die gleiche Arbeitsgruppe gezeigt, dass es bei der Verwendung von Stahl- oder Titanimplantaten zur Plattenosteosynthese am Kaninchenfemur nicht zu signifikant unterschiedlichen Infektionsraten kommt [2].

Dennoch erscheint es im klinischen Alltag evident, dass schonende und begrenzte Zugänge eine geringere Rate an Wundheilungsstörungen aufweisen als ausgedehnte und insbesondere extraanatomische Zugänge. Ein begrenzter Zugang darf allerdings nicht zu einem vermehrten Gewebetrauma durch massiven Hakenzug oder Quetschung und Überdehnung der Strukturen führen. In solchen Fällen wird der minimalinvasive Ansatz lediglich zu einer maximal destruktiven Belastung für das Gewebe und führt somit zu einem erhöhten Infektionsrisiko.

## Nachbehandlung

Der Erfolg einer operativen Therapie hängt neben der korrekten Indikationsstellung und der sachgerecht durchgeführten Operation auch von einer adäquaten Nachsorge ab. Angesichts des enormen Kostendrucks im Gesundheitswesen bleibt in Zukunft allerdings offen, wer diese Nachsorge mit welcher Qualität wird durchführen können.

Die Maxime der Liegezeitverkürzung hat bereits Mitte der 1990er Jahre zur „blutigen Entlassung“, d. h. einer Entlassung des Patienten aus der stationären Behandlung vor Abschluss der Wundheilung geführt. Außerhalb des berufsgenossenschaftlichen Heilverfahrens wird dem Operateur somit eine regelmäßige Wundkontrolle in den meisten Fällen nicht mehr möglich sein. Nur die wenigsten Kliniken verfügen über eine kassenärztliche Zulassung zur ambulanten Versorgung ihrer Patienten.

Diese Problematik wird sich künftig nur durch eine enge Vernetzung von stationärer und ambulanter Versorgung auffangen lassen. Nur eine gute Kommunikation zwischen Operateur und weiterbehandelndem Kollegen ermöglicht eine sichere Nachsorge, die ggf. einen drohenden posttraumatischen Infekt frühzeitig erkennen kann.

Für den Kliniker erschwert eine frühzeitige Entlassung aber nicht nur die Erfolgskontrolle, sondern auch das Führen einer transparenten und fundierten Infektionsstatistik. Erst eine solche bietet durch die Erfassung des jeweiligen Keimspektrums die Möglichkeit, im Falle einer Infektion diese durch eine gezielte Antibiose zu behandeln [8]. Sie sollte die Definition eines Infekts ebenso wie die eines Verdachtsfalls klar beschreiben und auf einem strukturierten Meldewesen basieren. Auch hierzu finden sich weitere Informationen auf den Internetseiten des Arbeitskreises für Krankenhaushygiene der AWMF (<http://www.awmf-online.de>).

## Ausblick

Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kann es potenziell nach jeder Verletzung zu einer posttraumatischen Infektion kommen. Sie ist auch bei fachgerechter Durchführung chirurgischer Maßnahmen nicht grundsätzlich, d. h. in jedem Fall, vermeidbar.

Die Haut eines Patienten kann für eine Operation nicht sterilisiert, sondern lediglich desinfiziert werden. Sie ist somit während einer Operation niemals keimfrei, sondern lediglich keimarm. Ein Restrisiko für eine durch in der Haut sitzende Keime ausgelöste Infektion besteht bei jedem operativen Eingriff und wird daher im präoperativen Aufklärungsgespräch als mögliche Komplikation erklärt.

Diese Zusammenhänge dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Hygienefehler ebenso zu Infektionen führen können. Wie hoch ihr Anteil an der Gesamtheit posttraumatischer Infektionen ist, kann letztlich nicht abgeschätzt werden.

Kein Mensch ist frei von Fehlern, ebenso kann kein Chirurg frei von Fehlern operieren. Dieser Tatsache sollte man sich stets bewusst sein. Jeder Chirurg sollte den Mechanismus der „Ego bias“ kennen,

wonach ein Operateur stets dazu neigt, seine eigene Infektions- bzw. Komplikationsrate geringer einzuschätzen, als sie in Wirklichkeit ist. Diese Ego bias darf nicht dazu führen, dass wir die in den Lehrbüchern festgeschriebene Infektionsrate von 1–3% voneinander abschreiben, ohne sie immer wieder neu zu reevaluierten.

Nicht zuletzt in diesem Sinne forderten Seiler et al. [16] zu Recht mehr evidenzbasierte Chirurgie. Wir brauchen gute klinische Studien zum Outcome unserer Patienten und die Diskussion unserer Ergebnisse auf den Fachkongressen, die nicht vor der kritischen Analyse von Infektionen oder anderen Komplikationen halt machen darf. Nur so können wir die Rate an posttraumatischen Infektionen weiter senken und dafür sorgen, dass die anstehenden Umstrukturierungen im Gesundheitswesen nicht zu einer Mangelversorgung unfallverletzter Patienten führen.

## Fazit für die Praxis

**Die Prophylaxe posttraumatischer Infekte ist ein integraler Bestandteil der modernen Unfallchirurgie. Sie beginnt mit dem richtigen Timing des an standardisierten Prozeduren orientierten operativen Eingriffes und reicht bis zur kompetenten Nachbehandlung des Patienten sowohl im stationären als auch im ambulanten Bereich. Aktuelle Konzepte zur Prophylaxe posttraumatischer Infekte werden somit zur elementaren Grundlage einer wirksamen Qualitätssicherung.**

## Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. J. Windolf**

Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand und Wiederherstellungschirurgie, Zentrum für operative Medizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52, 20246 Hamburg  
E-Mail: [windolf@uke.uni-hamburg.de](mailto:windolf@uke.uni-hamburg.de)

**Interessenkonflikt:** Keine Angaben

## Literatur

1. Arens S, Hansis M (2001) Risiko der posttraumatischen Osteitis bei Osteosynthesen. *Trauma Berufskrankh* 3: 5487–490
2. Arens S, Schlegel U, Printzen G et al. (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: 647–651

3. Arens S, Kraft C, Schlegel U (1999) Susceptibility to local infection in biological internal fixation. Experimental study of open vs minimally invasive plate osteosynthesis in rabbits. *Arch Orthop Trauma Surg* 119: 82–85
4. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF et al. (2001) Treatment of open fractures of the shaft of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 83: 62–68
5. Beck A, Kinzl L, Bischoff M (1999) Antibiotikaprophylaxe und Therapie in der Unfallchirurgie. *Unfallchirurg* 102: 955–966
6. Boxma H, Brokhuizen T, Patka P et al. (1996) Randomised controlled trial of single-dose antibiotic prophylaxis in surgical treatment of closed fractures: the Dutch Trauma Trail. *Lancet* 347: 113–1137
7. Daschner F, Rüden H (1997) Hygiene in Operationsabteilungen – Empfehlungen des Nationalen Referenzzentrums für Krankenhaushygiene. *Chirurg* 68: 941–944
8. Hansis M (1996) Was ist perioperative Infektionsprophylaxe? Übersicht am Beispiel der Unfallchirurgie. *Chirurg* 67: 1123–1128
9. Hansis M, Arens S, Wingenfeld C (1997) Infektionsraten in der Unfallchirurgie. Eine Übersicht anhand der neueren deutschsprachigen Literatur. *Unfallchirurg* 100: 457–464
10. Hill C, Flamant R, Mazas F et al. (1981) Prophylactic cefazolin versus placebo in total hip replacement. Report of a multicentre double-blind randomised trial. *Lancet* i: 795–796
11. Lefering R, Schweins M (1993) Hygiene in deutschen Krankenhäusern: Auswertung einer Erhebung im März 1992. In: Schweins E, Holthausen U, Troidl H et al. (Hrsg) Hygiene im chirurgischen Alltag. de Gruyter, Berlin
12. Lidwell OM, Lowbury EJJ, Whyte W et al. (1982) Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study. *BMJ* 285: 10–14
13. Nast-Kolb D, Betz A, Schweiberer L (1991) Der Wandel in der Unfallchirurgie der letzten 10 Jahre – ein Beitrag zur Infektionsprophylaxe. *Chirurg* 62: 846–851
14. Rüedi TP, Murphy WM (2000) AO principles of fracture management. Thieme, Stuttgart New York
15. Runkel M, Wenda K, Degreif J et al. (1996) Ergebnisse nach primärer ungebohrter Tibianagekugung von Unterschenkelfrakturen mit schwerem offenem oder geschlossenem Weichteilschaden. *Unfallchirurg* 99: 771–777
16. Seiler CM, Kaebel HP, Wente M et al. (2004) Plädoyer für mehr evidenzbasierte Chirurgie. *Dtsch Arztebl* 101: 338–344
17. Tornetta P 3rd, Bergman M, Watnik N et al. (1994) Treatment of grade-IIIb open tibial fractures. A prospective randomised comparison of external fixation and non-reamed locked nailing. *J Bone Joint Surg Br* 76: 13–19
18. Webb LX, Schmidt U (2001) Wundbehandlung mit der Vakuumtherapie. *Unfallchirurg* 104: 918–926