

# Wissenschaftlicher Hintergrund und Grundlagen des intraossären Zugangs

INKLUSIVE „HÄUFIG  
GESTELLTE FRAGEN“

FÜR DIE ANWENDUNG  
IN LÄNDERN,  
DIE EINE  
CE-KENNZEICHNUNG  
VORSCHREIBEN



Vidacare® Corporation  
Abteilung „Science & Clinical“

## INHALT

EINLEITUNG .....	1
INDIKATIONEN/KONTRAINDIKATIONEN UND ALLGEMEINE ANWENDUNG VON INTRAOSSÄREN ZUGÄNGEN.....	2
Wann kann das EZ-IO®-System eingesetzt werden?.....	2
In welchen Situationen werden IO-Zugänge verwendet?.....	2
Kann das EZ-IO®-System am Sternum eingesetzt werden?.....	3
Welche nicht zugelassenen Anwendungen (Off-Label-Use) gibt es für die EZ-IO®? .....	3
Wer darf die EZ-IO® anwenden? Darf Pflegepersonal und Rettungsfachpersonal intraossäre Punktionen vornehmen?.....	3
Ist vor dem Gebrauch des EZ-IO®-Systems eine besondere Schulung oder ein Zertifikat erforderlich? .....	4
ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE .....	5
Wie funktioniert der intraossäre (IO) Gefäßzugang? .....	5
Welcher Punktionsort ist am besten geeignet?.....	5
<b>Anatomie und Physiologie des Intraossärtraums</b> .....	6
TECHNIK/SCHULUNG .....	8
Wie wird die geeignete IO-Nadellänge bestimmt?.....	8
Können die „pädiatrischen“ IO-Nadeln bei Erwachsenen verwendet werden oder die „Erwachsenen“- IO-Nadeln bei Kindern? .....	8
Wie kann der Punktionsort am Humerus in der perioperativen Umgebung genutzt werden? (wenn die Arme des Patienten für den Eingriff gestreckt/ angewinkelt werden müssen)? .....	8
Wie sollte die Haut für die Einführung der IO-Nadel vorbereitet werden? .....	9
Ist für die Einführung der EZ-IO® bei einem wachen Patienten ein Lokalanästhetikum erforderlich? .....	9
Wie tief muss die IO-Nadel eingeführt werden, wenn sie in den Knochen gebohrt wird? .....	10
Was tun, wenn der Bohrer schwächer und langsamer wird? .....	10
Wie sollte das EZ-IO®-System stabilisiert werden?.....	10
Muss die EZ-Connect vor dem Gebrauch mit Flüssigkeit gespült werden? .....	10
Erfüllt die EZ-Connect die Normen zur Kontrolle von Krankenhausinfektionen?.....	10
Aus welchem Material ist die EZ-IO®-Nadel gefertigt? .....	10
Ist nach der Einführung der EZ-IO®-Nadel eine Bolusgabe erforderlich? .....	11
Muss die IO-Leitung nach der intraossären Verabreichung von Arzneimitteln mit Kochsalzlösung gespült werden? .....	11
Welche Durchflussraten können über einen intraossären Zugang erreicht werden? .....	11
Wie können die Durchflussraten optimiert werden? .....	11
Muss die Bolusgabe bei verlängerter Anwendung wiederholt werden? .....	11
Verstopft der IO-Katheter, wenn er einige Stunden nicht benutzt wird? .....	11
Kann ein Heparin-Block oder ein NaCl-Block verwendet werden, um die Durchgängigkeit einer IO-Leitung zu gewährleisten? .....	11
Was ist zu tun, wenn die Leitung verstopft ist? .....	11
Gibt es weitere Anleitungen zur Pflege und Überwachung eines EZ-IO®-Katheter über einen Zeitraum von 72 Stunden (z. B. erneute Lidocain-Gabe zur Schmerzkontrolle, Kontrolle des Punktionsorts usw.)? .....	12

Können zwei oder mehr EZ-IO®-Katheter in derselben Extremität platziert werden? .....	12
Wie wird der EZ-IO®-Katheter entfernt? .....	12
Was kann getan werden, wenn der EZ-IO®-Katheter aus dem Anschluss bricht oder mit den zugelassenen Verfahren nicht entfernt werden kann? .....	12
Kommt es zu Nachblutungen am Punktionsort nach Entfernen des EZ-IO®-Katheters? ....	12
Muss der Punktionsort nach Entfernen des Systems besonders verbunden oder versorgt werden? .....	12
Kann ein Patient mit platziertem EZ-IO®-Katheter in der Tibia umhergehen? .....	12
Bestehen nach Entfernen des EZ-IO®-Katheters Einschränkungen bezüglich körperlicher Anstrengungen? .....	12
<b>Durchflussraten und Druckinfusion .....</b>	<b>13</b>
<b>Wahl des Punktionsorts und des Nadelsets .....</b>	<b>15</b>
<b>Proximaler Humerus .....</b>	<b>16</b>
<b>Pflege und Wartung der EZ-IO® .....</b>	<b>21</b>
<b>EZ-IO® G3 Bohrer (9058/9040) und Übungsbohrer (9059) .....</b>	<b>23</b>
<b>EZ-Connect von Vidacare® .....</b>	<b>24</b>
<b>KOMPLIKATIONEN .....</b>	<b>25</b>
Welche Komplikationen können beim intraossären Gefäßzugang auftreten? .....	25
Stellt die Osteomyelitis ein signifikantes Risiko beim Einsatz der EZ-IO® dar?.....	25
Führt die Infusion von Arzneimitteln über den Intraossärraum langfristig zu Knochenmarksschädigungen? .....	25
Beeinträchtigt die intraossäre Punktion oder Infusion die Epiphysenfuge bei pädiatrischen Patienten? .....	25
Sind Fett- oder Thrombembolien ein Problem bei IO-Infusionen? .....	26
Kann durch einen IO-Katheter eine Luftembolie entstehen?.....	26
Verfolgt Vidacare® Komplikationen im Zusammenhang mit dem EZ-IO®? .....	26
<b>Komplikationen der intraossären Punktion .....</b>	<b>27</b>
<b>Kompartiment-Syndrom .....</b>	<b>29</b>
<b>Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Epiphysenfugen und Knochenreparatur ..</b>	<b>31</b>
<b>Embolie .....</b>	<b>33</b>
<b>Osteomyelitis.....</b>	<b>35</b>
<b>ARZNEIMITTEL/FLÜSSIGKEITEN .....</b>	<b>36</b>
Welche Flüssigkeiten und Arzneimittel können intraossär (IO) verabreicht werden? .....	36
Welche Dosierungen sind für die IO-Infusion erforderlich (im Vergleich zu Dosierungen bei IV-Infusionen)? .....	36
Welche Arzneimittel wurden bis jetzt erfolgreich (intraossär) verabreicht? .....	36
<b>Schmerzbehandlung für die IO-Infusion .....</b>	<b>38</b>
<b>PÄDIATRIE .....</b>	<b>40</b>
Kann ein Nadelset „für Erwachsene“ (25 mm oder 45 mm) bei einem Kind verwendet werden? .....	40
Wie tief sollte die IO-Nadel bei Kindern eingeführt werden? .....	40
Besteht das Risiko, mit der EZ-IO® zu weit vorzudringen? .....	40
Ist das Kompartiment-Syndrom bei pädiatrischen Patienten ein Problem?.....	40
Ist der Femur für die EZ-IO® bei Kindern zugelassen? .....	40
Wie hoch ist das Risiko einer Verletzung der Epiphysenfuge bei Kindern?.....	40
Was kann bei Kindern und Kleinkindern gegen die Schmerzen bei der intraossären Punktion und Infusion getan werden?.....	40

Wie groß ist der „Totraum“ der EZ-Connect? .....	41
Muss die EZ-IO® bei Kleinkindern in einer besonderen Weise befestigt werden? .....	41
<b>Pädiatrie und intraossärer Zugang.....</b>	<b>42</b>
LABORANALYSE/BLUTENTNAHME.....	46
Können über den intraossären (IO) Weg geeignete Blutproben für die Laboranalyse entnommen werden? .....	46
<b>Laboranalyse/Blutentnahme über den intraossären Zugang .....</b>	<b>47</b>
BESONDERE ÜBERLEGUNGEN.....	50
Kann die EZ-IO® während einer CT platziert bleiben? .....	50
Kann die EZ-IO® während einer MRT platziert bleiben? .....	50
Kann die EZ-IO® bei Patienten mit Osteoporose eingesetzt werden?.....	50
<b>Intraossärer und zentralvenöser Zugang.....</b>	<b>51</b>
<b>Induzierte Hypothermie und EZ-IO® .....</b>	<b>53</b>
BESONDERE PATIENTENPOPULATIONEN .....	54
Kann eine Intraossärnadel bei Patienten mit größerem Trauma im Abdomen, Becken oder an den unteren Extremitäten eingesetzt werden? .....	54
Kann eine Intraossärnadel an derselben Stelle eingeführt werden, an der eine Mastektomie vorgenommen wurde?.....	54
Ist der intraossäre Zugang bei Patienten mit avaskulärer Nekrose kontraindiziert?.....	54
Ist der der intraossäre Zugang bei Osteogenesis imperfecta kontraindiziert?.....	54
Kann das EZ-IO® zur hyperbaren Therapie eingesetzt werden?.....	54
FORSCHUNG.....	55
Wurden Untersuchungen zum Nachweis der Sicherheit und Wirksamkeit des intraossären Gefäßzugangs durchgeführt? .....	55
Wie sind die Leistungen der EZ-IO® im Vergleich zu anderen Produkten für den intraossären Gefäßzugang?.....	55
MYTHEN ÜBER DEN INTRAOSSÄREN GEFÄSSZUGANG .....	57
Es gibt kaum evidenzbasierte Untersuchungen, die den Einsatz des intraossären (IO) Zugangs als zuverlässigen Gefäßzugang untermauern. ....	57
Die Verletzung der Epiphysenfuge stellt ein signifikantes Risiko bei der Einführung des IO-Katheters dar.....	58
Fettembolie stellt ein signifikantes Risiko bei der IO-Infusion dar. ....	58
Osteomyelitis stellt ein signifikantes Risiko bei der IO-Infusion dar. ....	58
Der intraossäre Gefäßzugang ist ein schmerzhafter Eingriff. ....	58
KUNDENBETREUUNG .....	59
Steht bei Vidacare® jemand zur Verfügung, an den man sich bei Fragen wenden kann?.....	59
Wo sollten Probleme (oder Komplikationen) mit der EZ-IO® gemeldet werden? .....	59
Gibt es weitere Informationen über das EZ-IO®-System (z. B. Schulungen, Spezifikationen)?.....	59

## EINLEITUNG

Wir freuen uns, Ihnen das Dokument *Wissenschaftlicher Hintergrund und Grundlagen des intraossären Zugangs präsentieren zu können*. Es fasst die Erkenntnisse aus jahrelangen klinischen und präklinischen Untersuchungen, Laborversuchen und klinischen Erfahrungen (Endanwender und Forscher) sowie Expertenmeinungen (IO-Spezialisten und wichtige Meinungsmacher) zusammen.

Das Dokument ist nach Themen in mehrere Abschnitte unterteilt. Der erste Teil jedes Abschnitts enthält eine Liste kurzer, prägnanter Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen zum intraossären (IO) Gefäßzugang. Wenn mehr Informationen oder Untersuchungsergebnisse zu einem Punkt vorliegen, führt ein Hyperlink den Leser direkt zu dem entsprechenden Abschnitt. Zur besseren Übersichtlichkeit befinden sich die meisten Zitate und Literaturverweise nur in den umfangreichen, detaillierten Abschnitten.

Ein hochgestelltes <sup>VS</sup> hinter einem Zitat weist darauf hin, dass die Studien teilweise oder ganz von der Vidacare<sup>®</sup> Corporation gesponsert oder durchgeführt wurden.

Ein hochgestelltes <sup>EO</sup> hinter einer Aussage oder einem Titel bedeutet, dass die Informationen auf einer *Expert Opinion* (Expertenmeinung) basieren. Es steht hinter den relevanten Aussagen (anstelle eines Literaturverweises). Sofern nicht anders angegeben, stammen die Expertenmeinungen von Dr. Larry J. Miller, Chief Medical Officer bei Vidacare<sup>®</sup> und seinem Forschungsteam. Dr. Miller hat in den letzten beiden Jahrzehnten umfangreiche Erfahrungen mit dem intraossären Zugang gesammelt, die sich als unverzichtbare Ressource erwiesen haben, um Leitlinien für die derzeitige Praxis zu geben, und er leistet auch weiterhin signifikante wissenschaftliche Beiträge auf diesem Gebiet.

Die Autoren dieses Dokuments haben die zitierten Quellen sorgfältig untersucht und alles darangesetzt sicherzustellen, dass die darin enthaltenen Informationen zum Zeitpunkt der Drucklegung zuverlässig und vollständig sind und den Standards der aktuellen Praxis entsprechen. Dennoch stellt dieses Dokument keine offiziellen Empfehlungen von Vidacare<sup>®</sup> zur Patientenversorgung dar. *Die Anwendung von IO-Systemen liegt in der Verantwortung des behandelnden, leitenden oder qualifizierten verschreibenden Arztes.*

Wir hoffen, dass diese Antworten Vidacare<sup>®</sup>-Mitarbeitern und Ärzten dabei helfen werden, die Vorteile des intraossären Zugangs und der EZ-IO<sup>®</sup> voll auszunutzen und gleichzeitig die Risiken zu minimieren.

*Dieses Dokument wird nur für medizinische und wissenschaftliche/pädagogische Zwecke verbreitet. Einige der zitierten Studien können Hinweise auf Punktionsorte oder Indikationen für den intraossären Zugang enthalten, die in der CE-Kennzeichnung für das von der Vidacare<sup>®</sup> Corporation hergestellte/vermarktete/vertriebene EZ-IO<sup>®</sup>-Produkt nicht angegeben sind. Diese Informationen dürfen nicht als Hinweis darauf interpretiert werden, dass ein Vidacare<sup>®</sup>-Produkt auf andere Weise benutzt werden darf oder sollte als in den Indikationen/der Gebrauchsanweisung im Rahmen der CE-Kennzeichnung angegeben.*

Vidacare<sup>®</sup> Science & Clinical Team  
clinical.affairs@Vidacare.com  
Juli 2012

## INDIKATIONEN/KONTRAINDIKATIONEN UND ALLGEMEINE ANWENDUNG VON INTRAOSSÄREN INFUSIONEN

### Wann kann das EZ-IO®-System eingesetzt werden?

Indikationen für das **Intraossäre Infusionssystem EZ-IO®**:

- Das EZ-IO® kann bei Erwachsenen und Kindern eingesetzt werden und ist in allen notfallmäßigen, dringlichen oder medizinisch erforderlichen (nicht notfallmäßigen) Situationen indiziert, bei denen ein intravenöser Zugang schwierig ist.

Intraossäre (IO) Punktionsorte für das EZ-IO® sind der proximale Humerus, die proximale Tibia und die distale Tibia bei *Erwachsenen und Kindern* und der distale Femur nur bei *Kindern*. Die Punktionsorte dürfen nur dann verwendet werden, wenn die anatomischen Orientierungspunkte eindeutig auffindbar sind. Das EZ-IO®-System kann bis zu 72 Stunden platziert bleiben.

Kontraindikationen für das **Intraossäre Infusionssystem EZ-IO®**:

- Fraktur am Zielknochen
- Übermäßiges Weichteilgewebe oder die anatomischen Orientierungspunkte sind nicht eindeutig auffindbar
- Infektion im Bereich des Punktionsortes
- Vorangegangener signifikanter orthopädischer Eingriff im Bereich des Punktionsortes (z. B. künstliche Gliedmaße oder künstliches Gelenk)
- Intraossärer Zugang im Zielknochen innerhalb der letzten 48 Stunden

### In welchen Arten von klinischen Szenarien werden IO-Infusionen verwendet?

Notfallmäßige/dringliche Zustände, bei denen ein intraossärer Zugang vorteilhaft sein könnte:

- |   |   |
|---|---|
| • Sepsis                                  | • Schwere Verletzungen                                    |
| • Therapeutische Hypothermie              | • Hypovolämie   |
| • Geänderter Bewusstseinszustand          | • Sichelzellkrise   |
| • Atembeschwerden/-stillstand             | • Morbide Adipositas                                      |
| • Herzbeschwerden/-stillstand             | • Crush-Intubation (Rapid Sequence Induction)             |
| • Epileptische Anfälle/Status epilepticus | • Überbrückung bis zur Anlage eines Zentralvenenkatheters |
| • Nierenerkrankung im Endstadium          | • Schlaganfall  |
| • Diabetes                                | • Drogenüberdosis   |
| • Hämodynamische Instabilität             | • Verbrennungen   |
| • Schock                                  | • Dehydratation   |
| • Herzstillstand                          | • Anaphylaxie   |
| • Atemstillstand                          | • Kardiale Arrhythmien                                    |

Nicht dringliche Situationen, in denen ein intraossärer Zugang vorteilhaft sein könnte:

- |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| • Schwieriger Gefäßzugang      | • Vollnarkose            |
| • Antibiotikatherapie          | • Stoffwechselstörungen  |
| • Sedierung für einen Eingriff | • Rehydratation          |
| • Schmerzbehandlung            | • Einleitung der Wehen   |
| • Brustschmerzen               | • Chirurgische Eingriffe |
| • Laboranalyse*                |                          |

\*siehe Abschnitt Laboranalyse/Blutentnahme, Seite 47

### **Kann das EZ-IO®-System im Sternum eingesetzt werden?**

Das sternale intraossäre Infusionssystem EZ-IO® ist nicht für den Einsatz im Zivilbereich, sondern nur für die Anwendung beim Militär bestimmt. Die EZ-IO®-Nadelsets dürfen *nie* für die sternale Einführung verwendet werden, es sei denn, sie sind speziell mit der Aufschrift „Nur für den Gebrauch im Sternum“ gekennzeichnet. Der sternale Zugang ist nur für die sternalen intraossären Infusionssysteme für militärische Anwendungen zugelassen.

*Für die sternale Einführung sollte nie der EZ-IO®-Bohrer verwendet werden.*

### **Welche nicht zugelassenen Anwendungen (Off-Label-Use) gibt es für den EZ-IO®?**

Unter Off-Label-Use wird die Anwendung eines Medizinprodukts für eine Indikation verstanden, die in der CE-Kennzeichnung nicht ausdrücklich erwähnt ist. Ärzte dürfen Arzneimittel oder Medizinprodukte nach bestem ärztlichem Ermessen für Indikationen verschreiben, bestellen oder anwenden, die in der CE-Kennzeichnung nicht erwähnt sind. Aber dem Hersteller ist es nicht gestattet, für irgendeine nicht zugelassene Indikation zu werben. Daher kann Vidacare® keinen Off-Label-Use für das EZ-IO®-Produkt empfehlen, bewerben oder befürworten.<sup>1</sup>

### **Wer darf ein EZ-IO® einführen? Darf Pflegepersonal und Rettungsfachpersonal intraossäre Punktionen vornehmen?**

- **RN:** In einigen Ländern dürfen staatlich anerkannte, qualifizierte und geschulte Pflegefachkräfte IO-Produkte platzieren und managen, wenn dies nach den Bestimmungen, der Stellenbeschreibung oder dem Entscheidungsmodell zum Aufgabenbereich der Fachkraft gehört. Es sollten die zuständigen Verantwortlichen wie beispielsweise Oberschwester/Oberpfleger oder krankenhausinterne oder staatliche Spezialisten für Zulassungsfragen konsultiert werden, um zu bestimmen, ob die Platzierung und Verwendung von IO-Produkten derzeit in den Arbeitsbereich einer Person fällt.
- **EMT-P, EMT-I, EMT-B:** In den meisten Ländern ist es erlaubt, dass staatlich anerkannte, geschulte und qualifizierte Rettungskräfte IO-Produkte auf Anweisung eines leitenden Arztes platzieren und managen. Man sollte die zuständige Zulassungsbehörde, den leitenden Arzt und die Systemprotokolle zu Rate ziehen, um zu bestimmen, ob die Platzierung und Verwendung von IO-Produkten derzeit in den Arbeitsbereich einer Person fällt.
- Zahlreiche Berufsverbände haben Positionspapiere ausgearbeitet, die den Einsatz von intraossären Gefäßzugängen in ihren jeweiligen Fachgebieten unterstützen.

Jedes Land hat Gesetze und Vorschriften, die festlegen, welche medizinischen Verfahren staatlich anerkannte Fachkräfte im Rahmen Ihrer Zulassung durchführen dürfen. Diese Gesetze, Vorschriften und Leitlinien werden gelegentlich geändert, wenn neue medizinische Verfahren zum Standard werden und innerhalb der Gesundheitsbranche akzeptiert werden. Vor der Einführung eines Protokolls für intraossäre Produkte sollte man die zuständige Zulassungsbehörde, den leitenden Arzt oder Oberpfleger und/oder die relevanten Protokolle des Gesundheitssystems zu Rate ziehen.

### **Ist vor dem Gebrauch des EZ-IO®-Systems eine besondere Schulung oder ein Zertifikat erforderlich?**

Es gibt keinen offiziellen „Zertifizierungs“-Prozess, außer wenn dies von einer Behörde/Organisation, einem leitenden arzt oder einem Krankenhaus verlangt wird. Ähnlich wie bei einem IV-Katheter ist auch beim EZ-IO® eine spezifische Schulung über den sicheren und korrekten Gebrauch des Produkts erforderlich. Vidacare® bietet ein umfangreiches Schulungsprogramm für das EZ-IO® an und empfiehlt, es vor dem Gebrauch des Systems zu absolvieren. Informationen zur Online-Schulung finden Sie hier: [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com); oder setzen Sie sich mit Ihrem Vidacare®-Vertreter in Verbindung, um eine Schulung zu organisieren.

---

<sup>1</sup> Food and Drug Administration. „Off-Label“ and Investigational Use Of Marketed Drugs, Biologics, and Medical Devices - Informationsblatt. Internet: Zugriff: 01/23/12. Einsehbar unter: <http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm126486.htm>.

## ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

### **Wie funktioniert der intraossäre (IO) Gefäßzugang?**

IO-Katheter werden im Allgemeinen in den proximalen und distalen Enden (Epiphysen) von Röhrenknochen platziert, weil dort die Knochenrinde (Kompakta) dünner ist und viel schwammartiges (spongiöses) Gewebe vorliegt. In der Epiphyse des Markraums befindet sich ein ausgedehntes Blutgefäßsystem, über das Blut und Flüssigkeiten durch das Gefäßsystem in den zentralen Kreislauf gelangen.

[Siehe Anatomie und Physiologie des Intraossärtraums, *Seite 6*]

### **Welcher Punktionsort ist am besten geeignet?**

Die Auswahl des Punktionsortes für den intraossären Zugang hängt von Alter, Größe, Anatomie und Gesundheitszustand des Patienten, der Möglichkeit anatomische Orientierungspunkte zu lokalisieren sowie von der klinischen Beurteilung und Erfahrung ab. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass der Humerus eine bessere Stelle hinsichtlich der Durchflussraten, der Arzneimittelverabreichung und der Kontrolle von Infusionsschmerzen ist.

[Siehe Auswahl des Punktionsortes und des Nadelsets, *Seite 15*]

## ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES INTRAOSSÄRRAUMS

### Anatomie

In der Epiphyse (proximales und distales Ende) des Knochenmarkraums befindet sich ein ausgedehntes System von Blutgefäßen, die vertikal (Havers-Kanäle) und horizontal (Volkmann-Kanäle) verlaufen. Über dieses umfangreiche Netz gelangen Blut und Flüssigkeiten schnell in den zentralen Kreislauf. Siehe Abbildungen 1 und 2.

Abbildung 1.

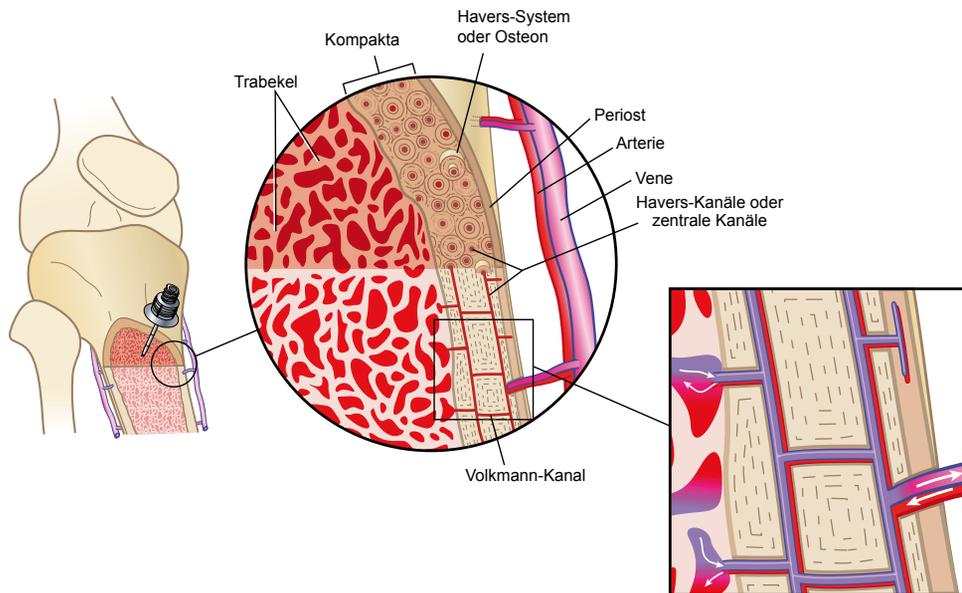
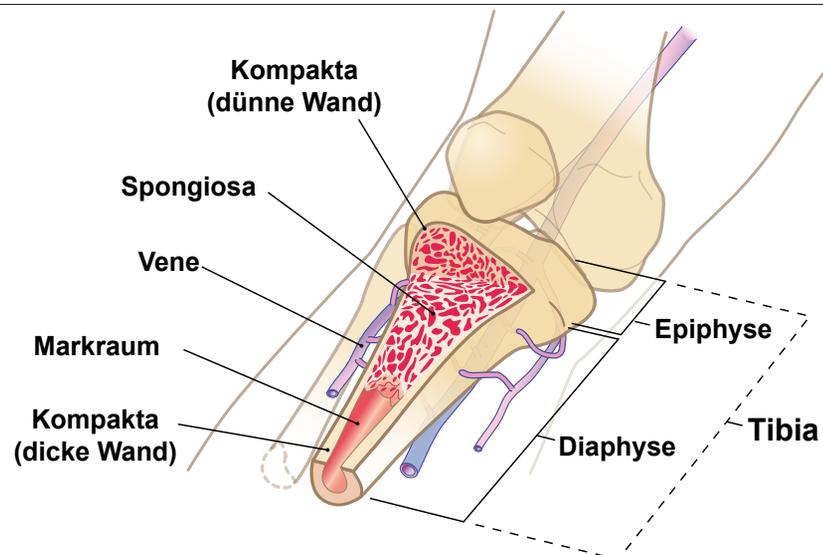


Abbildung 2.



Intraossäre (IO) Nadeln/Katheter werden in der Epiphyse von langen Knochen (z. B. Tibia oder Humerus) platziert, wo die Kompakta dünner ist und viel schwammartiges (spongiöses) Gewebe vorliegt. In diesem Bereich ist die Knochenrinde leichter zu durchdringen, sodass ein schneller Zugang zu den intraossären Gefäßen möglich ist.

### Physiologie

Eine 2008 veröffentlichte klinische Studie an 25 Patienten hat die Pharmakokinetik des intraossären Zugangs unter Verwendung eines implantierbaren IO-Systems mit der intravenösen Verabreichung von Morphinsulfat bei erwachsenen Patienten verglichen. Bei den Untersuchungen wurden keine Unterschiede zwischen intraossärer und intravenöser Verabreichung für verschiedene pharmakokinetische Parameter (z. B. maximale Plasmakonzentration und Fläche unter der Plasmakonzentration-Zeit-Kurve) festgestellt.<sup>1</sup>

Bei einer präklinischen Studie wurden die maximalen Serumkonzentrationen von Epinephrin nach IO-Infusion bestimmt.<sup>2</sup> Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die maximalen Epinephrinkonzentrationen im Serum bei einer IO-Infusion über den Humerus und einer Infusion über einen zentralen Venenkatheter gleich hoch sind.

### Bei einer Herz-Lungen-Wiederbelebung

Hoskins et al evaluierten in einer Serie präklinischer Studien die Wirksamkeit des intraossären Zugangs im Vergleich zu anderen intravenösen Zugangswegen. In einer Studie wiesen die Wissenschaftler nach, dass in den Intraossärraum infundierte Flüssigkeit den zentralen Kreislauf innerhalb von wenigen Sekunden bis zu unter zwei Minuten erreicht, und dies sogar während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung.<sup>3</sup> Nach Ansicht der Autoren zeigen die Ergebnisse, dass der intraossäre Zugang während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung einem intravenösen Zugang gleichwertig ist. Eine Follow-up-Studie, bei der intraossäre Zugänge über das Sternum und den Humerus verglichen wurden, kam zu dem Schluss, dass die intraossären Zugänge über das Sternum und den Humerus während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung einer Verabreichung über einen zentralen Venenkatheter vergleichbar sind.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Von Hoff DD, Kuhn JG, Burris HA, Miller LJ. Does intraosseous equal intravenous? A pharmacokinetic study. *Amer J Emerg Med* 2008;26:31-8.

<sup>2</sup> Hoskins SL, Kramer GC, Stephens CT, Zachariah BS. Efficacy of epinephrine delivery via the intraosseous humeral head route during CPR. *Circulation* 2006;114:II\_1204. <sup>VS</sup>

<sup>3</sup> Hoskins S, Nascimento P, Espana J, Kramer G. Pharmacokinetics of intraosseous drug delivery during CPR. *Shock* 2005;23:35. <sup>VS</sup>

<sup>4</sup> Hoskins SL, Nascimento P Jr., Lima RM, Espana-Tenorio, JM, Kramer GC. Pharmacokinetics of intraosseous and central venous drug delivery during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2012;83(1):107-12. <sup>VS</sup>

## TECHNIK/SCHULUNG

HINWEIS: Umfangreiche Informationen über Schulungen finden Sie auf der Website von Vidacare®  
[www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com)

### **Wie wird die geeignete IO-Nadellänge bestimmt? Können die „pädiatrischen“ IO-Nadeln bei Erwachsenen verwendet werden oder die „Erwachsenen“-Nadeln bei Kindern?**

Für die EZ-IO®-Nadeln gibt es keine spezifischen Größen für Erwachsene und Kinder. Für jede IO-Nadel gibt es Richtlinien hinsichtlich des Gewichtsbereichs. Die längere 45-mm-IO-Nadel sollte bei einer dicken Gewebeschicht über dem Punktionsort sowie für den Punktionsort am proximalen Humerus bei Erwachsenen verwendet werden. Die Auswahl der geeigneten IO-Nadel sollte nach klinischem Ermessen aufgrund der Anatomie und des Gewichts des Patienten sowie der Gewebedicke erfolgen. Es kann sein, dass eine kleine, betagte Frau einen kürzeren und ein adipöses Kind einen längeren Katheter benötigt.

Der EZ-IO®-Katheter ist 5 mm vom Anschluss entfernt mit einer schwarzen Linie markiert. Wenn die EZ-IO®-Nadel durch das Weichteilgewebe eingeführt wird und den Knochen nicht erreicht oder wenn die 5-mm-Marke über der Haut nicht erkennbar ist, muss eine andere Nadel oder ein anderer Punktionsort gewählt werden, bevor die Knochenrinde durchbohrt wird.

[Siehe Auswahl des Punktionsortes und des Nadelsets, *Seite 15*]

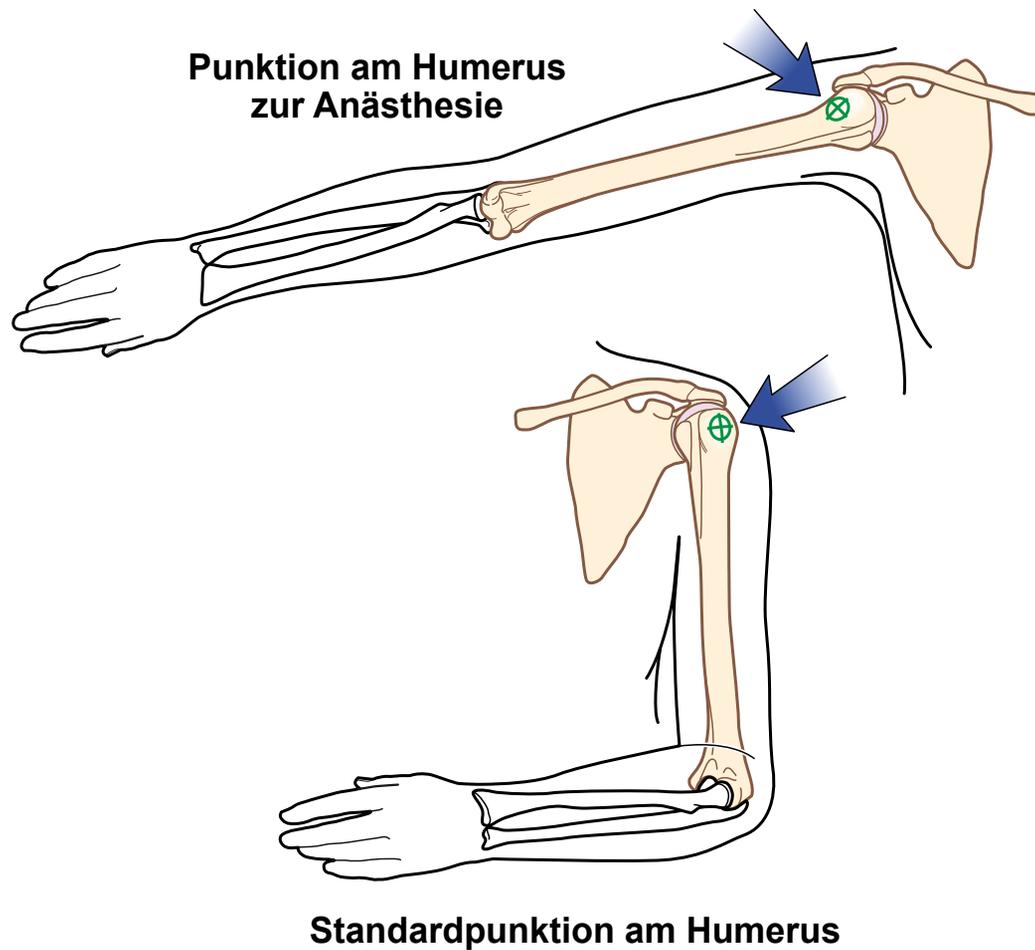
### **Wie kann der Punktionsort am Humerus in der perioperativen Umgebung genutzt werden (wenn die Arme des Patienten für den Eingriff gestreckt/angewinkelt werden müssen)?**

Den angewinkelten Arm (in der für den Eingriff erforderlichen Position) zur leichteren Lokalisierung des Punktionsortes nach innen rotieren und das Tuberculum majus humeri in die richtige Position drehen.

EZ-IO® ungefähr am Übergang zwischen dem Humerusschaft und dem Tuberculum majus humeri (chirurgischer Hals) einführen. Etwas größeren Einführwinkel wählen (siehe Abbildung 3). Nach der Einführung des IO-Katheters ist es wichtig, den Katheter und den Arm zu stabilisieren, um ein versehentliches Verrutschen zu verhindern.

**Abbildung 3.**

Empfohlene Position für die Platzierung der IO-Nadel im proximalen Humerus für die Anästhesie, während eines Eingriffs und für andere Situationen. Zum Vergleich ist die Standardeinführposition gezeigt.

**Wie sollte die Haut für die Einführung der IO-Nadel vorbereitet werden?**

Ähnlich wie beim periphervenösen Zugang: Vor der Punktion sollte der Bereich sorgfältig mit Chlorhexidin (z. B. ChloraPrep®) oder dem im jeweiligen Protokoll angegebenen Desinfektionsmittel gereinigt werden.

**Ist für die EZ-IO®-Einführung bei einem wachen Patienten ein Lokalanästhetikum erforderlich?**

Nein, für die Einführung der EZ-IO® ist in der Regel kein Lokalanästhetikum erforderlich, da kaum Beschwerden auftreten. Aber für schmerzempfindliche Patienten ist die Infusion von Flüssigkeiten oft schmerzhaft. Daher kann nach Einführung der IO-Nadel die intraossäre Gabe eines Anästhetikums (2 % Lidocain ohne Konservierungsstoffe und ohne Epinephrin) erwogen werden, das nach Krankenhausprotokollen oder -richtlinien zu verabreichen ist.

[Siehe Schmerzbehandlung für die IO-Infusion, Seite 38]

### **Wie tief muss die Nadel eingeführt werden, wenn sie in den Knochen gebohrt wird?**

Schalter des Bohrers betätigen und mäßigen, leichten Druck ausüben. *Kinder:* Schalter loslassen, wenn ein plötzlicher Widerstandsverlust verspürt wird, was das Erreichen des Markraums anzeigt. *Erwachsene.* Nadelset nach Berührung des Knochens 1-2 cm einführen. Im Humerus sollte ein 45-mm-Set bei den meisten Erwachsenen so weit eingeführt werden, bis sich der Katheteranschluss auf Höhe der Haut befindet.

Ärzte werden eindringlich dazu aufgefordert, sich das Übungsmaterial anzusehen und unter Anleitung eines Vertreters von Vidacare® oder eines klinischen Schulungsleiters praktische Erfahrungen zu sammeln, um den sicheren und richtigen Gebrauch der EZ-IO® zu erlernen.

[Siehe Auswahl des Punktionsortes und des Nadelsets, *Seite 15*]

[Siehe Pädiatrie und intraossärer Zugang, *Seite 42*]

### **Was tun, wenn der Bohrer schwächer und langsamer wird?**

Die häufigste Ursache dafür, dass der Bohrer langsamer wird oder sich nicht mehr dreht, ist die unsachgerechte Handhabung, insbesondere das Ausüben eines zu starken Drucks bei der Einführung. Die IO-Nadel sollte stets mit mäßigem Druck eingeführt werden, damit der Bohrer richtig funktioniert. Wenn der Bohrer in einem klinischen Notfall versagt, kann das EZ-IO®-Nadel manuell ohne Bohrer eingeführt werden. Sollte das Problem trotz richtiger Handhabung fortbestehen, kontaktieren Sie uns bitte über unsere Website [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com).

[Siehe EZ-IO® G3 Bohrer und Übungsbohrer, *Seite 23*]

### **Wie sollte die EZ-IO® stabilisiert werden?**

Nach der Einführung der EZ-IO® sollte die Nadel mit EZ-Stabilizer gesichert werden, um ein versehentliches Verrutschen zu vermeiden. Mandrin entfernen und EZ-Stabilizer über den Anschluss setzen, bevor der EZ-Connect angeschlossen wird. Falls kein EZ-Stabilizer bereitsteht, sollte die IO-Nadel auf andere Weise gesichert werden.

[Siehe EZ-Stabilizer *Directions for Use (Gebrauchsanweisung)* auf [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com)]

### **Muss die EZ-Connect vor dem Gebrauch mit Flüssigkeit gespült werden?**

Ja. Die EZ-Connect immer mit Flüssigkeit spülen, bevor sie am EZ-IO®-Anschluss befestigt wird. (Hinweis: Bei schmerzempfindlichen Patienten die EZ-Connect ggf. mit 2 % Lidocain ohne Konservierungsmittel und ohne Epinephrin) spülen.

[Siehe EZ-Connect von Vidacare®, *Seite 24*]

### **Erfüllt die EZ-Connect die Normen zur Kontrolle von Krankenhausinfektionen?**

Ja. Die EZ-Connect verwendet den nadellosen Robertsite®-Anschluss von Halkey-Roberts.

[Siehe EZ-Connect von Vidacare®, *Seite 24*]

### **Aus welchem Material ist das EZ-IO®-Nadel gefertigt?**

Der Katheter und der Mandrin sind aus Edelstahl vom Typ 304 gefertigt. Der Kunststoffanschluss besteht aus medizinischem Polycarbonat.

**Ist nach der Einführung der IO-Nadel ein Spritzenbolus erforderlich?**

Ja. Es ist wichtig, einen Spritzenbolus in den Intraossärraum zu geben, bevor versucht wird, Flüssigkeiten durch die EZ-IO® zu infundieren. Der Bolus trägt dazu bei, Mark und Fibrin aus dem Markraum zu entfernen, um wirkungsvolle Infusionsraten zu erzielen. **KEIN BOLUS = KEIN FLUSS.**

Es ist wichtig, für den Bolus keinen zu hohen Druck anzuwenden, weil dadurch das Risiko einer Extravasation erhöht werden könnte.

[Siehe Durchflussraten und Druckinfusion, Seite 13]

**Muss die IO-Leitung nach der intraossären Verabreichung von Arzneimitteln mit Kochsalzlösung gespült werden?**

Ja. Wie bei einer IV-Infusion sollte auch eine IO-Leitung vor und nach einer Infusion gespült werden, um sicherzugehen, dass die verordneten Arzneimittel in der richtigen Menge und Konzentration in den Markraum gelangen. Ca. 1,0 ml Arzneimittel/Flüssigkeit verbleiben in der EZ-Connect, bevor sie den Gefäßkreislauf erreichen.

**Welche Durchflussraten können beim intraossären Zugang erreicht werden?  
Wie können die Durchflussraten optimiert werden?**

In der veröffentlichten Literatur liegen die Durchflussraten von IO-Nadeln (bei Verabreichung unter Druck) zwischen 200 ml/h und 9.900 ml/h.<sup>1,2,3</sup> Eine wahrscheinlichere Schätzung der Durchflussrate bei Erwachsenen (basierend auf einer Studie an Freiwilligen) dürfte bei 5 Litern pro Stunde über den Humerus und bei 1 Liter pro Stunde über die Tibia liegen, beide bei einem Infusionsdruck von 300 mm Hg.<sup>4</sup> Wie bei anderen Gefäßzugängen können die Durchflussraten in IO-Nadeln von Patient zu Patient und je nach anatomischen Orten variieren. Allgemein werden adäquate Durchflussraten dann erreicht, wenn vor der IO-Infusion ein Bolus gegeben wird und die Infusion der Arzneimittel oder Flüssigkeiten unter Druck erfolgt (z. B. Infusionsdruckpumpe oder Druckbeutel). Schwerkraft allein führt selten zu ausreichenden Durchflussraten. Je höher der Druck, desto schneller der Durchfluss. Im Allgemeinen erlaubt der proximale Humerus schnellere Durchflussraten als die Punktionsorte an der Tibia.

[Siehe Durchflussraten und Druckinfusion, Seite 13]

**Muss der Spritzenbolus bei verlängerter Anwendung wiederholt werden?  
Verstopft der IO-Katheter, wenn er einige Stunden nicht benutzt wird?**

Möglicherweise. Der intraossäre Zugang kann gefährdet sein, wenn die Leitung über einen längeren Zeitpunkt nicht benutzt wird. IO-Leitungen können durch einen zusätzlichen Spritzenbolus oft erfolgreich wieder durchgängig gemacht werden.

**Kann ein Heparin-Block/NaCl-Block verwendet werden, um die Durchgängigkeit einer IO-Leitung zu gewährleisten?****Was ist zu tun, wenn die Leitung verstopft?**

Platzierung des IO-Katheters im Markraum bestätigen. Versuchen, einen Spritzenbolus in die Leitung zu geben. Durch die Gabe einer kleinen Menge an Heparin oder Kochsalzlösung kann dafür gesorgt werden, dass der intraossäre Gefäßzugang längere Zeit offen bleibt und ein Verstopfen verhindert wird. Je nach Nutzungsfrequenz des intraossären Zugangs kann ein wiederholter Bolus erforderlich sein, um die Leitung wieder durchgängig zu machen. In Krankenhausleitlinien und -verfahren sollte vorgeschrieben werden, ob Arzneimittel (z. B. Thrombolytika) verwendet werden sollten, um einen verstopften IO-Katheter wieder durchgängig zu machen.

### **Gibt es weitere Anleitungen zur Pflege und Überwachung der EZ-IO® über einen Zeitraum von 72 Stunden (z. B. erneute Lidocain-Gabe zur Schmerzkontrolle, Kontrolle des Punktionsortes usw.)?**

Ja.

[Siehe Pflege und Überwachung der EZ-IO®, Seite 21]

### **Können zwei oder mehr IO-Katheter in derselben Extremität platziert werden?**

Nein. Wenn mehrere Versuche an derselben Extremität vorgenommen werden, kann das wiederholte Durchdringen der Knochenrinde zu Extravasation führen, die schwierigere Komplikationen nach sich ziehen könnte (z. B. Kompartment-Syndrom). Unabhängig davon, ob eine intraossäre Punktion erfolgreich ist oder nicht, sollte innerhalb der nächsten 48 Stunden keine weitere intraossäre Punktion am selben Knochen versucht werden. Stattdessen muss ein anderer Punktionsort gewählt werden.

[Siehe Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Knochenreparatur und Epiphysenfugen, Seite 31]

### **Wie wird die EZ-IO® entfernt?**

Beliebige Luer-Lock-Spritze aufsetzen. Spritze und Katheter im Uhrzeigersinn drehen und gerade herausziehen. *Den Katheter beim Herausziehen nicht hin- und herbewegen oder biegen.*

### **Was kann getan werden, wenn der IO-Katheter aus dem Anschluss bricht oder mit den zugelassenen Verfahren nicht entfernt werden kann?**

Wenn der Plastikanschluss vom Katheter abbricht, Katheter mit einer Gefäßklemme oder einem mechanischen Werkzeug greifen, drehen und kräftig herausziehen. Wenn der Katheter nicht sichtbar gemacht werden kann, muss möglichst schnell ein Arzt oder Notarzt herangezogen werden. Weitere Angaben zur korrekten Entfernungstechnik finden Sie in den Schulungsunterlagen von Vidacare.

### **Blutet es am Punktionsort nach Entfernen der EZ-IO® nach?**

Es kann sein, dass nach dem Entfernen des EZ-IO® eine kleine Menge Blut austritt. In der Regel kann die Blutung durch direkten Druck auf die Stelle innerhalb von 1-2 Minuten gestoppt werden.

Bei antikoagulierten Patienten kann eine längere Dauer erforderlich sein.

### **Muss der Punktionsort nach Entfernen des Systems besonders verbunden oder versorgt werden?**

Nach Entfernen der EZ-IO® ist kein spezieller Verband erforderlich. Ein Wundpflaster® oder ein sauberer Verband reicht aus.

### **Kann ein Patient mit platziertem IO-Katheter in der Tibia umhergehen?**

Ja, aber die Bewegungen sollten so weit wie möglich eingeschränkt werden, bis der IO-Katheter aus der Tibia entfernt ist.

### **Bestehen nach Entfernen der EZ-IO® Einschränkungen bezüglich körperlicher Anstrengungen?**

Nein.

<sup>1</sup> Dubick MA, Holcomb JB. A review of intraosseous vascular access: current status and military application. *Mil Med* 2000;165:552-9.

<sup>2</sup> Tan BKK, Chong S, Koh ZX, et al. EZ-IO® in the ED: an observational, prospective study comparing flow rates with proximal and distal tibia intraosseous access in adults. *Amer J Emerg Med* 2012;Early Online:1-4.<sup>vs</sup>

<sup>3</sup> Ong MEH, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS-Y. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO®. *Amer J Emerg Med* 2009;27:8-15.<sup>vs</sup>

<sup>4</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69<sup>vs</sup>

## DURCHFLUSSRATEN UND DRUCKINFUSION

### *Bolusgabe und Durchflussraten*

Nach Literaturangaben schwanken die Durchflussraten von intraossären (IO), unter Druck verabreichte Infusionen zwischen 200 ml/h und 9.900 ml/h.<sup>1,2,3,4</sup> Bei einer randomisierten, kontrollierten Studie an Freiwilligen lagen die durchschnittlichen Durchflussraten bei 5 Litern pro Stunde über den Humerus und bei 1 Liter pro Stunde über die Tibia, beide bei einem Druck von 300 mm Hg.<sup>2</sup> Wie bei anderen Gefäßzugängen können die Durchflussraten intraossärer Leitungen von Patient zu Patient und je nach anatomischen Orten variieren. Die Durchflussraten hängen davon ab, ob vor der IO-Infusion ein Bolus gegeben wurde und ob die infundierten Arzneimittel oder Flüssigkeiten unter Druck verabreicht werden oder nicht. Ein nicht vorhandener Durchfluss und/oder nicht ausreichende Durchflussraten sind oft darauf zurückzuführen, dass kein Bolus gegeben wurde. Des Weiteren können die Durchflussraten bei intraossären Infusionen durch die Knochenstruktur, die Katheterposition im Knochen, die Art der verabreichten Flüssigkeiten sowie besondere Patientenmerkmale beeinflusst werden. Studien weisen darauf hin, dass der proximale Humerus schnellere Durchflussraten ermöglicht als die Punktionsorte an der Tibia.

### *IO-Infusion während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung*

Hoskins et al führten eine Reihe von präklinischen Studien durch, um die Wirksamkeit der intraossären Infusion während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung zu untersuchen. In einer Studie zeigten die Wissenschaftler, dass die in den Intraossärraum applizierte Flüssigkeit während der Herz-Lungen-Wiederbelebung wirksam in den zentralen Kreislauf gelangt.<sup>5</sup> In einer Folgestudie, bei der die Verabreichungswege über das Sternum und den Humerus verglichen wurden, stellte sich heraus, dass während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung die Medikamentenapplikation über den proximalen Humerus und das Sternum vergleichbar mit der über einen zentralvenösen Katheter ist.<sup>6</sup> In einer anderen Studie wurden die maximalen Serumkonzentrationen von Epinephrin während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung gemessen. Die Autoren fanden heraus, dass die intraossäre Verabreichung von Epinephrin über den Humerus bei einem Herzstillstand genauso wirksam ist wie die Infusion über einen zentralvenösen Katheter.<sup>7</sup>

In einem 1996 erschienenen Artikel beschrieben japanische Ärzte erfolgreiche Experimente zur Verabreichung von Reanimationsmedikamenten bei einer Herz-Lungen-Wiederbelebung.<sup>8</sup> Ein Statement der Arbeitsgruppe Advanced Life Support des European Resuscitation Council aus dem Jahr 1992 beschreibt den intraossären Verabreichungsweg als schnellen Weg zum zentralen Kreislauf und empfiehlt ihn als geeigneten Weg zur Verabreichung von Arzneimitteln während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung.<sup>9</sup>

### *Druckinfusion*

Fachleute schätzen, dass der Druck im Markraum zwischen dem systolischen und dem diastolischen Druck liegt. Um den Druck im Markraum zu überwinden, ist es erforderlich, die Infusion unter Druck (mit einer Infusionsdruckpumpe oder einem Druckbeutel) durchzuführen. Die kleinen efferenten Blutgefäße im Markraum fungieren als Filter und setzen die Durchflussrate weiter herab.<sup>10</sup> In der Regel ist eine Standard-Infusionspumpe für die intravenöse Anwendung oder ein Druckbeutel für IV-Infusionen erforderlich, der einen Druck von 300 mm Hg generieren kann. Durch manuelles Drücken des IV-Beutels kann kein ausreichender Druck erzielt werden.

### Infusionspumpen

Ob bei intraossären Infusionen adäquate Durchflussraten erzielt werden, hängt vom Druck ab: Je höher der Druck, desto höher die Durchflussrate. Viele elektronische Pumpen für die intravenöse Anwendung sind für die sehr schnelle Verabreichung großer Flüssigkeitsmengen konzipiert, werden aber oft nicht durch die Messung des Infusionsdrucks sondern durch Volumenmessung gesteuert. Daher kann es sein, dass die gewünschten intraossären Durchflussraten mit diesen Pumpen aufgrund der Begrenzung des Infusionsdrucks nicht erzielt werden können. In diesem Fall kann ein einfacher Druckbeutel verwendet werden.

### Maximaler Infusionsdruck

Bei Untersuchungen an freiwilligen Erwachsenen wurde ein maximaler Druck von 300 mm Hg verwendet (wobei die Messung des Infusionsdrucks als Studienkomponente integriert war). Zwar gibt es keinen bekannten „maximalen“ Infusionsdruck, aber es gibt verschiedene Überlegungen:

1. **Grenzen der Ausrüstung.** Die meisten Druckbeutelssysteme überschreiten 300 mm Hg nicht.
2. **Durchflussraten.** Druck und Durchflussrate sind direkt proportional: ein höherer Druck führt im Allgemeinen zu höheren Durchflussraten.
3. **Schmerzmanagement.** Druck und Infusionsschmerzen stehen in einem direkten Zusammenhang; daher führt ein höherer Druck bei wachen Patienten in der Regel zu stärkeren Schmerzen und erfordert daher mehr Schmerzmanagement.
4. **Potential für Knochenschädigungen.** Es ist nicht bekannt, ob ein höherer Infusionsdruck das Knochenmark schädigen könnte. Bei einer präklinischen Studie von Lairet kam es bei der Verwendung eines höheren Drucks (ca. 600 mm Hg) des Power-Injektors zweimal zu einem distalen Flüssigkeitsaustritt aus dem Knochen aus unbekannter Ursache (der als klinisch nicht signifikant eingestuft wurde). Anschließend histologische Analysen zeigten jedoch keine Schäden an den Gliedmaßen, die das unter hohem Druck infundierte Kontrastmittel erhalten hatten.<sup>10</sup>

### Hochdruckinfusion/Injektionssysteme

Die EZ-IO<sup>®</sup>-Nadel widersteht nachweislich 325psi (ca. 16.800 mm Hg) ohne Leck oder Bruch. Allerdings hat die EZ-Connect (Anschlussleitung) diesem Druckniveau nicht standgehalten und sollte *nicht* für die Hochdruckinfusion/Injektionssystemen verwendet werden.

### EO = Expert Opinion (Expertenmeinung)

- 
- 1 Dubick MA, Holcomb JB. A review of intraosseous vascular access: current status and military application. *Mil Med* 2000;165:552-9.
  - 2 Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69.<sup>VS</sup>
  - 3 Tan BKK, Chong S, Koh ZX, et al. EZ-IO<sup>®</sup> in the ED: an observational, prospective study comparing flow rates with proximal and distal tibia intraosseous access in adults. *Amer J Emerg Med* 2012;Early Online:1-4.<sup>VS</sup>
  - 4 Ong MEH, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS-Y. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO<sup>®</sup>. *Amer J Emerg Med* 2009;27:8-15.<sup>VS</sup>
  - 5 Hoskins S, Nascimento P, Espana J, Kramer G. Pharmacokinetics of intraosseous drug delivery during CPR. *Shock* 2005;23:35.<sup>VS</sup>
  - 6 Hoskins SL, Zachariah BS, Copper N, Kramer GC. Comparison of intraosseous proximal humerus and sternal routes for drug delivery during CPR. *Circulation* 2007;116:II\_933.<sup>VS</sup>
  - 7 Hoskins SL, Kramer GC, Stephens CT, Zachariah BS. Efficacy of epinephrine delivery via the intraosseous humeral head route during CPR. *Circulation* 2006;114:II\_1204.<sup>VS</sup>
  - 8 Iwama H, Katsumi A. Emergency fields, obtaining intravascular access for cardiopulmonary arrest patients is occasionally difficult and time-consuming. *J Trauma* 1996; 41: 931-2.
  - 9 Hapnes SA, Robertson C. CPR – drug delivery routes and systems. A statement for the Advanced Life Support Working Party of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 1992; 24:137-42.
  - 10 Lairet JR, Bebarta V, Lairet K et al. A comparison of proximal tibia, proximal humerus, and distal femur infusion rates under high pressure (>300mmHg) using the EZ-IO<sup>®</sup> intraosseous device on an adult swine (*sus scrofa*) model. *Prehospital Emergency Care* 2011;15(1):117.

## WAHL DES PUNKTIONSORTES UND DER IO-NADEL

### *Wahl des Punktionsortes*

Die Wahl des Punktionsortes für den intraossären Zugang hängt von Alter, Größe, Anatomie und Gesundheitszustand des Patienten, der Möglichkeit, anatomische Orientierungspunkte zu lokalisieren sowie von der klinischen Beurteilung und Erfahrung ab. Des Weiteren hängt die Auswahl vom Fehlen von Kontraindikationen, der Zugänglichkeit des Punktionsortes und der Möglichkeit, den Punktionsort zu überwachen und zu sichern, ab. Vergleichende Studien in der Literatur können ebenfalls als Richtschnur für die Entscheidung herangezogen werden. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass der Humerus eine bessere Stelle hinsichtlich der Durchflussraten, der Arzneimittelverabreichung und der Kontrolle von Infusionsschmerzen ist.<sup>1,2,3</sup> In jedem Fall sind Erfahrung und persönliche Präferenz des Arztes zu berücksichtigen.

### *Wahl der IO-Nadel*

Die Auswahl der geeigneten IO-Nadel sollte stets nach klinischem Ermessen aufgrund von Patientenanatomie und -gewicht sowie der Gewebedichte erfolgen. Die EZ-IO® ist in drei verschiedenen Nadellängen erhältlich: 15 mm (rosafarbener Anschluss), 25 mm (blauer Anschluss) und 45 mm (gelber Anschluss). Die Nadeln werden nicht, wie fälschlicherweise angenommen wird, in Kinder-, Erwachsenen- und große Größen eingeteilt. Für jede IO-Nadel gibt es Richtlinien hinsichtlich des Gewichtsbereichs. Vor der Einführung einer IO-Nadel sollte stets die Gewebedicke über dem Punktionsort bestimmt werden.

Der EZ-IO®-Katheter ist 5 mm vom Anschluss entfernt mit einer schwarzen Linie markiert. Wenn das EZ-IO®-Nadel durch das Weichteilgewebe eingeführt wird und den Knochen nicht erreicht oder wenn die 5-mm-Marke über der Haut nicht erkennbar ist, muss eine längere IO-Nadel oder ein anderer Punktionsort gewählt werden, bevor die Knochenrinde durchbohrt wird. Klinische Erfahrung mit dem System wird letztendlich eine schnellere Auswahl der richtigen IO-Nadel ermöglichen, aber die 5-mm-Markierung ist ein sicherer Hinweis darauf, welche IO-Nadel für den Patienten geeignet ist.

### *Erwachsene*

Die 45-mm-IO-Nadel sollte für den proximalen Humerus bei den meisten Erwachsenen und immer dann, wenn eine dicke Gewebeschicht über dem Punktionsort liegt, in Erwägung gezogen werden.

### *Kinder*

Geübte Ärzte wissen bei jedem Punktionsort und bei jeder IO-Nadellänge, dass sie den Schalter loslassen und die Einführung beenden müssen, sobald sie einen Widerstandsverlust spüren, der den Eintritt in den Markraum anzeigt. Eine Laborstudie an Modellen, die die Knochendichte nachahmen sollten, hat gezeigt, wie leicht es ist, diesen „Stoppunkt“ bei der intraossären Einführung durch taktilen Feedback zu erkennen.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69<sup>vs</sup>

<sup>2</sup> Hoskins SL, Zachariah BS, Copper N, Kramer GC. Comparison of intraosseous proximal humerus and sternal routes for drug delivery during CPR. *Circulation* 2007;116:II\_933.<sup>vs</sup>

<sup>3</sup> Miller L, Philbeck T, Montez D, Puga T. A two-phase study of fluid administration measurement during intraosseous infusion. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S151.<sup>vs</sup>

<sup>4</sup> Miller L, Philbeck T, Bolleter S, Garcia G. Tactile feedback comparison of three types of intraosseous access devices for needle insertion accuracy. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S133.<sup>vs</sup>

## PROXIMALER HUMERUS

Bei erwachsenen Patienten ist der proximale Humerus im Allgemeinen die bevorzugte Stelle für den intraossären Zugang. Dies liegt unter anderem daran, dass dieser Ort bei wachen Patienten weniger Schmerzen verursacht, höhere Durchflussraten ermöglicht, besser zugänglich ist und eine schnellere Abgabe des Arzneimittels in den zentralen Kreislauf bewirkt.

Die meisten Studien belegen, dass der proximale Humerus im Hinblick auf Durchflussraten, Arzneimittelverabreichung und das Management von Infusionsschmerzen ein erfolgreicher oder sogar überlegener Weg für die IO-Infusion ist.<sup>1,2,3,4,5</sup> Eine der ersten Beschreibungen des intraossären Zugangs über den Humerus wurde im *Journal of Trauma* veröffentlicht. In der Studie wurden verschiedene Methoden für den Gefäßzugang untersucht, einschließlich des intraossären Zugangs über den proximalen Humerus sowie peripher- und zentralvenöse Zugänge. Die Studie kam zu dem Schluss, dass der intraossäre Zugang über den Humerus signifikant schneller war als die anderen beiden Zugangswege.<sup>6</sup>

### *Arzneimittelverabreichung*

Eine 2006 veröffentlichte präklinische Studie mit Epinephrin hat gezeigt, dass der intraossäre Zugang über den Humerus zu einem höheren durchschnittlichen Arteriendruck führte als der zentralvenöse Zugang. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die intraossäre Verabreichung von Epinephrin über den Humerus bei einem Herzstillstand genauso wirksam ist wie eine intravenöse Infusion.<sup>7</sup> Bei einer 2007 durchgeführten Studie an Schweinen wurden die Zugangswege über den proximalen Humerus und das Sternum während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung verglichen. Dabei kam heraus, dass der Zugang über den Humerus bei einer Herz-Lungen-Wiederbelebung eine wirksame Alternative zur intraossären Verabreichung über das Sternum ist.<sup>8</sup>

### *Durchflussraten*

Präklinische Studien, Studien an Freiwilligen sowie klinische Studien haben die Durchflussraten bei Verwendung von verschiedenen Punktionsorten und Druckmethoden untersucht. Mit Ausnahme von einer Studie von Ong et al unterstützen die bisherigen Daten, dass der proximale Humerus die Punktionsstelle der Wahl ist, wenn maximale Durchflussraten gewünscht werden.<sup>4,5,9,10,11</sup>

### *Schmerzmanagement*

Ein 2010 veröffentlichter Artikel berichtet über die kombinierten Ergebnisse zweier Studien, bei denen das Schmerzmanagement beim intraossären Zugang untersucht wurde.<sup>6</sup> Diese Studien an Freiwilligen, bei denen Humerus- und –Tibia-Zugänge gelegt wurden, haben gezeigt, dass für die Infusion über den Humerus weniger Druck erforderlich war als beim Zugang über die Tibia und dass ein direkter Zusammenhang zwischen Infusionsdruck und Schmerzniveau (d. h. zunehmende Schmerzen bei steigendem Infusionsdruck) besteht.

Während der 90-minütigen Beobachtungszeit in der Studie mit tibialem Zugang brauchten 8 der 10 Freiwilligen, denen zuvor 100 mg Lidocain verabreicht worden waren, eine weitere Dosis von 20 mg Lidocain, um ihr Schmerzniveau unter 5 zu halten (auf einer Skala von 0 bis 10). In der Studie mit humeralem Zugang brauchte keiner der Freiwilligen – denen zuvor 60 mg Lidocain verabreicht worden waren – eine zusätzliche Lidocain-Dosis, um das Schmerzniveau unter 5 zu halten. Dieser Artikel zeigt, dass der proximale Humerus bei wachen Patienten die bevorzugte Stelle für den intraossären Zugang sein könnte.

**Abbildung 4.**

Die Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang nach Hixson.

**INTRAOSSAEOUS ADMINISTRATION OF PRESERVATIVE-FREE LIDOCAINE**  
*Read this guideline fully before use – if in doubt seek senior medical advice*

Patient with intraosseous (IO) needle in situ and responsive to pain.

Aspirate marrow for laboratory analysis, cross-match and culture, if required.

**Exclude contra-indications to lidocaine:**  
Sino-atrial disorders, all grades of AV block, severe myocardial depression, acute porphyria.

**Consider cautions to lidocaine:**  
Epilepsy, respiratory impairment, impaired cardiac function, bradycardia, severe shock, myasthenia gravis, hepatic and renal impairment, congestive cardiac failure, hypertension, elderly, post-op cardiac surgical patients, reduce dose in debilitated patients.

\* The internal volume of the IO needle and extension set must be considered when calculating administration speed. Ensure the IO needle and other 'dead space' has been totally cleared of lidocaine before flush, medication or fluids are commenced.

\*\* Observe for extravasation, hypersensitivity and other side-effects with every IO lidocaine injection: Dizziness, paraesthesia, nystagmus, rash, drowsiness, confusion, convulsions, respiratory depression, bradycardia, hypotension, methaemoglobinemia. If extravasation occurs, site a new IO needle. If side effects occur immediately stop administration and treat as appropriate.

Monitor patient clinically. Consider additional monitoring as indicated

Administer initial (higher) dose of IO lidocaine over 1 to 2 minutes.\*

Flush the IO needle with up to 10 ml sodium chloride 0.9% over 5 seconds.\*

Administer subsequent (lower) dose of IO lidocaine over 30 seconds.\*

Inject or infuse fluids and medication under pressure as required.\*

If discomfort re-occurs, consider repeating the subsequent (lower) dose of IO lidocaine at a maximum frequency of once every 45 minutes.\*\*

VOLUME OF PRESERVATIVE-FREE LIDOCAINE – TITRATE IO TO ANALGESIC EFFECT					
AGE	WEIGHT (KG)	VOLUME OF 2% (ML) 1ML OF 2% = 20 MG/ML		VOLUME OF 1% (ML) 1ML OF 1% = 10 MG/ML	
		Initial	Subsequent	Initial	Subsequent
Neonate	3	0.07	0.03	0.15	0.07
Neonate	4	0.1	0.05	0.2	0.1
7 weeks	5	0.12	0.06	0.25	0.12
3 months	6	0.15	0.07	0.3	0.15
5 months	7	0.17	0.08	0.35	0.17
7 months	8	0.2	0.1	0.4	0.2
1 year	9	0.22	0.11	0.45	0.22
15 months	10	0.25	0.12	0.5	0.25
2 years	12	0.3	0.15	0.6	0.3
3 years	14	0.35	0.17	0.7	0.35
4 years	16	0.4	0.2	0.8	0.4
5 years	18	0.45	0.22	0.9	0.45
6 years	20	0.5	0.25	1	0.5
7 years	23	0.57	0.28	1.1	0.57
8 years	26	0.65	0.32	1.3	0.65
9 years	29	0.72	0.36	1.4	0.72
10 years	32	0.8	0.4	1.6	0.8
11 years	35	0.87	0.43	1.7	0.87
12 years	39	0.97	0.48	1.9	0.97
13 years	44	1.1	0.55	2.2	1.1
14 years	50	1.2	0.62	2.5	1.2
15 years	54	1.3	0.67	2.6	1.3
16 years	58	1.4	0.72	2.8	1.4
Adult	60	1.5	0.75	3	1.5
	70	1.7	0.87	3.4	1.7
	80+	2	1	4	2

The lower volumes of 2% lidocaine (<1 ml) may be difficult to accurately measure and use of, or dilution to, 1% lidocaine should be considered under these circumstances. Use the appropriate syringe size for the volume to administer to ensure maximum accuracy:

Volume	Syringe Size
0 - 1 ml	1 ml
1 - 2.5 ml	2.5 ml
2.5 - 5 ml	5 ml

© Copyright 2012 Richard Hixson, MD. All Rights Reserved. While all care has been taken to ensure that doses and recommendations are correct, responsibility for any decision made or action taken in reliance on such information rests with the prescriber.

Die *Intraosseous Lidocaine Guideline* (Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang) wurde von Dr. Richard Hixson, einem anerkannten Spezialisten für Arzneimitteldosierung, ausgearbeitet. Sie liefert eine prägnante Richtschnur für die Verabreichung und Dosierung von Lidocain über den intraossären Zugang für alle Alters- und Gewichtsklassen. (Online-Zugriff auf das Dokument unter <http://www.pawz.net> ).<sup>12</sup>

Es gibt zahlreiche Hinweise auf eine hohe Erfolgsrate beim intraossären Zugang über den Humerus. Aber zwei prä-hospitale Studien von Reades et al verglichen den intraossären Zugang über den Humerus und die Tibia und meldeten einen geringeren Erfolg für den Zugang über den Humerus.<sup>13,14</sup> Zu diesem geringeren Erfolg haben möglicherweise Trainingsprobleme, die Nadelwahl und mangelnde Stabilisierung beigetragen.

Abbildung 5.

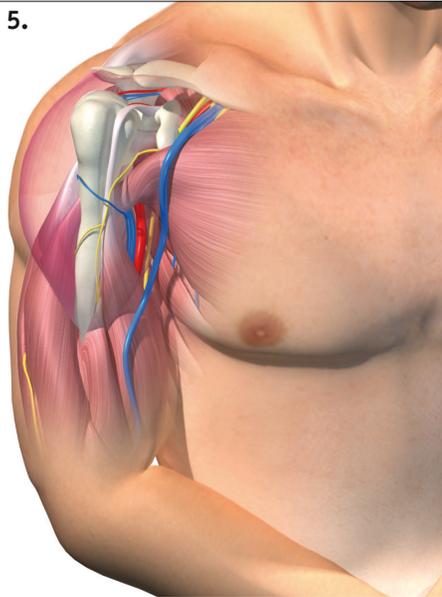
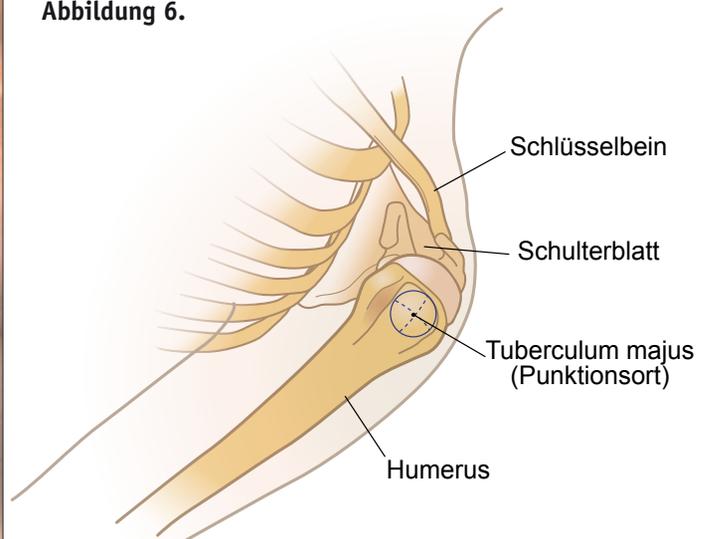


Abbildung 6.

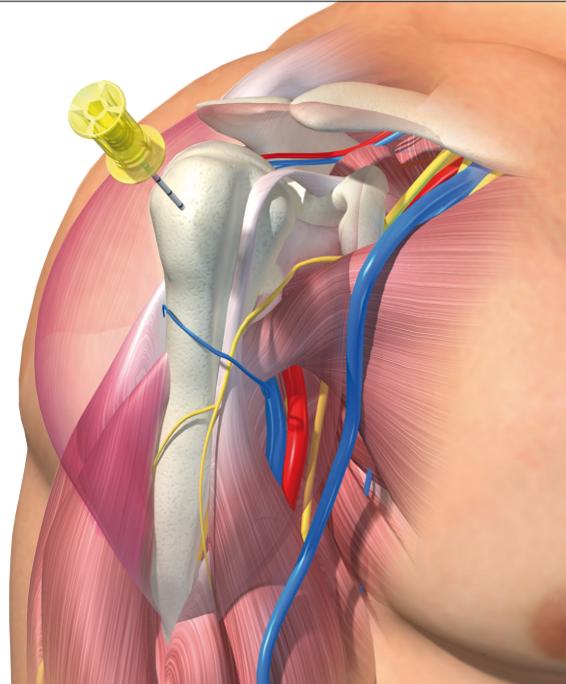


Der proximale Humerus erfordert mehr Kenntnisse und Übung. (Hinweis: Vidacare® bietet zusätzliche Informationen über die humerale intraossäre Punktion, einschließlich Literatur mit schrittweisen Anleitungen, anatomischen Abbildungen, schriftlichen Schulungsmaterialien, Videodemonstrationen und persönlichen klinischen Anleitungen vor Ort). Bei der Punktion des Humerus ist Folgendes zu beachten:

1. **Wahl der IO-Nadel.** Der Humerus ist oft von einer dicken Muskelschicht umgeben. Daher wird bei Erwachsenen für diesen Punktionsort die EZ-IO® 45 mm (gelber Anschluss) empfohlen. Bei pädiatrischen Patienten sollte die IO-Nadelwahl nach klinischem Ermessen erfolgen.
2. **Auffinden des Punktionsorts.** Das Auffinden des geeigneten Punktionsort ist ein kritischer Punkt bei der Punktion des proximalen Humerus. Das Tuberculum majus des proximalen Humerus ist ein wichtiger Orientierungspunkt. Siehe Abbildungen 5 und 6.
3. **Einführungstechnik:** Zur optimalen Einführung Arm nach innen drehen und die Hand des Patienten auf den Bauchnabel legen. Das Tuberculum majus des proximalen Humerus direkt über dem chirurgischen Hals humeri ertasten. Nadel mit einem leicht nach unten gerichteten Winkel in das Tuberculum majus einführen. Schalter des Bohrers betätigen und mäßigen, gleichmäßigen Druck ausüben. *Bei Kindern:* Schalter loslassen, wenn ein plötzlicher Widerstandsverlust verspürt wird, was das Erreichen des Markraums anzeigt. *Erwachsene:* IO-Nadel nach Kontakt mit dem Knochen oder nach dem Eintritt in den Markraum ca. 1 cm weit einführen. Bei den meisten Erwachsenen sollte ein 45-mm-Nadel so weit vorgeschoben werden, bis sich der Katheteranschluss auf Höhe der Haut befindet. Siehe **Abbildung 7**. (Weitere Anleitungen zum Verfahren entnehmen Sie bitte der EZ-IO® PowerPoint-Präsentation über die Einführung am proximalen Humerus auf [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com). Oder erkundigen Sie sich bei Ihrem Vidacare® Vertreter).

**Abbildung 7.**

Optimale Platzierung der IO-Nadel am proximalen Humerus.



4. **Stabilisierung.** Wegen der Beweglichkeit und des Aufbaus des Humerusgelenks kann der IO-Katheter durch Armbewegung oder Kontraktion des Deltamuskels (d. h. einfache Abduktion, Rotation oder Extension des Arms) verrutschen. Wenn der Arm horizontal über das Schulterniveau hinaus angehoben wird, passiert es oft, dass der IO-Katheter am Schulterdach reibt und die Nadel verrutscht oder verbiegt. Außerdem ist die Kortikalis des Humerus dünner und weicher als bei den Knochen der unteren Extremitäten. Um ein versehentliches Verrutschen zu vermeiden, empfiehlt es sich, für den IO-Zugang im proximalen Humerus den EZ-Stabilizer zu verwenden. Außerdem sollte der Arm stabilisiert werden, um Armbewegungen zu limitieren.
5. **Vorsichtsmaßnahmen.** Durch angemessenes Training und ausreichend Erfahrung können diese Fehler beim intraossären Zugang am Humerus vermieden werden:
- Inadäquate Nadellänge und/oder Punktionsortwahl
  - Schlechte Positionierung des Arms für die Einführung
  - Zu sanftes Palpieren. Oft ist beim Ertasten ein tiefer Druck erforderlich, um die Orientierungspunkte an diesem Punktionsort aufzufinden.
  - Ertasten zu weit lateral oder posterior auf dem Humerus. Der Tuberculum majus befindet sich unmittelbar vor der koronalen Mittellinie des Arms.
  - Falsche Identifizierung des Punktionsorts
  - Einführversuch zu weit anterior
  - Keine adäquate Stabilisierung nach der Einführung
  - Anheben des Arms über das Schulterniveau hinaus

<sup>1</sup> Kovar J, Gillum L. Alternate route: the humerus bone—a viable option for IO access. *JEMS* 2010;35(8):52-9.

<sup>2</sup> Wampler D, Schwartz D, Shumaker J, et al. Paramedics successfully perform humeral EZ-IO® intraosseous access in adult out-of-hospital cardiac arrest patients. *Am J Emerg Med* 2010;56(3):S88.<sup>15</sup> doi.org/10.1016/j.ajem.2011.07.010.

- <sup>3</sup> Miller L, Philbeck T, Montez D, Puga T. A two-phase study of fluid administration measurement during intraosseous infusion. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S151.<sup>VS</sup>
- <sup>4</sup> Ong MEH, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS-Y. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO®. *Amer J Emerg Med* 2009;27:8-15.<sup>VS</sup>
- <sup>5</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69<sup>VS</sup>
- <sup>6</sup> Paxton JH, Knuth TE, Klausner HA. Proximal humerus intraosseous infusion: a preferred emergency venous access. *The J Trauma* 2009;67(3):606-11.<sup>VS</sup>
- <sup>7</sup> Hoskins SL, Kramer GC, Stephens CT, Zachariah BS. Efficacy of epinephrine delivery via the intraosseous humeral head route during CPR. *Circulation* 2006;114:II\_1204.<sup>VS</sup>
- <sup>8</sup> Hoskins SL, Zachariah BS, Copper N, Kramer GC. Comparison of intraosseous proximal humerus and sternal routes for drug delivery during CPR. *Circulation* 2007;116:II\_933.<sup>VS</sup>
- <sup>9</sup> Warren DW, Kisson N, Sommerauer JF, Rieder MJ. Comparison of fluid infusion rates among peripheral intravenous and humerus, femur, malleolus, and tibial intraosseous sites in normovolemic and hypovolemic piglets. *Ann Emerg Med* 1993;22(2):183-6.
- <sup>10</sup> Lairet J, Bebart V, Lairet K et al. A comparison of proximal tibia, proximal humerus, and distal femur infusion rates under high pressure (>300 mmHg) using the EZ-IO® intraosseous device on an adult swine (sus scrofa) model. *Prehosp Emerg Care* 2011;15(1):117.
- <sup>11</sup> Lairet JR, Bebart V, Lairet K et al. Intraosseous pressure infusion comparison using a rapid infusion device and a pressure bag in a swine model. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S26.
- <sup>12</sup> Hixson R. Pawz.net. Home of the paediatric wheels. Poster: Intraosseous administration of preservative-free lidocaine. <http://www.pawz.net/posters%20and%20custom.html>. *Vidacare® disclaims all liability for the use, application or interpretation of this information in the medical treatment of any patient.*
- <sup>13</sup> Reades R, Studneck J, Garrett J, Vandeventer S, Blackwell T. Comparison of first-attempt success between tibial and humeral intraosseous insertions during out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 2011;15(2):278-81.doi:10.3109/10903127.2010.545479.
- <sup>14</sup> Reades R, Studneck J, Vandeventer S, Garrett J. Intraosseous versus intravenous vascular access during out-of-hospital cardiac arrest: a randomized controlled trial. *Ann Emerg Med* 2011;58(6):509-16.

## PFLEGE UND ÜBERWACHUNG DES EZ-IO®

Die EZ-IO® kann bis zu 72 Stunden platziert bleiben. Die Pflege und Überwachung der EZ-IO® ist ähnlich wie bei anderen venösen Zugängen: Aufrechterhaltung der Katheterdurchgängigkeit, Bestätigung der Platzierung vor der Arzneimittelverabreichung, Kontrolle des Punktionsortes und adäquate Entfernung des Systems.

### *Durchgängigkeit der EZ-IO®*

Die Durchgängigkeit der EZ-IO® kann mit einer kleinen Menge Heparin oder Kochsalzlösung aufrechterhalten werden. Je nach Dauer des intraossären Zugangs kann ein wiederholter Spritzenbolus erforderlich sein, um die Leitung wieder durchgängig zu machen. In Krankenhausleitlinien und –verfahren sollte vorgeschrieben werden, ob die Instillation von Arzneimitteln (z. B. Thrombolytika) verwendet werden sollte, um einen verstopften IO-Katheter wieder durchgängig zu machen.

### *Lagekontrolle der EZ-IO®*

Vor der Verabreichung von Arzneimitteln oder Flüssigkeiten sollte die korrekte Lage der EZ-IO® mit mindestens drei der folgenden fünf Methoden bestätigt werden:

- Möglichkeit der Blutaspiration
- Katheter sitzt fest im Knochen
- Physiologische oder pharmakologische Effekte treten ein
- Adäquate Durchflussrate
- Kein Anzeichen einer Extravasation

### *Schmerzmanagement bei wachen (schmerzempfindlichen) Patienten*

Während die Beschwerden beim Legen des intraossären (IO) Zugangs in der Regel als mäßig bis gering empfunden werden, treten bei der IO-Druckinfusion oft starke Schmerzen auf.<sup>1</sup> Zwei-prozentiges (2 %) Lidocain ohne Konservierungsstoffe und ohne Epinephrin hat sich als effizientes Mittel zur Begrenzung bzw. Linderung der Schmerzen bei der IO-Infusion erwiesen. Die Dauer der schmerzlindernden Wirkung ist von Patient zu Patient unterschiedlich. Unter Umständen sind wiederholte Lidocain-Gaben erforderlich, um die schmerzlindernde Wirkung aufrechtzuerhalten.

In einer Serie von Studien an gesunden Freiwilligen wurde die Dauer der Schmerzlinderung bei der intraossären Infusion in den proximalen Humerus und die distale Tibia gemessen. Während der 90-minütigen Beobachtungszeit in der Studie mit tibialen Zugang brauchten 8 der 10 Freiwilligen, denen zuvor 100 mg Lidocain verabreicht worden waren, eine weitere Dosis von 20 mg Lidocain, um ihr Schmerzniveau unter 5 zu halten (auf einer Skala von 0 bis 10). In der Studie mit humeralem Zugang brauchte keiner der Freiwilligen – denen zuvor 60 mg Lidocain verabreicht worden waren – eine zusätzliche Lidocain-Dosis, um das Schmerzniveau unter 5 zu halten.<sup>2</sup>

Lidocain und die angemessenen Dosierungen müssen von einem Arzt verschrieben werden. *Die Intraosseous Lidocaine Guideline* (Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang) wurde von Dr. Richard Hixson, einem anerkannten Spezialisten für Arzneimitteldosierung, ausgearbeitet. Sie liefert eine prägnante Richtschnur für die Verabreichung und Dosierung von Lidocain über den intraossären Zugang für alle Alters- und Gewichtsklassen. (Online-Zugriff auf das Dokument unter <http://www.pawz.net> ).<sup>3</sup>

### *Überwachung des Punktionsorts*

Extravasation ist die häufigste Komplikation bei der intraossären Punktion und kann zu schwerwiegenden Komplikationen wie einem Kompartment-Syndrom oder einer Nekrose führen. Die EZ-IO®-Punktionsstelle sollte, insbesondere in der ersten halben Stunde nach der Punktion und immer dann, wenn am Katheter manipuliert wird, kontinuierlich auf eventuelle Anzeichen von Extravasation, lokale Entzündung oder Dislokation überwacht werden. Nach einer anfänglichen Beobachtungszeit sollte der Punktionsort mindestens einmal stündlich überprüft werden. Die Klinikroutinen sollten die Beobachtung des Punktionsorts vorschreiben.

### *Patientenaktivität*

Nach der intraossären Punktion der Tibia, sollte der Patient möglichst wenig umherlaufen. Beim intraossären Zugang am Humerus sollte die Bewegung des betroffenen Arms so weit wie möglich eingeschränkt werden. Nach Entfernung der EZ-IO® bestehen keine Einschränkungen bezüglich körperlicher Anstrengungen.

### *Entfernen*

Luer-Lock-Spritze an den Anschluss des EZ-IO®-Katheters anschließen. Spritze und Katheter im Uhrzeigersinn drehen und gerade herausziehen. **Katheter beim Herausziehen nicht hin- und herbewegen oder verbiegen**, damit der Anschluss nicht vom Katheter abbricht. Punktionsort gegebenenfalls verbinden.

**EO** = Expert Opinion (Expertenmeinung)

---

Fowler RL, Pierce A, Nazeer S et al. 1,199 case series: Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for emergency patients. *Ann Emerg Med* 2008;52(4):S152.<sup>15</sup>

<sup>2</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69<sup>15</sup>

<sup>3</sup> Hixson R. Pawz.net. Home of the paediatric wheels. Poster: Intraosseous administration of preservative-free lidocaine. <http://www.pawz.net/posters%20and%20custom.html>. *Vidacare® disclaims all liability for the use, application or interpretation of this information in the medical treatment of any patient.*

## EZ-IO® G3 BOHRER (9058/9040) UND ÜBUNGSBOHRER (9059)

### *Lebensdauer des Bohrers*

Unter idealen Bedingungen können mit dem EZ-IO® G3 Bohrer ca. 500 EZ-IO®-Nadeln eingeführt werden. Diese Zahl kann jedoch je nach Lagerungs- und Benutzungsbedingungen wesentlich niedriger liegen. Die Bohrer werden mit nicht wieder aufladbaren Mangandioxid-Lithium-Batterien betrieben, die wesentlich bessere Leistungs- und Lagerungsmerkmale haben als frühere Batterien.

Alle Batterien werden mit der Zeit schwächer. Wenn der Bohrer regelmäßig unter extremen oder sich ständig ändernden klimatischen Bedingungen in einem Rettungsfahrzeug transportiert wird oder wenn der Bohrer oft unter extremen Bedingungen benutzt wird, kann seine Funktionsdauer wesentlich geringer sein.

Es gibt noch weitere Faktoren, die die Funktionsdauer des Bohrers verkürzen können. Die tägliche Überprüfung der Ausrüstung (Betätigen des Schalters, um den Bohrer einzuschalten) ist einer der wichtigsten Gründe dafür, dass der Bohrer ausgetauscht werden muss. Das grüne Licht am Bohrergriff zeigt einen adäquaten Batterieladezustand an. Das Licht wird rot, wenn noch ca. 10 % Batteriefunktionsdauer verbleiben, und zeigt damit an, dass ein Bohrerwechsel anberaumt werden muss.

### *Reinigung des Bohrers*

Besondere Hinweise und Anleitungen zur Reinigung des Bohrers sind der entsprechenden **Gebrauchsanweisung** zu entnehmen.

Die Gebrauchsanweisung ist auch auf Vidacare®s Website unter [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com) einzusehen.

### *Sterilisation des Bohrers*

Sollte eine Sterilisation des Bohrers in Ihrer Klinik erforderlich sein, kann der G3-Bohrer im STERRAD® 100S, NX Standardzyklus und 100NX Standardzyklus sterilisiert werden. STERRAD® ist ein Produkt von Advanced Sterilization Products.

### *Übungsbohrer*

Der G3-Übungsbohrer ist nur für Übungs- und Demonstrationszwecke bestimmt. Übungsbohrer sind in der Regel stärkerem Gebrauch, häufigerem Transport und der häufigen Handhabung durch unerfahrene Anwender ausgesetzt. Aufgrund von Unterschieden hinsichtlich Zulassung, Qualität und Reinigung darf der Übungsbohrer nicht zur Patientenversorgung eingesetzt werden.

### *Schalterschutz/ EZ-IO®-Tasche (gelbes Softcase)*

Das EZ-IO®-Tasche (gelbes Softcase) enthält eine eingebaute Halterung für den Bohrer. Wenn der Bohrer *mit angebrachtem Schalterschutz* in die Halterung gelegt wird, kann er versehentlich eingeschaltet werden, was zur Batterieerschöpfung führt. Um dies zu vermeiden, sollte der Schalterschutz komplett abgenommen werden, wenn der Bohrer in die Halterung gelegt wird.

## EZ-CONNECT VON VIDACARE®

Die Anschlussleitung EZ-Connect von Vidacare® ist ein nadelfreies Verbindungsset mit einem Rückschlagventil mit Split-Septum-Technologie (nicht-mechanisch), abtupfbarem Zuspritzport mit negativem Spülvolumen und Luer-Lock-Adapter. Der nadelfreie Anschluss ermöglicht es, eine Spritze an der Anschlussleitung anzuschließen, statt sie direkt am EZ-IO®-Katheter anzubringen (was vermieden werden sollte). Die EZ-Connect hat ein Niedrigprofildesign. Sie wurde so konzipiert, dass ein Abknicken der Anschlussleitung verhindert wird, die EZ-IO® gesichert ist und ein versehentliches Verrutschen verhindert wird.

### *Vorbeugung/Kontrolle von Infektionen*

Die EZ-Connect verwendet den nadelfreien Robertsite®-Anschluss von Halkey Roberts. Bei Studien zur Evaluierung der Integrität der mikrobiologischen Eigenschaften des Ventils stellte sich heraus, dass das System eine adäquate Keimbarriere aufrechterhält.<sup>1</sup>

Alle Komponenten des intraossären Infusionssystems EZ-IO®, einschließlich der EZ-Connect, sind DEHP- und latexfrei.

EU: Vorgefüllte Glasspritzen von Martindale Pharma: Die EZ-Connect ist mit jeder Spritze und jedem Anschluss kompatibel, die/der gemäß ISO 594 Spezifikation hergestellt wurde.

---

<sup>1</sup> Halkey-Roberts Corp. <http://www.halkeyroberts.com/products/medical/rnv-marketing-booklet.aspx>. Accessed February 14, 2012.

## KOMPLIKATIONEN

### Welche Komplikationen können beim intraossären Gefäßzugang auftreten?

Historisch liegt die dokumentierte Gesamtrate schwerer Komplikationen beim intraossären Zugang und der intraossären Infusion unter 1 %.

[Siehe Komplikationen der intraossären Punktion, Seite 27]

- **Extravasation** von Flüssigkeiten ist die häufigste Komplikation bei IO-Kathetern.
- **Das Kompartment-Syndrom** kann auftreten, wenn eine große Extravasation nicht detektiert wird, was einen chirurgischen Eingriff oder eine Amputation zur Folge haben kann.
- **Osteomyelitis** ist eine seltene, aber schwere Infektion. Die am häufigsten zitierte Rate beträgt 0,6 % und stammt aus einer 1985 veröffentlichten Metaanalyse von intraossären Punktionen, die zu einer Zeit durchgeführt wurden, als noch keine modernen Techniken und Geräte zur Verfügung standen. Eine jüngere Studie liegt nicht vor. Nach Literaturangaben und Aufzeichnungen von Vidacare® liegt die Rate wesentlich niedriger: weniger als ein Vorfall bei 100.000 Zugängen.

Seltene Komplikationen sind lokalisierte Infektionen, Perforation des posterioren Knochenkortex, Verbiegen oder Verstopfen des Katheters und Schwierigkeiten beim Entfernen des Systems. In der Regel können Komplikationen durch die adäquate Punktionstechnik und kontinuierliche Überwachung der Punktionsstelle vermieden werden.

[Siehe Komplikationen der intraossären Punktion, Seite 27]

### Stellt Osteomyelitis ein signifikantes Risiko beim Einsatz der EZ-IO® dar?

Nein. Zwischen 2005 und 2011 wurden über 50 klinische Forschungsstudien veröffentlicht, in die über 4.200 Patienten eingeschlossen waren. In diesen Studien wurde kein Fall von Osteomyelitis beobachtet. Vidacare® wurde ein Fall von Osteomyelitis unter mehr als 1 Million Punktionen gemeldet. Der Patient war kein Teilnehmer einer klinischen Studie.

[Siehe Osteomyelitis, Seite 35]

### Führt die Infusion von Arzneimitteln über den Intraossärraum langfristig zu Knochenmarksschädigungen?

In der bekannten medizinischen Literatur wurden keine Langzeitschäden an menschlichen Knochen erwähnt. Bei einer präklinischen Studie an Schweinen wurde eine Knochenmarksschädigung nach mehrmaliger Infusion von Adriamycin® über den intraossären Zugang beobachtet. Eine andere präklinische Studie an Schweinen berichtete über Knochenmarksschädigungen nach mehrmaliger Infusion von hypertonischer Kochsalzlösung. Jedes Arzneimittel, das Sklerose oder Venenschäden hervorrufen kann, hat das Potential, intraossäre Gefäße zu schädigen. Daher sollten vor dem Einsatz die Risiken und Nutzen der Verabreichung dieser Medikamente über den intraossären Zugang sorgfältig gegeneinander abgewägt werden.

[Siehe Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Knochenreparatur und Epiphysenfugen, Seite 31]

### Beeinträchtigt die intraossäre Punktion oder Infusion die Epiphysenfuge bei pädiatrischen Patienten?

Nein. Dieses Problem wird zwar oft als theoretische Komplikation des intraossären Zugangs erwähnt, aber durch die klinische Literatur nicht bestätigt. Mehrere Studien haben die Auswirkungen des intraossären Zugangs auf die Epiphysenfuge von Kindern untersucht und keine langfristigen Auswirkungen gefunden.

[Siehe Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Knochenreparatur und Epiphysenfugen, Seite 31]

### **Sind Fett- oder Thrombembolien ein Problem bei IO-Infusionen?**

In der bekannten medizinischen Literatur wird keine klinisch signifikante Fettembolie infolge einer intraossären Medikamentenapplikation gemeldet.

[Siehe Embolie, Seite 33]

### **Kann durch einen IO-Katheter eine Luftembolie entstehen?**

Eine Luftembolie kann durch jeden Gefäßzugang, d. h. durch peripher- oder zentralvenösen, arteriellen oder intraossären Zugang, in das Kreislaufsystem gelangen. Sofort nach der Einführung des IO-Katheters sollten immer eine gespülte Spritze und eine Anschlussleitung oder ein Infusionsschlauch auf den Katheteranschluss gesetzt werden. Der im Knochen vorliegende Druck verhindert eine spontane Luftembolie, die bei zentralvenösen Kathetern wahrscheinlicher ist.

[Siehe Embolie, Seite 33]

### **Verfolgt Vidacare® Komplikationen im Zusammenhang mit dem EZ-IO®?**

Vidacare® verfolgt alle gemeldeten Probleme oder Komplikationen im Zusammenhang mit der EZ-IO® gemäß den ISO- (International Organization for Standardization) Anforderungen für Medizinprodukte.

## KOMPLIKATIONEN DER INTRAOSSÄREN PUNKTION

Historisch liegt die dokumentierte Gesamtrate von Komplikationen beim intraossären Zugang und der intraossären Infusion unter 1 %. Eine Metaanalyse aus dem Jahr 1985 von über 4.200 Patienten ergab als häufigste Komplikation im Zusammenhang mit dem intraossären Zugang Infektion, einschließlich Osteomyelitis (0,6 %). Sie wurde mit intraossären Zugängen bei bakteriämischen Patienten und verlängerten Infusionen in Zusammenhang gebracht.<sup>1</sup>

Mit modernen Verfahren und Geräten ist Extravasation die am häufigsten gemeldete Komplikation.<sup>2,3</sup> Die einfache Extravasation an sich kann unauffällig sein, aber wenn sie länger unentdeckt bleibt, kann es zum Kompartment-Syndrom kommen. Daher wird die sorgfältige Überwachung der Punktionsstelle dringend empfohlen.

[Siehe Kompartment-Syndrom, Seite 29]

Außerdem wurden einige sehr seltene Komplikationen gemeldet. Dazu zählen Fraktur und gescheiterte Infusion infolge eines verbogenen oder verstopften Katheters.<sup>4,5,6,7,8</sup>

### *Komplikationen im Zusammenhang mit der EZ-IO®*

Bis März 2012 wurden die Ergebnisse von über 50 klinischen Studien oder Fallstudien mit dem EZ-IO® an über 4.200 Patienten in der klinischen Literatur veröffentlicht.<sup>9</sup> Insgesamt werden darin vier schwere Komplikationen beschrieben. Es wurde über drei Fälle von Kompartment-Syndrom berichtet, von denen zwei eine Amputation zur Folge hatten.<sup>10,11</sup> Beim vierten Fall handelte es sich um eine ausgedehnte Gewebekrose, die einen operativen Eingriff nach der Verabreichung von Fibrinolytika über die EZ-IO® erforderte.<sup>12</sup> Es wurden keine Fälle von Osteomyelitis gemeldet, ein Problem, das im Zusammenhang mit IO-Infusionen oft genannt wird. Zu den weniger schweren Komplikationen zählten Extravasation, Infiltration, langsame Durchflussrate, Verrutschen des Katheters, Unfähigkeit zur Bolusgabe, Leck, Probleme mit dem System, Schwierigkeiten beim Entfernen des Systems und lokale Entzündung.

In einer 2005 veröffentlichten prospektiven Studie mit der EZ-IO® an 250 erwachsenen Patienten berichteten Davidoff et al eine Gesamtkomplikationsrate von 3 %, wobei erfolglose Medikamentenverabreichung am häufigsten auftrat.<sup>13</sup> Diese Komplikationen hingen im Allgemeinen damit zusammen, dass der Katheter nach der Einführung nicht mit einem Spritzenbolus gespült wurde, was ein kritischer Schritt bei IO-Infusionen ist. Es gab keine Fälle von Osteomyelitis, Embolie, Fraktur, Infektion, Extravasation oder Kompartment-Syndrom.

Die Rate der in der Literatur erwähnten schweren Komplikationen im Zusammenhang mit der EZ-IO® liegt unter 0,001 % (weniger als eine pro 100.000 intraossäre Zugänge bis zum März 2012).

<sup>1</sup> Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, et al. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):885-8.

<sup>2</sup> Gluckman W. Intraosseous cannulation. *Emedicine* August 2010. Available at: <http://www.emedicine.com/ped/topic2557.htm>. Accessed February 7, 2012.

- <sup>3</sup> Fowler RL, Pierce A, Nazeer S et al. 1,199 case series: Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for emergency patients. *Ann Emerg Med* 2008;52(4):S152.<sup>VS</sup>
- <sup>4</sup> Vidal R, Kisson N, Gayle M. Compartment syndrome following intraosseous infusion. *Pediatrics* 1993;91(6):1201-2.
- <sup>5</sup> Smith R, Davis N, Bouamra O, Lecky F. The utilisation of intraosseous infusion in the resuscitation of paediatric major trauma patients. *Injury* 2005;36(9):1034-8.
- <sup>6</sup> Katz DS, Wojtowycz AR. Tibial fracture: a complication of intraosseous infusion. *Am J Emerg Med* 1994;12(2):258-9.
- <sup>7</sup> Bowley DM, Loveland J, Pitcher GJ. Tibial fracture as a complication of intraosseous infusion during pediatric resuscitation. *J Trauma* 2003; 55(4):786-7.
- <sup>8</sup> La Fleche FR, Slepín MJ, Vargas J, Milzman DP. Iatrogenic bilateral tibial fractures after intraosseous infusions attempts in a 3-month-old infant. *Ann Emerg Med* 1989;18(10):1099-1101.
- <sup>9</sup> Vidacare® EZ-IO® Bibliography at [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com/EZ-IO®/Evidence-Based-Medicine-Research.aspx) : <http://www.Vidacare.com/EZ-IO®/Evidence-Based-Medicine-Research.aspx> (Accessed February 7, 2012)
- <sup>10</sup> Khan LAK, Anakwe RE, Murray A, Godwin Y. A severe complication following intraosseous infusion used during resuscitation of a child. *Inj Extra* 2011;doi:10.1016/j.injury.2011.05.015.
- <sup>11</sup> Taylor CC, Clarke NMP. Amputation and intraosseous access in infants. *BMJ* 2011;342:d2778 doi: 10.1136/bmj.d2778.
- <sup>12</sup> Christian L, David P, Nicolas G, et al. Complications of intraosseous administration of systemic fibrinolysis for a massive pulmonary embolism with cardiac arrest. *Resuscitation* (2010), doi:10.1016/j.resuscitation.2012.01.044.
- <sup>13</sup> Davidoff J, Fowler R, Gordon D, Klein G et al. Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults. *J Emerg Med* 2005;30(10 Suppl):S20-3.<sup>VS</sup>

## KOMPARTMENT-SYNDROM

### *Kompartiment-Syndrom 101*

„Kompartments“ bestehen aus Muskelgewebe, Nerven und Blutgefäßen, die von dicken, nicht dehnbaren Gewebeschichten (Faszien) voneinander getrennt werden und umgeben sind. Das *Kompartiment-Syndrom* tritt auf, wenn durch das Anschwellen in diesem begrenzten Raum ein Druck auf Nerven, Blutgefäße und Muskeln ausgeübt wird, weil sich der Raum nicht ausdehnen kann. Dies kann durch die Instillation von Flüssigkeiten in das Weichteilgewebe außerhalb des Gefäßraums verursacht werden. Am häufigsten tritt das Kompartiment-Syndrom im Unterschenkel auf. Die Schwellung in diesem Kompartiment kann so weit voranschreiten, dass die Blutgefäße in diesem Kompartiment zusammengedrückt werden, was einen Sauerstoffmangel und schließlich die Bildung von nekrotischem Gewebe zur Folge hat. Wenn dieser Zustand dem intraossären Zugang zugeschrieben wird, ist das Kompartiment-Syndrom in der Regel die Folge einer Extravasation, der häufigsten Komplikation beim intraossären Gefäßzugang, einschließlich der EZ-IO®. Das Kompartiment-Syndrom tritt in der Regel dann auf, wenn die Ärzte frühe Anzeichen einer Extravasation nicht erkennen. In Extremfällen ist die Amputation einer Gliedmaße erforderlich, wenn das Kompartiment-Syndrom nicht früh genug erkannt und adäquat behandelt wird. Wurde das Kompartiment-Syndrom erkannt, besteht die Behandlung im Wesentlichen darin, die Quelle des erhöhten Drucks zu beseitigen und sorgfältig zu überwachen, vorausgesetzt, dass der Kreislauf nicht beeinträchtigt wurde. In schwerwiegenderen Fällen kann eine Fasziotomie (chirurgische Eröffnung der das Kompartiment umgebenden Faszie, um den Druck abzulassen) erforderlich sein, um den Kreislauf wiederherzustellen. Wenn der Kreislauf nicht innerhalb von ca. vier Stunden wiederhergestellt wird, kann eine Gewebsnekrose entstehen, die eine Amputation erforderlich macht.

### *Durch intraossären Zugang bedingtes Kompartiment-Syndrom in der Literatur*

In der medizinischen Literatur wurden 2008 zwei und 2011 vier pädiatrische Fälle von Kompartiment-Syndrom gemeldet.<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Sie waren auf unsachgemäße Technik, Verrutschen des Katheters und verlängerte Infusion mit ätzenden Mitteln zurückzuführen. In einem Fall ergaben die weiteren Untersuchungen (für den Bericht an die US-amerikanische Food and Drug Administration), dass die zugrundeliegende Extravasation vermutlich auf den wiederholten Versuch eines intraossären Zugangs am selben Knochen zurückzuführen war. Andere Fälle von Kompartiment-Syndrom sind bei der Verwendung älterer Systeme aufgetreten; zwei führten zur Amputation von Gliedmaßen.<sup>7,8,9,10,11,12,13,14</sup>

Diese Fälle unterstreichen die Bedeutung adäquater Schulung, der Wahl der geeigneten IO-Nadel und des richtigen Punktionsorts, der richtigen Technik, bei der die richtige Platzierung des IO-Katheters im Markraum bestätigt und das IO-System stabilisiert wird. Durch die häufige Überwachung des Punktionsortes und der betroffenen Extremität, insbesondere bei verlängerter Infusion, langen Transportzeiten und der Verabreichung großer Flüssigkeitsvolumen kann eine Extravasation früh erkannt und die Entstehung des Kompartiment-Syndroms verhindert werden.

<sup>1</sup> Carreras-Gonzales E, Brio-Sanagustin S, Guimera I, Crespo C. Complication of the intraosseous route in a newborn infant. *Med Intensiva* 2011;doi:10.1016/j.medin.2011.05.004.

<sup>2</sup> Khan LAK, Anakwe RE, Murray A, Godwin Y. A severe complication following intraosseous infusion used during resuscitation of a child. *Inj Extra* 2011;doi:10.1016/j.injury.2011.05.015.

<sup>3</sup> Taylor CC, Clarke NMP. Amputation and intraosseous access in infants. *BMJ* 2011;342:d2778 doi: 10.1136/bmj.d2778.

<sup>4</sup> Atanda A Jr, Statter MB. Compartment syndrome of the leg after intraosseous infusion: guidelines for prevention, early detection, and treatment. *Am J Orthop* 2008; 37:E198-200.

<sup>5</sup> Moen TC, Sarwark JF. Compartment syndrome following intraosseous infusion. *Orthopedics* 2008;37(12):E198-200.

- <sup>6</sup> Wright R, Reynolds SI, Nachtsheim B. Compartment syndrome secondary to prolonged intraosseous infusion. *Pediatr Emerg Care* 1994;10(3):157-9.
- <sup>7</sup> Moscati R, Moore GP. Compartment syndrome with resultant amputation following intraosseous infusion. *Am J Emerg Med* 1990; 8(5):470-1.
- <sup>8</sup> Galpin RD, Kronick JB, Willis RB, Frewen TC. Bilateral lower extremity compartment syndromes secondary to intraosseous fluid resuscitation. *J Pediatr Orthop* 1991; 11(6):773-6.
- <sup>9</sup> Gayle M, Kisson N. A case of compartment syndrome following intraosseous infusions. *Pediatr Emerg Care* 1994; 10(6):378.
- <sup>10</sup> Launay F, Paut O, Katchburian M, Bourelle S, Jouve JL, Bollini G. Leg amputation after intraosseous infusion in a 7-month-old infant: a case report. *J Trauma* 2003; 55(4):788-90.
- <sup>11</sup> Vidal R, Kisson N, Gayle M. Compartment syndrome following intraosseous infusion. *Pediatrics* 1993; 91(6):1201-2.
- <sup>12</sup> Burke T, Kehl DK. Intraosseous infusion in infants. Case report of a complication. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75(3):428-9.
- <sup>13</sup> Ribeiro JA, Price CT, Knapp DR Jr. Compartment syndrome of the lower extremity after intraosseous infusion of fluid. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75(3):430-3.
- <sup>14</sup> Simmons CM, Johnson NE, Perkin RM, van Stralen D. Intraosseous extravasation complication reports. *Ann Emerg Med* 1994; 23(2):363-6.

## AUSWIRKUNGEN DES INTRAOSSÄREN ZUGANGS AUF EPIPHYSENFUGEN UND KNOCHENREPARATUR

### *Auswirkung auf die Epiphysenfugen*

Ein 1990 im *New England Journal of Medicine* veröffentlichter Artikel betont die relative Sicherheit des intraossären Zugangs und berichtet, dass in früheren Untersuchungen keine anhaltenden negativen Auswirkungen von intraossären Infusionen auf den Knochen, die Epiphysenfugen und das Knochenmark festgestellt wurden.<sup>1</sup> Das Fehlen negativer Auswirkungen auf die Epiphysenfuge im Anschluss an eine intraossäre Infusion wurde in mehreren radiographischen Studien an Kindern nachgewiesen. Präklinische Studien an Schweinen kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Ein klinischer Bericht von 72 Patienten, die D<sub>50</sub>-W-Injektionen erhalten hatten, zeigte in einem dreijährigen Beobachtungszeitraum keine Störung der Epiphysenfuge.<sup>2</sup> Auch ein 2003 veröffentlichter Übersichtsartikel bestätigt diese Ergebnisse.<sup>3</sup>

### **Klinische Forschung**

Eine 1946 durchgeführte klinische Studie untersuchte Knochenabnormitäten in einer radiographischen Langzeitbeobachtung von 36 pädiatrischen Patienten, bei denen ein intraossärer Zugang gelegt worden war. Keiner der Patienten wies radiographisch nachweisbare Knochenabnormitäten auf, und das Knochenwachstum war bei allen Patienten normal.<sup>1</sup> In einer 1986 durchgeführten Studie an zehn pädiatrischen Patienten stellten die Wissenschaftler 6 und 12 Wochen nach dem intraossären Zugang keine Knochendefekte oder -deformationen fest.<sup>4</sup> In einer Studie aus dem Jahr 1997 wurden bei pädiatrischen Patienten 12 Monate nach der intraossären Infusion radiographische Messungen der Tibia durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Tibialänge.<sup>5</sup> Bei einer 2003 durchgeführten klinischen Studie an pädiatrischen Patienten, die eine intraossäre Infusion erhalten hatten, wurden keine radiographisch nachweisbaren Unterschiede in der Tibiabreite oder -länge festgestellt. Die Röntgenaufnahmen wurden durchschnittlich 29 Monate nach der Infusion gemacht.<sup>6</sup>

### **Präklinische Forschung**

In einer präklinischen Studie zur intraossären Infusion bei jungen Schweinen wurden nach 2 und 6 Monaten keine Wachstumsstörungen oder Abnormitäten der Epiphysenfuge festgestellt.<sup>7</sup> Bei einer anderen präklinischen Studie wurde festgestellt, dass die intraossäre Infusion von Kochsalzlösung und Bikarbonat die Epiphysenfugen nicht schädigt. Die Forscher beobachteten einen Schwund an den Knochenbälkchen, die die Epiphysenfuge stützen, aber der Schwund wurde schnell repariert.<sup>8</sup> Bei einer 1993 durchgeführten präklinischen Studie wurden keine Veränderungen des Knochenwachstums von epiphysären Verletzungen im Zusammenhang mit intraossären Infusionen festgestellt.<sup>9</sup>

### *Knochenreparatur nach intraossärer Infusion*

In der Metanalyse von Rosetti (1985) wurden zahlreiche Nachbeobachtungsstudien vorgestellt, bei denen Knochenmark und Knochen 24 Stunden bis 22 Monate nach der Infusion untersucht wurden.<sup>10</sup> Knochenhautentzündungen am Punktionsort verschwanden nach 2-3 Wochen; der Zellreichtum des Knochenmarks nach einer isotonischen Infusion war etwas geringer oder normal; es wurden keine Langzeitveränderungen am Knochen nach einer isotonischen Infusion beobachtet.

Nach einer präklinischen Studie aus dem Jahr 2010 dauert die Verheilung des Knochens (bis zu dem Punkt, dass am selben Knochen ein intraossärer Zugang gelegt und eine Infusion durchgeführt werden kann) nach Entfernen des Katheters ca. 48 Stunden. Zu dem Zeitpunkt ist die Fibrinbildung und Gerinnung ausreichend, um eine Extravasation durch das Loch der vorherigen Punktion zu verhindern. Die komplette Verheilung (bis zu dem Zeitpunkt, wo im Röntgenbild kein Loch mehr erkennbar ist), dauert einige Tage bis mehrere Wochen.<sup>11</sup>

- <sup>1</sup> Fiser DH. Intraosseous infusion. *N Engl J Med* 1990;322(22):1579-81.
- <sup>2</sup> Heinild S, Sondergaard T, Tuvad F. Bone marrow infusion in childhood. *J Pediatr* 1947;30(6):400-2.
- <sup>3</sup> LaRocco BG, Wang HE. Intraosseous infusion. *Prehosp Emerg Care* 2003;7:280-5.
- <sup>4</sup> Iserson KV, Criss E. Intraosseous infusions: a usable technique. *Am J Emerg Med* 1986;4(6):540-2.
- <sup>5</sup> Fiser RT, Walker WM, Seibert JJ, et al. Tibial length following intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis. *Pediatr Emerg Care* 1997;13(3):186-8
- <sup>6</sup> Claudet I, Baunin C, Laporte-Turpin E. Long-term effects on tibial growth after intraosseous infusion: a prospective, -radiographic analysis. *Pediatr Emerg Care* 2003;19(6):397-401.
- <sup>7</sup> Brickman KR, Rega P, Koltz M, Guinness M. Analysis of growth plate abnormalities following intraosseous infusion through the proximal tibia epiphysis in pigs. *Ann Emerg Med* 1988;17(2):121-3.
- <sup>8</sup> Dedrick DK, Mase C, Ranger W, Burney RE. The effects of intraosseous infusion on the growth plate in a nestling rabbit model. *Ann Emerg Med* 1992;21(5):494-7.
- <sup>9</sup> Bielski RJ, Bassett GS, Fideler B, Tolo VT. Intraosseous infusions: effects on the immature physis--an experimental model in rabbits. *J Pediatr Orthop* 1993; 13: 511-5.
- <sup>10</sup> Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, et al. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):885-8.
- <sup>11</sup> Miller LJ, Philbeck TE, Puga TA, Montez DF, Escobar GP. A pre-clinical study to determine the time to bone sealing and healing following intraosseous vascular access. *Ann Emerg Med* 2011;58(4S):S240.<sup>vs</sup>

## EMBOLIE

### *Thrombembolie*

Thrombembolien sind aufgrund der Anatomie und Physiologie des Kreislaufs im Markraum typischerweise keine Komplikation im Zusammenhang mit intraossären Infusionen. Es wurde nur von einem Fall einer arteriellen Thrombose bei einem Patienten berichtet, der eine intraossäre Infusion erhalten hatte. Die Autoren waren sich hinsichtlich der Ursache der Thrombose nicht sicher, und die genauen Mechanismen des Krankheitsverlaufs waren unklar.<sup>1</sup>

### **Luftembolie**

Wie bei *jedem* Gefäßzugang *kann* beim intraossären Zugang eine Luftembolie in den Kreislauf gelangen. Die entscheidenden Faktoren, die eine Luftembolie begünstigen, sind relative Druckgradienten zwischen der Punktionsstelle und dem Umgebungsdruck sowie die Kathetergröße.

In der veröffentlichten Literatur gibt es zwei Fälle von Luftembolie bei Patienten mit einer intraossären Infusion. Im ersten Fall wurde bei der Autopsie eines 7 Monate alten Kindes eine Luftembolie der Gehirnarterien festgestellt.<sup>2</sup> Die genaue Todesursache konnte nicht bestimmt werden, aber es wurde festgehalten, dass bei dem Patienten neben dem intraossären Zugang kein weiterer Zugang gelegt worden war. Die Autoren merkten jedoch an, dass die Luft sowohl während der Versuche, einen zentralvenösen oder arteriellen Zugang zu legen, als auch durch den intraossären Zugang in die Gefäße gelangt sein kann.

Im zweiten Fall wurden bei der postmortalen CT an einem 4 Monate alten Kind, das am plötzlichen Kindstod gestorben war, mehrere Gasembolien entdeckt.<sup>3</sup> Für den intraossären Zugang war eine Knochenmarksaspirationsnadel verwendet worden. Es wurden keine alternativen Versuche eines Gefäßzugangs beobachtet. Der Autor schlussfolgerte, dass durch die intraossäre Infusion von Arzneimitteln Gas in den Kreislauf gelangt sein könnte, und kam zu dem Schluss, dass die Reanimation bei eingeführter/m, nicht angeschlossener/m IO-Nadel/-Katheter vermieden werden sollte.

Da der Druck im Intraossärraum höher ist als der Umgebungsdruck, ist eine Luftembolie über den intraossären Zugang weniger wahrscheinlich als bei anderen Gefäßzugängen. Nach der Einführung des IO-Katheters sollten immer eine gespülte Spritze und eine Anschlussleitung oder ein Infusionsschlauch auf den Katheteranschluss gesetzt werden und bis zum Entfernen des Katheters dort verbleiben.

### **Fettembolie**

Aus der medizinischen Literatur und der täglichen Praxis ist kein klinisch signifikanter Fall von Fettembolie infolge einer intraossären Infusion bekannt, obwohl präklinische Studien eine mikroskopisch kleine Fettembolie in der Lunge nach einer intraossären Infusion bei hohem Druck gezeigt haben.<sup>4,5</sup>

Das Risiko einer durch intraossäre Infusion bedingten Fettembolie wurde in präklinischen Studien untersucht und über zwei Jahrzehnte in der klinischen Literatur beschrieben. In einer Studie an Hunden untersuchten Orłowski et al das Auftreten von Fett- und Knochenmarksembolien in der Lunge

nach intraossärer Applikation von hypertonen Lösungen und Notfallmedikamenten.<sup>6</sup> Die Wissenschaftler fanden keine Unterschiede in der durchschnittlichen Anzahl von Fett- und Knochenmarksembolien pro Quadratmillimeter Lungengewebe im Vergleich zur Kontrolle, denen normale Kochsalzlösung verabreicht wurde. 1995 veröffentlichte Plewa eine präklinische Studie, in der hämatologische Parameter bei intraossären und intravenösen Transfusionen von autologem Blut verglichen wurden.<sup>7</sup> Die Autoren beobachteten, dass alle hämatologischen Parameter in beiden Gruppen innerhalb der normalen Grenzen blieben und kamen zu dem Schluss, dass intraossäre Bluttransfusionen hämatologisch sicher sind und dass kein Risiko einer relevanten Hämolyse, einer disseminierten intravasalen Gerinnung oder eines Fettemboliesyndroms besteht.

In einer 1997 durchgeführten Studie an Schweinen wurde die intraossäre Infusion während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung untersucht. Dabei wurde in der IO-Gruppe kein Anstieg von Fettembolien im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt, der keine intraossären Infusionen verabreicht wurden.<sup>5</sup> In einer anderen Schweinestudie wurde ein geringes Niveau an Fettembolien festgestellt (ein bis drei Embolien pro Hauptgesichtsfeld bei 30 % der Proben). Die Wissenschaftler zogen die Schlussfolgerung, dass die Gefahr einer Fettembolie beim intraossären Zugang zwar besteht, aber dass die klinische Relevanz unklar ist.<sup>8</sup>

Von einer Fallserie mit 18 pädiatrischen Patienten, die während der Reanimation eine intraossäre Infusion erhielten, wurde eine Komplikation mit einer kleineren Fettembolie gemeldet, die aber nicht klinisch signifikant war.<sup>9</sup>

- 
- <sup>1</sup> Launay F, Paut O, Katchburian M, et al. Leg amputation after intraosseous infusion in a 7-month-old infant : a case report. *J of Trauma* 2003;55(4):788-90.
  - <sup>2</sup> Van Rijn RR, Knoester H, Maes A, van der Wal AC, Kubat B. Cerebral arterial air embolism in a child after intraosseous infusion. *Emerg Radiol* 2008; 15(4): 259-62.
  - <sup>3</sup> Hillewig E, Aghayev E, Jackowski C, et al. Gas embolism following intraosseous medication application proven by post-mortem multislice computed tomography and autopsy. *Resuscitation* 2007;72:149-53.
  - <sup>4</sup> Byrick R. Pulmonary fat embolism and intraosseous infusion. *Pediatr Crit Care Med* 2001;2(2):184-5.
  - <sup>5</sup> Fiallos M, Kissoon N, Abdelmodium T, et al. Fat embolism with the use of intraosseous infusion during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Med Sci* 1997;314(2):73-9.
  - <sup>6</sup> Orłowski JP, Julius CJ, Petras RE, Porembka DT, Gallagher JM. The safety of intraosseous infusions: risks of fat and bone marrow emboli to the lungs. *Ann Emerg Med* 1989;18(10):1062-7.
  - <sup>7</sup> Plewa MC, King RW, Fenn-Buderer N, Gretzinger K, Renuart D, Cruz R. Hematologic safety of intraosseous blood transfusion in a swine model of pediatric hemorrhagic hypovolemia. *Acad Emerg Med* 1995;2(9):799-809.
  - <sup>8</sup> Hasan MY, Kissoon N, Khan TM, Saldajeno V, Goldstein J, Murphy SP. Intraosseous infusion and pulmonary fat embolism. *Pediatr Crit Care Med* 2001;2(2):133-8.
  - <sup>9</sup> Moller JC, Tegtmeyer FK, Schaible TF, Sussman JB. Intraosseous puncture as vascular access in pediatric emergency and intensive care medicine. *Anaesthesiol Reanim* 1996;21(4):103-7.

## OSTEOMYELITIS

Zahlreiche Forschungsstudien und -berichte in der Literatur haben das niedrige Risiko für das Auftreten von Osteomyelitis im Intraossärraum behandelt.

In einer 1985 durchgeführten Metaanalyse vom Komplikationen bei intraossären Zugängen bei über 4.200 Patienten war Osteomyelitis mit 0,6 % die häufigste Komplikation und sie wurde der Anlage eines intraossären Zugangs bei bakteriämischen Patienten sowie verlängerten Infusionen zugeschrieben.<sup>1</sup> Seit der Metaanalyse von Rosetti et al. aus dem Jahr 1985 wurden in der bekannten Literatur sechs Osteomyelitis-Fälle gemeldet.<sup>2,3,4,5,6,7</sup>

Bis März 2012 wurden die Ergebnisse von über 50 klinischen Studien oder Fallstudien mit der EZ-IO® an über 4.200 Patienten veröffentlicht. Insgesamt wurden in den Studien keine Fälle von Osteomyelitis gemeldet. Ein EZ-IO®-bedingter Fall von Osteomyelitis bei einem Patienten, der kein Studienteilnehmer war, wurde Vidacare® gemeldet. Der pädiatrische Patient wies zahlreiche Begleiterkrankungen auf, einschließlich Sepsis. Bis zur ersten Nachuntersuchung verbesserte sich der Zustand des Patienten stetig, aber es liegen keine vollständigen Daten über die Nachbeobachtung vor.<sup>8</sup>

Bis März 2012 wurde die EZ-IO® seit ihrer Markteinführung 2004 bei über 1.000.000 Punktionen verwendet, und in diesem Zeitraum wurde nur ein Fall von Osteomyelitis gemeldet. Bedenkt man die Gesamtzahl der Einsätze, bleibt das Osteomyelitis-Risiko gering.

---

<sup>1</sup> Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, et al. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):885-8.

<sup>2</sup> Platt SL, Notterman DA, Winchester P. Fungal osteomyelitis and sepsis from intraosseous infusion. *Pediatr Emerg Care* 1993; 9: 149-50.

<sup>3</sup> Rosovsky M, FitzPatrick M, Goldfarb CR, Finestone H. Bilateral osteomyelitis due to intraosseous infusion: case report and review of the English-language literature. *Pediatr Radiol* 1994; 24: 72-3.

<sup>4</sup> Barron BJ, Tran HD, Lamki LM. Scintigraphic findings of osteomyelitis after intraosseous infusion in a child. *Clin Nucl Med* 1994; 19: 307-8.

<sup>5</sup> Stoll E, Golej J, Burda G, Hermon M, Boigner H, Trittenwein G. Osteomyelitis at the injection site of adrenalin through an intraosseous needle in a 3-month-old infant. *Resuscitation* 2002; 53: 315-8.

<sup>6</sup> Dogan A, Irmak H, Harman M, Ceylan A, Akpınar F, Tosun N. Tibial osteomyelitis following intraosseous infusion: a case report. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2004; 38:357-60.

<sup>7</sup> Henson NL, Payan JM, Terk MR. Tibial subacute osteomyelitis with intraosseous abscess: an unusual complication of intraosseous infusion. *Skeletal Radiol* 2010;doi:10.1007/s00256-010-1027-1029.

<sup>8</sup> Vidacare® Internal Database (as of April 2012).

## ARZNEIMITTEL/FLÜSSIGKEITEN

### **Welche Flüssigkeiten und Arzneimittel können intraossär (IO) verabreicht werden?**

Fast alle Flüssigkeiten und Arzneimittel, die sicher über einen periphervenösen Zugang zu verabreichen sind, können auch intraossär sicher verabreicht werden. Umgekehrt sollten alle Arzneimittel, die über einen periphervenösen Zugang nicht sicher zu verabreichen sind, auch nicht intraossär verabreicht werden. Miteinander unverträgliche Arzneimittel und Flüssigkeiten sollten entsprechend den Standardpraktiken für die intravenöse Infusion nacheinander infundiert werden.

### **Welche Dosierungen sind für die IO-Infusion erforderlich (im Vergleich zu Dosierungen bei intravenösen Infusionen)?**

Im Allgemeinen entsprechen die Dosierungen für die intraossäre Infusion denen für die intravenöse Verabreichung. Arzneimittel und Flüssigkeiten erreichen den zentralen Kreislauf über beide Verabreichungswege ungefähr in der gleichen Konzentration. (HINWEIS: Bei der wiederholten Gabe von hypertonischen Flüssigkeiten ist Vorsicht geboten).

### **Welche Arzneimittel wurden bis jetzt erfolgreich (intraossär) verabreicht?**

Nachstehend sind Arzneimittel aufgelistet, die ohne gemeldete Nebenwirkungen wirksam über den intraossären Verabreichungsweg appliziert wurden.

[Siehe Literaturliste, Seite 37]

- Adenosin (z. B. Adrekar)
- Albumin
- Alfentanil (z. B. Rapifen)
- Aminophyllin
- Amiodaron (z. B. Cordarex)
- Ampicillin
- Anascorp (Gegenmittel gegen Skorpiongift)
- Anästhetika
- Antibiotika (viele)
- Antitoxine (verschiedene)
- Atracuriumbesilat (z. B. Tracrium)
- Atropin
- Azactam (z. B. Aztreonam)
- Blut und Blutprodukte
- Kalziumchlorid
- Kalziumglukonat
- Cefepim Hydrochlorid (z. B. Maxipime)
- Ceftriaxon (z. B. Rocephin)
- Kontrastmittel
- Dexamethason (z. B. Fortecortin)
- Dextran
- D5 ½NS
- Dextrose 10 %
- Dextrose 25 %
- Dextrose 50 %
- Diazepam (z. B. Valium)
- Diazoxid (z. B. Hyperstat)
- Digoxin (z. B. Lanicor)
- Diltiazem (z. B. Dilzem)
- Diphenhydramin (z. B. Benadryl)
- Dobutaminhydrochlorid (z. B. Dobutrex)
- Dopamin
- Ephedrin
- Epinephrin
- Esmolol (z. B. Brevibloc)
- Etomidat
- Fentanyl
- Fluconazol (z. B. Diflucan)
- Flumazenil (z. B. Anexate)
- Fosphenytoin (z. B. Cerebyx, Prodilantin)
- Furosemid (z. B. Lasix)
- Gentamycin
- Haloperidol (z. B. Haldol)
- Heparin
- Hydroxo-cobalamin (B12)
- Hydromorphon (z. B. Dilaudid)
- Insulin
- Isoprenalin (z. B. Isoproterenol, Isuprel)
- Ketamin
- Labetalol (z. B. Normodyne)
- Levetiracetam (z. B. Keppra)
- Lidocain (z. B. Xylocain)
- Linezolid (z. B. Zyvoxid)
- Lorazepam (z. B. Tavor)
- Magnesiumsulfat
- Mannitol
- Methylprednisolon (z. B. Urbason)
- Metoprolol (z. B. Beloc)
- Midazolam (z. B. Dormicum)
- Mivacurium (z. B. Mivacron)
- Morphinsulfat
- Nalbuphin (z. B. Nalpain)
- Naloxon
- Neostigmin (z. B. Neostig)
- Nitroglycerin
- Nitroprussid (z. B. Nipruss)
- Vecuroniumbromid (z. B. Norcuron)
- Norepinephrin (Arterenol)
- Isotonische Kochsalzlösung
- Ondansetron (z. B. Zofran)
- Pancuronium
- Paracetamol
- Phenobarbital
- Phenylephrin
- Phenytoin (z. B. Phenhydant)
- Piperacillin
- Plasmanat
- Kaliumchlorid
- Promethazin (z. B. Atosil)
- Propofol (z. B. Disoprivan)
- Propranolol (z. B. Dociton)
- Remifentanil (z. B. Ultiva)
- Ringer-Laktat-Lösung
- Rocuronium (z. B. Esmeron)
- Natriumbicarbonat
- Standard IV-Lösungen
- Succinylcholin (z. B. Lysthenon)
- Tenectaplastase (z. B. Metalyse)
- Thiamin
- Thiopental (z. B. Trapanal)
- Tobramycinsulfat
- Vancomycin
- Vasopressin (z. B. Pitressin, Argipressin)

## SCHMERZBEHANDLUNG FÜR DIE IO-INFUSION

Während die Beschwerden beim Legen des intraossären (IO) Zugangs in der Regel als mäßig bis gering empfunden werden, treten bei der IO-Druckinfusion oft starke Schmerzen auf.<sup>1</sup> Zwei-prozentiges (2 %) Lidocain ohne Konservierungsstoffe ohne Epinephrin hat sich als effizientes Mittel zur Begrenzung bzw. Linderung der Schmerzen bei der IO-Infusion erwiesen. Lidocain, das als Anästhetikum intraossär verabreicht wird, sollte *langsam* in den Intraossärraum infundiert werden, bevor der Bolus mit Kochsalzlösung gegeben wird.

### *Wache Patienten/Lidocain-Dosierung*

Vidacare® stellt kein Lidocain her und kann daher keine spezifischen Dosisempfehlungen geben (Herstellerempfehlungen beachten). In zahlreichen Veröffentlichungen werden klinische Erfahrungen mit der intraossären Verabreichung von Lidocain bei schmerzempfindlichen Patienten beschrieben.<sup>2,3,4,5,6,7,8,9,10,11</sup> Diese genannten Quellen geben Lidocain-Anfangsdosen von 20 – 80 mg mit unterschiedlichen Erhaltungsdosen an. *Die Intraosseous Lidocaine Guideline* (Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang) wurde von Dr. Richard Hixson, einem anerkannten Spezialisten für Arzneimitteldosierung, ausgearbeitet. Sie liefert eine prägnante Richtschnur für die Verabreichung und Dosierung von Lidocain über den intraossären Zugang für alle Alters- und Gewichtsklassen. (Online-Zugriff unter <http://www.pawz.net> ).<sup>12</sup>

Eine Serie von Studien an gesunden Freiwilligen zeigte eine vernünftige Linderung der bei intraossärer Infusion auftretenden Schmerzen mit einer Lidocain-Anfangsdosis von 40 mg und einer anschließenden Dosis von 20 mg nach dem Bolus.<sup>13</sup> Bei intraossären Infusionen über den proximalen Humerus konnte die Schmerzlinderung 90 Minuten lang ohne wiederholte Gabe aufrechterhalten werden. Der proximale Humerus kann bei wachen Patienten der bevorzugte Punktionsort sein, da die Infusionsschmerzen geringer und leichter zu kontrollieren sind. Lidocain und die angemessenen Dosierungen müssen von einem qualifizierten Arzt verschrieben werden.

### *Technik*

1. EZ-Connect mit Lidocain spülen.
2. Verordnete Lidocain-Dosis langsam über 30-60 Sekunden durch die IO-Nadel infundieren, damit das Anästhetikum wirken kann. Langsam infundieren, da die Schmerzen proportional zum Druck sind.
3. Ca. 1 Minute warten, bis die Wirkung des Lidocains eintritt.
4. Bolusgabe, um den Markraum für einen optimalen Durchfluss aufzuspülen (10 ml für Erwachsene; angepasste Dosis für Kinder).
5. Nach dem Bolus oder wenn die Schmerzen anhalten eventuell zusätzliches Lidocain verabreichen.

### *Haftungsausschluss*

Die intravenöse oder intraossäre Verabreichung von Arzneimitteln, einschließlich Lidocain, liegt in der Verantwortung des behandelnden Arztes, leitenden Arztes oder qualifizierten verschreibenden Arztes und ist keine offizielle Empfehlung von Vidacare®.

- <sup>1</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69 <sup>VS</sup>.
- <sup>2</sup> Ong MEH, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS-Y. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO®. *Am J Emerg Med* 2009;27:8-15. <sup>VS</sup>
- <sup>3</sup> Fowler RL, Pierce A, Nazeer S et al. 1,199 case series: Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for emergency patients. *Ann Emerg Med* 2008;52:S152. <sup>VS</sup>
- <sup>4</sup> Paxton JH, Knuth TE, Klausner HA. Proximal humerus intraosseous infusion: a preferred emergency venous access. *J Trauma*. 2009; 67: 606-11. <sup>VS</sup>
- <sup>5</sup> Wayne MA. Intraosseous vascular access: devices, sites and rationale for IO use. *JEMS* 2007;32:S23-5.
- <sup>6</sup> Frascone RJ, Jensen JP, Kaye K, Salzman JG. Consecutive field trials using two different intraosseous devices. *Prehosp Emerg Care* 2007;11:164-71. <sup>VS</sup>
- <sup>7</sup> Fowler R, Gallagher JV, Isaacs SM, et al. The role of intraosseous vascular access in the out-of-hospital environment (resource document to NAEMSP position statement). *Prehosp Emerg Care* 2007;11:63-6. <sup>VS</sup>
- <sup>8</sup> Miller L, Kramer GC, Bolleter S. Rescue access made easy. *JEMS* 2005;30:S8-18. <sup>VS</sup>
- <sup>9</sup> Davidoff J, Fowler R, Gordon D, et al. Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial. *JEMS* 2005;30:S20-3. <sup>VS</sup>
- <sup>10</sup> Gillum L, Kovar J. Powered intraosseous access in the prehospital setting: MCHD EMS puts the EZ-IO® to the test. *JEMS* 2005;30:S24-6.
- <sup>11</sup> Cooper BR, Mahoney PF, Hodgetts TJ, Mellor A. Intra-osseous access (EZIO®) for resuscitation: UK military combat experience. *JR Army Med Corps* 2008;153(4):314-6.
- <sup>12</sup> Hixson R. Pawz.net. Home of the paediatric wheels. Poster: Intraosseous administration of preservative-free lidocaine. <http://www.pawz.net/posters%20and%20custom.htm>. *Vidacare® disclaims all liability for the use, application or interpretation of this information in the medical treatment of any patient.*
- <sup>13</sup> Philbeck TE, Miller LJ, Montez D, Puga T. Hurts so good; easing IO pain and pressure. *JEMS* 2010;35(9):58-69 <sup>VS</sup>

## PÄDIATRIE

### **Kann ein IO-Nadel „für Erwachsene“ (25 mm oder 45 mm) bei einem Kind verwendet werden?**

Für die EZ-IO®-Nadeln gibt es keine spezifischen Kennzeichnungen für Erwachsene und Kinder. Jedes Nadel ist für bestimmte Gewichtsbereiche vorgesehen.\* Die längere 45-mm-Nadel sollte für Humeruspunktionen bei Erwachsenen und immer dann verwendet werden, wenn sich eine dicke Gewebsschicht über dem Punktionsort befindet. Die Auswahl der geeigneten Nadel sollte stets nach klinischem Ermessen aufgrund der Anatomie und des Gewichts des Patienten und der Gewebedichte erfolgen. So wie eine kleine, betagte Frau vielleicht einen kürzeren Katheter benötigt, kann für ein adipöses Kind ein längerer Katheter erforderlich sein. Der EZ-IO®-Katheter ist 5 mm vom Anschluss entfernt mit einer schwarzen Linie markiert. Wenn die EZ-IO®-Nadel durch das Weichteilgewebe eingeführt wird und den Knochen nicht erreicht oder wenn die 5-mm-Marke über der Haut nicht erkennbar ist, muss eine andere IO-Nadel oder ein anderer Punktionsort gewählt werden, bevor die Knochenrinde durchbohrt wird.

[Siehe Auswahl des Punktionsortes und des Nadelsets, Seite 15]

### **Wie tief sollte die IO-Nadel bei Kindern eingeführt werden?**

Schalter des Bohrers betätigen und mäßigen, leichten Druck ausüben. Schalter loslassen, wenn Widerstandsverlust auftritt, dies zeigt das Erreichen des Markraums an. In einer Studie im Jahr 2010 mit einer bohrergetriebenen IO-Nadel wurde die hohe Zuverlässigkeit der Bestimmung der richtigen IO-Nadel durch taktiles Feedback bestätigt (an Modellen, an denen unterschiedliche Knochendichten simuliert wurden).<sup>1</sup>

### **Besteht das Risiko, mit der EZ-IO® zu weit vorzudringen?**

Das Durchdringen des posterioren Knochenkortex mit der IO-Nadel ist eine mögliche Komplikation, die aber durch die Wahl der geeigneten Nadellänge und der richtigen Punktionsstechnik vermieden werden kann.

### **Ist das Kompartment-Syndrom bei pädiatrischen Patienten ein Problem?**

Ja. Das Kompartment-Syndrom ist eine schwere Komplikation, die auftreten kann, wenn eine große Extravasation unerkannt bleibt. Der Punktionsort sollte oft auf Anzeichen einer Extravasation überwacht werden.

[Siehe Kompartment-Syndrom, Seite 29]

### **Ist der Femur für die EZ-IO® bei Kindern zugelassen?**

Ja. Die CE-Kennzeichnung für die EZ-IO® schließt den distalen Femur ein. Die US-amerikanische Food and Drug Administration hat die EZ-IO® nicht für den Gebrauch am distalen Femur zugelassen.

### **Wie hoch ist das Risiko einer Verletzung der Epiphysenfuge bei Kindern?**

In klinischen und präklinischen Studien wurden keine Fälle mit beeinträchtigtem Wachstum oder Knochenabnormalitäten beobachtet. [Siehe Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Knochenreparatur und Epiphysenfugen, Seite 31]

### **Was kann bei Kindern und Kleinkindern gegen die Schmerzen bei der intraossären Punktion und Infusion getan werden?**

Zwei Prozent (2 %) Lidocain ohne Konservierungsstoffe und ohne Epinephrin (d. h. kardiales Lidocain) hat sich als wirksames Mittel zur Begrenzung und Linderung von Schmerzen bei der intraossären Infusion erwiesen. Intraossär verabreichtes Lidocain sollte sehr langsam (über 30 - 60 Sekunden) verabreicht werden, damit es im Intraossärraum verbleibt und seine anästhetische Wirkung entfaltet, statt sofort in den zentralen Kreislauf überzugehen. *Die Intraosseous Lidocaine Guideline* (Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang) wurde von Dr. Richard Hixson, einem anerkannten Spezialisten für Arzneimitteldosierung, ausgearbeitet. Sie liefert eine prägnante Richtschnur für die Verabreichung und Dosierung von Lidocain über den intraossären Zugang für alle Alters- und Gewichtsklassen. (Online-Zugriff auf das Dokument unter <http://www.pawz.net>).

[Siehe Schmerzbehandlung für die IO-Infusion, Seite 38]

### **Wie groß ist der „Totraum“ im EZ-Connect?**

Ca. 1,0 ml Arzneimittel/Flüssigkeit verbleiben in der EZ-Connect, bevor sie den Gefäßkreislauf erreichen. Der 15-mm-EZ-IO<sup>®</sup>-Katheter selbst enthält 0,03 ml, ein 25-mm-Katheter 0,045 ml und ein 45-mm-Katheter 0,07 ml. Diese Volumina müssen in die Dosierungen für pädiatrische Patienten einbezogen werden. Die EZ-Connect muss immer erst gespült werden, bevor sie mit dem EZ-IO<sup>®</sup>-Anschluss verbunden wird.

(Hinweis: Bei schmerzempfindlichen Patienten die EZ-Connect ggf. mit 2 % Lidocain ohne Konservierungsmittel und ohne Epinephrin) spülen.

### **Muss die EZ-IO<sup>®</sup> bei Kleinkindern in einer besonderen Weise befestigt werden?**

Ja. Der EZ-IO<sup>®</sup> Stabilizer wird für alle Patienten dringend empfohlen, aber insbesondere für Kinder, da sie weichere, dünnere Knochen haben.

---

<sup>1</sup> Miller L, Philbeck T, Bolleter S, Garcia G. Tactile feedback comparison of three types of intraosseous access devices for needle insertion accuracy. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S133.<sup>45</sup>

## PÄDIATRIE UND INTRAOSSÄRER ZUGANG

Die American Heart Association (AHA) und der European Resuscitation Council (ERC) erkennen den intraossären Zugang als zuverlässigen Gefäßzugang für Kinder an.<sup>17</sup> In den 2010 AHA Guidelines for Pediatric Advanced Life Support heißt es: „Der intraossäre Zugang ist ein schneller, wirksamer und akzeptabler Gefäßzugang bei Kindern. Alle intravenös zu verabreichenden Arzneimittel, einschließlich Epinephrin, Adenosin, Flüssigkeiten, Blutprodukten und Katecholaminen können intraossär appliziert werden.“<sup>1</sup> Die AHA-Richtlinie betont auch, dass medizinische Fachkräfte die Zeit begrenzen sollten, in der sie bei einem lebensbedrohlich kranken/verletzten Kind versuchen, einen peripheren Zugang zu legen. Die AHA bestätigt den intraossären und den intravenösen Zugang als bevorzugten Weg für die Arzneimittelverabreichung bei Herz-Lungen-Wiederbelebung und rät vom zentralvenösen Zugang als ersten Gefäßzugangsweg in Notfällen ab.

Die medizinische Fachliteratur spiegelt die Anwendung des intraossären Zugangs bei Kindern über mehrere Jahrzehnte wider. Die meisten dieser Quellen zitieren die Sicherheit und Wirksamkeit des intraossären Gefäßzugangs bei pädiatrischen Patienten. Eine vollständige Liste der bekannten Quellen zur Anwendung des intraossären Zugangs bei Kindern finden Sie auf [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com) oder:

<http://www.Vidacare.com/EZ-IO®/Evidence-Based-Medicine-Research.aspx>

### Literaturübersicht

Eine frühe Studie (1947) an 495 pädiatrischen Patienten, denen ein intraossärer Zugang gelegt wurde, betont seinen „großen Vorteil in der Pädiatrie.“<sup>2</sup> Ein Artikel von Iserson et al aus dem Jahr 1986 diskutiert die erfolgreiche Anwendung des intraossären Zugangs bei 10 pädiatrischen Patienten und beschreibt den intraossären Zugang als sichere, schnelle Methode, um Zugang zum venösen Kreislauf zu erhalten.<sup>3</sup>

Ein 1990 im *New England Journal of Medicine* veröffentlichter Artikel betont die relative Sicherheit des intraossären Zugangs und berichtet, dass in früheren Untersuchungen keine anhaltenden negativen Auswirkungen von intraossären Infusionen auf den Knochen, die Epiphysenfugen und das Knochenmark festgestellt wurden.<sup>4</sup>

Eine retrospektive Studie aus dem Jahr 2005 zeigte die Sicherheit und Wirksamkeit der IO-Nadel-/Katheterplatzierung bei pädiatrischen Notfalltransporten. Die Wissenschaftler identifizierten 47 Patienten, bei denen 58 intraossäre Punktionen erforderlich waren; die Erfolgsrate beim ersten Versuch betrug 78 %.<sup>5</sup> Bei 12 % der Patienten wurden Komplikationen festgestellt, die alle auf lokale Ödeme oder Infiltration beschränkt waren.

In einer zweiten retrospektiven Studie aus dem Jahr 2005 wurden die Daten von 129 pädiatrischen Patienten mit starkem Trauma untersucht, bei denen ein intraossärer Gefäßzugang angelegt wurde. Die Autoren merken an, dass die relativ hohe Sterblichkeitsrate (64 %) vermutlich auf den Schweregrad der Verletzungen und die Schwierigkeit, einen venösen Zugang zu etablieren, zurückzuführen war. Die Wissenschaftler kommen zu dem Schluss, dass der intraossäre Zugangsweg sicher, einfach und effektiv ist, und empfehlen Schulungen über den intraossären Zugang für medizinische Fachkräfte, die mit pädiatrischen Traumapatienten zu tun haben.<sup>6</sup>

In einer 2008 veröffentlichten retrospektiven Studie an 95 pädiatrischen Patienten wurden Sicherheit und Wirksamkeit des EZ-IO®-Systems für den intraossären Zugang evaluiert.<sup>7</sup> Bei 94 % der Patienten wurde eine erfolgreiche Punktion und Infusion erzielt, bei 77 % davon im ersten Versuch. Die Autoren berichten von vier kleineren Komplikationen (4,2 %), die aber alle nicht signifikant waren. Die Schlussfolgerungen der Studie bekräftigen die Anwendung der EZ-IO® für Kinder in Notfallsituationen.

Frascone untersuchte in einer prospektiven Studie den prähospitalen Einsatz der EZ-IO® bei Kindern.<sup>8</sup> Bei 95 % der Patienten wurde eine erfolgreiche Punktion erzielt. Die meisten medizinischen Fachkräfte (Rettungsfachpersonal, Pflegepersonal) gaben an, dass sie mit dem System „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ seien, und bevorzugten es gegenüber einer manuell einzubringenden Intraossärnadel. Zu den gemeldeten Komplikationen zählten Infiltration (2), niedrige Durchflussrate (2) und Verrutschen der Nadel (1) während des Transports.

Ein Artikel aus dem Jahr 2010 untersucht den intravaskulären Gefäßzugang in der pädiatrischen Population, für den Einsatz durch Anästhesisten.<sup>9</sup> Zwei 2011 in *The New England Journal of Medicine* und *Paediatric Critical Care* erschienene Artikel geben einen Überblick über den Einsatz des intraossären Zugangs bei pädiatrischen Patienten.<sup>10,11</sup>

### *Auswirkung auf die Epiphysenfugen*

Ein 1990 im *New England Journal of Medicine* veröffentlichter Artikel betont die relative Sicherheit des intraossären Zugangs und berichtet, dass in früheren Untersuchungen keine anhaltenden negativen Auswirkungen von intraossären Infusionen auf den Knochen, die Epiphysenfugen und das Knochenmark festgestellt wurden.<sup>12</sup> Das Fehlen negativer Auswirkungen auf die Epiphysenfuge im Anschluss an eine intraossäre Infusion wurde in mehreren radiographischen Studien an Kindern nachgewiesen. Präklinische Studien an Schweinen kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Ein klinischer Bericht von 72 Patienten, die D<sub>50</sub>W-Injektionen erhalten hatten, zeigte in einem dreijährigen Beobachtungszeitraum keine Störung der Epiphysenfuge.<sup>13</sup> Auch ein 2003 veröffentlichter Übersichtsartikel bestätigt diese Ergebnisse.<sup>14</sup>

### *Technik für die EZ-IO®*

**Wahl des Punktionsorts:** Die Identifizierung und Auffindung geeigneter anatomischer Orientierungspunkte sind entscheidend für eine erfolgreiche intraossäre Punktion. Die Abbildungen 8a, 8b, 8c und 8d zeigen Querschnitte der verschiedenen intraossären Punktionsorte bei Kindern.

*Proximale Tibia:* Bei Kindern unter zwei Jahren ist die Tuberositas tibiae unter Umständen noch nicht entwickelt. Wenn die Tuberositas tibiae nicht erkennbar ist, sollte unterhalb der Kniescheibe palpirt werden. Gehen Sie 2 Fingerbreit (ca. 3 cm) unter die Kniescheibe. Der Punktionsort befindet sich 1 Fingerbreit medial davon. Wenn die Tuberositas tibiae ertastbar ist, befindet sich der Punktionsort 1 Fingerbreit medial davon.

*Distale Tibia:* Legen Sie einen Finger direkt oberhalb des Malleolus medialis. Gehen Sie 2 Fingerbreit (ca. 3 cm) nach proximal und tasten Sie die anterioren und posterioren Ränder der Tibia ab. Der Punktionsort liegt auf dem flachen, zentralen Teil des Knochens.

*Proximaler Humerus:* Zur optimalen Einführung Arm nach innen drehen und die Hand des Patienten auf den Bauchnabel legen. Das Tuberculum majus des proximalen Humerus direkt über dem chirurgischen Hals humeri ertasten. Das Tuberculum majus ist der Punktionsort. Nadel mit einem leicht nach unten gerichteten Winkel in das Tuberculum majus einführen. Der proximale Humerus sollte bei pädiatrischen Patienten nur dann verwendet werden, wenn anatomische Orientierungspunkte deutlich auffindbar sind.

*Distaler Femur:* Die anatomischen Orientierungspunkte (oberer Rand der Kniescheibe und distaler Femur) sind leicht auffindbar. Der Punktionsort befindet sich im vorderen Teil des Femurs, 1 Fingerbreit proximal der Kniescheibe. Am besten wird die IO-Nadel medial von der Sehne eingeführt; eventuell ist eine längere Nadel erforderlich. Vor der Punktion sollte das Bein mit einem gepolsterten Brett immobilisiert werden, um eine Beugung des Kniegelenks zu verhindern, weil dadurch die Nadel verrutschen könnte. Der Zielbereich am distalen Femur ist relativ groß: ca. 3 cm lang und 2 cm breit bei einem 3 kg schweren Säugling. Der distale Femur kann für Kinder unter 6 Jahren in Betracht gezogen werden.

**Abbildung 8a.**  
**Distaler Femur**



**Abbildung 8b.**  
**Proximale Tibia**



**Abbildung 8c.**  
**Distale Tibia**



**Abbildung 8d.**  
**Proximaler Humerus**



**Einführung:** Anhand der Tiefenmarkierung (schwarze Linie am EZ-IO®-Katheter) sicherstellen, dass mindestens 5 mm des Katheters sichtbar sind. Zur Einführung ist ein moderater, gleichmäßiger Druck erforderlich. Wegen der weicheren, kleineren Knochen von Kindern muss bei der Einführung mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden, um übermäßigen Druck und ein Zurückziehen der Nadel zu vermeiden. Ein Zurückziehen der Nadel tritt dann auf, wenn der Anwender beim Eindringen in den Markraum keinen Widerstand mehr verspürt und versehentlich den Bohrer zurückzieht. Dadurch kann die Nadel aus dem Markraum rutschen, sodass an diesem Ort keine weiteren Punktionsversuche mehr unternommen werden können. Schalter loslassen, wenn ein plötzlicher Widerstandsverlust verspürt wird. Dies zeigt an, dass der Markraum erreicht wurde. In einer Studie im Jahr 2010 mit einer bohrergetriebenen IO-Nadel wurde die hohe Zuverlässigkeit der Bestimmung der richtigen IO-Nadel durch taktiles Feedback bestätigt (an Modellen, an denen unterschiedliche Knochendichten simuliert wurden).<sup>15</sup>

**Stabilisierung:** Nach der Einführung der EZ-IO® das System mit dem EZ-Stabilizer sichern, um eine versehentliche Dislokation zu vermeiden. Der EZ-Stabilizer kann auf die richtige Größe zugeschnitten werden und lässt sich zusammenschieben, um ihn an verschiedene Einführtiefen anzupassen. Im Allgemeinen sollte der EZ-Stabilizer nicht um eine Extremität herum platziert werden. Falls kein EZ-Stabilizer bereitsteht, sollte die IO-Nadel auf andere Weise gesichert werden.

**Bolus :** Kleinere pädiatrische Patienten sind nicht in der Lage, das gleiche Bolusvolumen aufzunehmen, wie es für Erwachsene empfohlen wird. Die Bestimmung des geeigneten Bolusvolumens bei pädiatrischen Patienten sollte nach klinischem Ermessen erfolgen und hängt von der Größe und vom Gewicht des Kindes ab. Bei pädiatrischen Patienten müssen Bolus und Flüssigkeitsabgabe unter Umständen bei geringerem Druck (als bei Erwachsenen) erfolgen.

**Wache Patienten** (oder Schmerz empfindliche Patienten): Ziehen Sie die Gabe von 2 % Lidocain ohne Konservierungsmittel und ohne Epinephrin (d. h. kardiales Lidocain) als Anästhetikum vor dem ersten Bolus mit Kochsalzlösung in Erwägung. EZ-Connect mit der adäquaten Menge Lidocain spülen. Zur Bestimmung der Dosis können gewichtsbasierte Reanimationsleitlinien verwendet werden. Die *Intraosseous Lidocaine Guideline* (Leitlinie zur Gabe von Lidocain beim intraossären Zugang) wurde von Dr. Richard Hixson, einem anerkannten Spezialisten für Arzneimitteldosierung, ausgearbeitet. Sie liefert eine prägnante Richtschnur für die Verabreichung und Dosierung von Lidocain über den intraossären Zugang für alle Alters- und Gewichtsklassen. (Online-Zugriff auf das Dokument unter <http://www.pawz.net>).<sup>16</sup> (Hinweis: Diese genannten Quelle können als Richtschnur für die Verabreichung von Lidocain über den intraossären Zugang dienen. Vidacare® stellt kein Lidocain her und kann daher keine spezifischen Dosisempfehlungen geben).

**Lagekontrolle:** Die korrekte Platzierung des IO-Katheters sollte mit mindestens 3 von 5 Methoden bestätigt werden:

- Katheter sitzt fest im Knochen
- Möglichkeit zur Blut- oder Knochenmarksaspiration
- Physiologische oder pharmakologische Wirkungen
- Adäquate Durchflussrate
- Kein Anzeichen von Extravasation

**Infusion:** Bei pädiatrischen Patienten ist unter Umständen ein geringerer Infusionsdruck (als bei Erwachsenen) erforderlich, um adäquate Durchflussraten zu erzielen.

**Überwachung des Punktionsorts:** Der Punktionsort muss kontinuierlich im Hinblick auf eine Extravasation überwacht werden.

Weitere Hinweise zur Verwendung des intraossären Zugangs bei pädiatrischen Patienten erhalten Sie beim Vidacare® Kunden-Support unter [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com).

<sup>1</sup> American Heart Association 2010 American Heart Association guidelines for CPR and ECC. Part 14-Pediatric Advanced Life Support. *Circulation* 2010;122(3 suppl.):S881-5.

<sup>2</sup> Heinild S, Sondergaard T, Tuvad F. Bone marrow infusion in childhood. *J Pediatr* 1947;30:400-12.

<sup>3</sup> Iserson KV, Criss E. Intraosseous infusions: a usable technique. *Am J Emerg Med* 1986;4(6):540-2.

<sup>4</sup> Fiser DH. Intraosseous infusion. *N Eng J Med* 1990;322(22):1579-81.

<sup>5</sup> Fiorito BA, Mirza F, Doran TM, Oberle AN, et al. Intraosseous access in the setting of pediatric critical care. *Pediatr Crit Care* 2005;6(1):50-3.

<sup>6</sup> Smith R, Davis N, Bouamra O, Lecky F. The utilisation of intraosseous infusion in the resuscitation of paediatric major trauma patients. *Injury* 2005;36(9):1034-8.

<sup>7</sup> Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care* 2008;24(6):347-50.

<sup>8</sup> Frascione RJ, Jensen J, Wewerka SS, Salzman JG. Use of the pediatric EZ-IO® needle by emergency medical services providers. *Pediatr Emerg Care* 2009;25: 329-32.<sup>15</sup>

<sup>9</sup> Tobias JD, Ross AK. Intraosseous infusions: A review for the anesthesiologist with a focus on pediatric use. *Anesth Analg* 2010;110(2):391-401.

<sup>10</sup> Nagler J, Krauss B. Intraosseous catheter placement in children. *NEJM* 2011; 364(8):e14-8.

<sup>11</sup> Cullen PM. Intraosseous cannulation in children. *Paediatric Critical Care* 2011;13(1): 28-30.

<sup>12</sup> Fiser DH. Intraosseous infusion. *N Engl J Med* 1990;322(22):1579-81.

<sup>13</sup> Heinild S, Sondergaard T, Tuvad F. Bone marrow infusion in childhood. *J Pediatr* 1947;30(6):400-2.

<sup>14</sup> LaRocco BG, Wang HE. Intraosseous infusion. *Prehosp Emerg Care* 2003;7:280-5.

<sup>15</sup> Miller L, Philbeck T, Bolleter S, Garcia G. Tactile feedback comparison of three types of intraosseous access devices for needle insertion accuracy. *Ann Emerg Med* 2010;56(3):S133.<sup>15</sup>

<sup>16</sup> Hixson R. Pawz.net. Home of the paediatric wheels. Poster: Intraosseous administration of preservative-free lidocaine. [http://www.pawz.net/index\\_htm\\_files/Lidocaine%20IO.pdf](http://www.pawz.net/index_htm_files/Lidocaine%20IO.pdf). (Alternate access site: <http://www.pawz.net> ). Vidacare® disclaims all liability for the use, application or interpretation of this information in the medical treatment of any patient.

<sup>17</sup> European Resuscitation Council Guideline for Resuscitation 2005. Section 6 Paediatric life support. Doi:10.1016/j.resuscitation.2005.10.010.

## LABORANALYSE/BLUTENTNAHME

### Können über den intraossären (IO) Zugang geeignete Blutproben für die Laboranalyse entnommen werden?

Die jüngste klinische Studie, in der die Laborwerte von intraossär und intravenös entnommenen Proben untersucht wurden, hat eine statistisch signifikante Korrelation für viele häufig angeforderte Laboruntersuchungen nachgewiesen und einige Ausnahmen angegeben. In dieser Studie war intraossär entnommenes Blut für folgende Untersuchungen geeignet:

- Erythrozytenzahl
- Hämoglobin und Hämatokrit
- Glukose
- Blut-Harnstoff-Stickstoff
- Kreatinin
- Chlorid
- Gesamtprotein
- Albumin

Für die Bestimmung von Natrium, Kalium,  $\text{CO}_2$ , Kalzium, Thrombozyten- oder Leukozytenzahl wurde keine statistisch signifikante Korrelation gefunden. Die Natrium- und Kaliumwerte waren jedoch klinisch ähnlich. [Das Kapitel Laboranalyse/Blutentnahme über den intraossären Zugang, Seite 47 enthält Einzelheiten zu den Untersuchungen]

Die nachstehende Liste fasst alle Ergebnisse über die Korrelation zwischen den Laborwerten von IO und IV entnommenen Blutproben zusammen. Sie basiert auf einer Auswertung aller Publikationen, die sich mit diesem Thema beschäftigen.

Bei den folgenden Laborwerten wurde in Humanstudien eine statistisch signifikante Korrelation zwischen Laborwerten von IO und IV entnommenen Blutproben gefunden:

- Glukose
- Hämoglobin
- Hämatokrit
- BUN
- Kreatinin
- Gesamtprotein
- Erythrozytenzahl
- Albumin
- Chlorid

Die folgenden Laborwerte zeigten gemischte Ergebnisse im Hinblick auf eine statistisch signifikante Korrelation der IO- und IV-Werte (einige Werte waren klinisch ähnlich, aber nicht statistisch korreliert):

- $\text{CO}_2$
- Kalium
- Natrium
- Kalzium
- Thrombozytenzahl
- Phosphor
- Harnsäure/Harnstoff
- Gesamtbilirubin
- SGOT
- LDH
- Alkalische Phosphatase
- Bicarbonat
- pH
- $\text{pO}_2$  (venöse Werte)
- $\text{pCO}_2$  (venöse Werte)
- Basenüberschuss

Die IO- und IV-Werte für die Leukozytenzahl korrelieren in keiner bekannten Studie.

## LABORANALYSE/BLUTENTNAHME ÜBER DEN INTRAOSSÄREN ZUGANG

In mehreren präklinischen und Humanstudien wurden die Werte intraossär (IO) entnommener Blutproben mit Werten traditionell ermittelter venöser oder arterieller Werte verglichen. Einige übliche Blutwerte korrelierten gut; andere Werte zeigten eine klinische Ähnlichkeit, aber keine signifikante Korrelation. In der zweiten Gruppe können IO-Laborwerte eine nützliche Alternative zu IV-Werten sein. Allerdings sollten sie mit Vorsicht interpretiert werden.

### *Zusammenfassung und Empfehlungen*

Eine Durchsicht aller klinischen Daten legt den Schluss nahe, dass Blutgaswerte aus IO-Blut im frühen Reanimationsprozess dazu verwendet werden können, den zentralvenösen Säure-Basen-Status zu ermitteln, und dass zahlreiche Zellzahl- und Blutchemiewerte denen von venösen Proben entsprechen. Andere Werte ähneln den venösen Werten und einige wenige korrelieren gar nicht. Nach der Anfangsphase der Reanimation sollten IO-Proben mit Vorsicht behandelt werden. Die Arbeit von Brickman et al liefert Hinweise darauf, dass Blutgruppenbestimmungen und Blutscreenings mit intraossär entnommenem Blut präzise und verlässlich durchgeführt werden können. Im vorangegangenen Abschnitt sind die Laborwerte, die in Humanstudien eine signifikante Korrelation zwischen IO- und IV-Proben ergeben haben, tabellarisch zusammengestellt.

### *Klinische Studien*

In einer 2009 durchgeführten (unveröffentlichten) Studie an gesunden Freiwilligen wurde die Verlässlichkeit von aus IO-Blut bestimmten Herzenzym- und Blutgaswerten untersucht.<sup>1</sup> In der Studie wurden die Werte zweier üblicher Herzenzyme (Troponin-I und Kreatinin-Phosphokinase) an venös und intraossär entnommenen Blutproben und die Blutgasanalysen an venösen, arteriellen und intraossären Proben verglichen. Die Werte für die Blutgase lagen zwischen denen der arteriellen und venösen Proben. Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Korrelation zwischen venösem und intraossärem Blut für die Kreatinin-Phosphokinase, den pH und den Basenüberschuss. Für den  $p\text{CO}_2$  bestand eine gute Korrelation zwischen arteriellem und IO-Blut. Für Troponin-I war keine Korrelationsanalyse möglich. Aber bei 7 von 10 Proben waren die Ergebnisse identisch oder klinisch ähnlich.

Eine 2009 durchgeführte Studie an erwachsenen Freiwilligen untersuchte den Zusammenhang zwischen intraossär und venös entnommenen Blutproben für das große Blutbild und das Blutchemieprofil.<sup>2</sup> Die Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass die Laborwerte von IO- und IV-Proben eine statistisch signifikante Korrelation für viele der üblicherweise angeforderten Laboruntersuchungen aufwiesen, mit einigen Ausnahmen, wie aufgeführt. Der Intraossärraum erwies sich als verlässliche Quelle zur Blutprobennahme für Blutuntersuchungen wie Erythrozytenzahl, Hämoglobin und Hämatokrit, Glukose, Blut-Harnstoff-Stickstoff, Kreatinin, Chlorid, Gesamtprotein und Albumin. Für die Bestimmung von Natrium, Kalium,  $\text{CO}_2$ , Kalzium, Thrombozyten- oder Leukozytenzahl wurde keine statistisch signifikante Korrelation gefunden. Die Natrium- und Kaliumwerte waren jedoch klinisch ähnlich.

Hurren untersuchte 2000 in einer Studie IO-Blutproben pädiatrischer Patienten für Routineblutanalysen.<sup>3</sup> Die Laborwerte für Hämoglobin, Hämatokrit, Natrium, Harnstoff, Kreatinin und Kalzium wurden als klinisch ähnlich erachtet. Die Kaliumwerte waren in den meisten Proben erhöht, und die Studienautoren empfahlen, „bei ihrer Interpretation mit großer Vorsicht vorzugehen.“ Außerdem sagten die Autoren, dass intraossär gewonnene Blutproben ein nützlicher Anhaltspunkt für die peripheren Blutkonzentrationen einiger hämatologischer und biochemischer Werte sein könnten, empfahlen aber, diese Werte „mit Vorsicht zu interpretieren“.

1994 fanden Ummerhofer und Mitarbeiter, dass intraossäre und venöse Blutproben von 30 Kindern mit Bluterkrankungen im Hinblick auf Hämoglobin, Natrium, Chlorid, Glukose, Bilirubin, BUN, Kreatinin, pH und Bicarbonat ähnliche Werte ergaben.<sup>4</sup> Intraossäres Blut war auch recht genau bei der Bestimmung von Hämatokrit, Kalium und Gesamtprotein, aber ungenau für alkalische Phosphatase, Aspartat-Aminotransferase, Alanin-Aminotransferase, Thrombozyten,  $p\text{CO}_2$ ,  $p\text{O}_2$  und Leukozyten.

In einer 1991 durchgeführten Studie an 15 Patienten kamen Grisham and Hastings zu dem Ergebnis, dass Knochenmarkspirat aus der Crista iliaca eine verlässliche Quelle für Blutgas- und Serumchemiebestimmungen sei.<sup>5</sup> In einer Studie an 28 Patienten im darauffolgenden Jahr verglichen Brickman et al Knochenmarkspirate mit standardmäßigem peripherem IV-Blut im Hinblick auf die Blutgruppen- und Rhesusfaktor-Bestimmung.<sup>6</sup> Sie kamen zu dem Schluss, dass intraossäres Blut für genaue und verlässliche Blutgruppenbestimmungen und Blutscreenings verwendet werden kann. Sie untersuchten nicht, ob intraossäres Blut für Kreuzproben verwendet werden kann.

### *Präklinische Studien*

1986 berichteten Unger und Mitarbeiter, dass Elektrolyte, Kalzium, Glukose, BUN und Kreatinin sich in Knochenmark und in venösem Blut von Schweinen nicht unterschieden.<sup>7</sup> In einer 1989 an Hunden durchgeführten Studie verglichen Orłowski et al Laborwerte von intraossären, arteriellen und venösen Blutproben. Für die meisten Elektrolyte, Blutchemiewerte und Hämoglobin wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Entnahmeorten gefunden. Im Hinblick auf die Leberenzyme (Laktatdehydrogenase, alkalische Phosphatase) wiesen die drei Quellen Unterschiede auf. Während sich die Blutgase der drei Quellen signifikant unterschieden, lagen pH,  $pO_2$ ,  $pCO_2$ ,  $HCO_3$  und  $SpO_2$  immer zwischen den Werten der arteriellen und venösen Proben, was auf eine mögliche Korrelation mit den Gasen in arterialisiertem, kapillärem Blut hindeutet.<sup>8</sup>

In den 1990er Jahren führten Kisson und Mitarbeiter mehrere Studien an Schweinen durch, um die Korrelation von intraossärem und venösem Blut im Hinblick auf Säure-Basen-Werte zu bestimmen. In einer 1993 durchgeführten Studie berichteten die Autoren, dass der Säure-Base-Status von intraossärem Blut dem von zentralvenösem Blut ähnelt und dass die Blutgaswerte von intraossärem Blut eine akzeptable Alternative zu den Werten von zentralvenösem Blut sein könnten, um während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung den Säure-Base-Status zu bestimmen.<sup>9</sup> In einer 1994 durchgeführten Studie, bei der die pH- und  $pCO_2$ -Werte von gleichzeitig aus zentralvenösen und intraossären Zugängen entnommenen Proben verglichen wurden, kamen die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass die pH- und  $pCO_2$ -Werte ähnlich waren.<sup>10</sup> In einer 1997 durchgeführten Studie verglich Kisson's Arbeitsgruppe die Säure-Base-Werte von intraossär entnommenem Blut mit denen von gemischt-venösem Blut. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass intraossäres Blut im späteren Verlauf der Herz-Lungen-Wiederbelebung unter Umständen eine lokale Azidose widerspiegelt, geringere  $pCO_2$ -Werte und höhere pH-Werte ergibt als zentralvenöses Blut.<sup>11</sup>

In einer Studie von Abdelmoneim et al aus dem Jahr 1999 wurde der Säure-Base-Status von intraossären und gemischt-venösen Blutproben bei verlängerter Herz-Lungen-Wiederbelebung und Arzneimittelabgaben bei Schweinen untersucht.<sup>12</sup> In den ersten 15 Minuten der Herz-Lungen-Wiederbelebung fanden die Wissenschaftler keine Unterschiede beim pH und den  $pCO_2$ -Konzentrationen. Diese Korrelation blieb jedoch bei länger dauernden Herz-Lungen-Wiederbelebung oder nach der Infusion von Bicarbonat nicht bestehen. Die Infusion großer Volumina Kochsalzlösung und die Anwendung von Epinephrin hatten keinen Einfluss auf die Korrelation bei Herz-Lungen-Wiederbelebung unter 15 Minuten.

In einer anderen Studie an Schweinen aus dem Jahr 1999 fanden Johnson et al in den ersten fünf Minuten einer Herz-Lungen-Wiederbelebung keine Unterschiede bei den Natrium-, Kalium-, Magnesium-, Laktat- und Kalzium-Konzentrationen in Knochenmarkspiraten im Vergleich zu zentralvenösen Proben.<sup>13</sup> Nach 30 Minuten wurden Unterschiede bei den Magnesium- und Kaliumwerten beobachtet, aber es wurden keine Unterschiede bei den biochemischen (d. h. Blutchemiewerten) und den Hämoglobinwerten beobachtet, wenn über den intraossären Zugang keine Medikamente verabreicht wurden.

In einer 2012 durchgeführten präklinischen Studie wurden bei anästhesierten Schweinen bilateral intraossäre Kanülen sowie ein arterieller Katheter gelegt. Sechs Stunden lang wurden stündlich Proben entnommen und mit einem I-Stat®-Point-of-Care-Analysegerät auf Blutgase, Säure-Base-Status, Hämoglobin und Elektrolyten untersucht. Für die meisten Parameter schien ein gewisser systematischer Unterschied zwischen den Ergebnissen für die intraossären und die arteriellen Proben zu bestehen; und die Richtung des Unterschieds schien voraussagbar zu sein. Die Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass Point-of-Care-Instrumente mit Patronen für die Analyse von intraossär entnommenen Proben geeignet zu sein scheinen. Die Übereinstimmung der Ergebnisse von intraossären und arteriellen Proben scheint klinisch nützlich zu sein.<sup>14</sup>

### Technische Überlegungen

Blutproben für die Laboranalyse können über die EZ-IO® entnommen werden, indem eine Spritze direkt auf den EZ-IO®-Anschluss gesteckt wird. (Hinweis: Eine Spritze darf nur zur Entnahme von Proben für die Laboruntersuchung oder zum Entfernen des Katheters direkt auf den EZ-IO®-Katheteranschluss gesteckt werden). Für die meisten Laboruntersuchungen sollten zunächst 2 ml entnommen und verworfen werden, bevor mit der Entnahme der Laborproben begonnen wird. Falls erforderlich (z. B. bei Kindern) können die ersten 2 ml für bestimmte Tests wie beispielsweise Blutkulturen oder Blutgruppenbestimmung aufbewahrt werden. Die Aspiration adäquater Volumen für Laborproben kann von Patient zu Patient stark variieren. Daher sollten die Proben nach Wichtigkeit geordnet werden.

Die ersten Blutproben eventuell in kleinvolumige Spritzen aufziehen und sofort in Probenröhrchen überführen. In einer (unveröffentlichten) Studie von Vidacare® wurde festgestellt, dass die Heparinisierung des IO-Katheters (mit einer kleinen Menge Heparin) vor der Probenentnahme ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Gerinnung ist. Bei Anwendung dieser Technik sollten die Probenröhrchen sofort nach dem Transfer vorsichtig gedreht und vermischt werden. Proben für die Laboranalyse als heparinisiert kennzeichnen. Es ist zu beachten, dass die Heparinisierung einige Laborergebnisse, wie beispielsweise Koagulationsuntersuchungen, verfälscht. Die Proben müssen als IO-Blut gekennzeichnet werden, damit das Laborpersonal die Ergebnisse richtig interpretieren und die Herkunft von Stammzellen identifizieren kann.

- <sup>1</sup> Philbeck T, Miller L, Montez, Powell T. IO blood for enzymes and blood gas analysis. Unpublished manuscript. 2010.<sup>vs</sup>
- <sup>2</sup> Miller LJ, Philbeck TE, Montez DF, Spadaccini CJ A new study of intraosseous blood for laboratory analysis. *Arch Pathol Lab Med* 2010;134(9):1253-60.<sup>vs</sup>
- <sup>3</sup> Hurren JS. Can blood taken from intraosseous cannulations be used for blood analysis? *Burns* 2000;26(8):727-30.
- <sup>4</sup> Ummenhofer W, Frei FJ, Urwyler A, et al. Are laboratory values in bone marrow predictable for venous blood in paediatric patients? *Resuscitation* 1994;27(2):123-8.
- <sup>5</sup> Grisham J, Hastings C. Bone marrow aspirates an accessible and reliable source for critical laboratory studies. *Ann Emerg Med* 1991;20(10):1121-24.
- <sup>6</sup> Brickman KR, Krupp K, Rega P, Alexander J, Guinness M. Typing and screening of blood from intraosseous access. *Ann Emerg Med* 1992;21(4):414-7.
- <sup>7</sup> Unger H, Spivey WH, McNamara RM, et al. Comparison of intraosseous and intravenous CBC and Astra 8 in swine. *Ann Emerg Med* 1986;15:647.
- <sup>8</sup> Orłowski JP, Proemka DT, Gallagher JM et al. The bone marrow as a source for laboratory studies. *Ann Emerg Med* 1989;18(12):1348-51.
- <sup>9</sup> Kissoon N, Rosenberg H, Gloor J et al. Comparison of the acid-base status of blood obtained from intraosseous and central venous sites during steady- and low-flow states. *Crit Care Med* 1993;21(11):1765-9.
- <sup>10</sup> Kissoon N, Peterson R, Murphy S, Gayle M, Ceithaml E, Harwood-Nuss A. Comparison of pH and carbon dioxide tension values of central venous and intraosseous blood during changes in cardiac output. *Crit Care Med* 1994 June;22(6):1010-5.
- <sup>11</sup> Kissoon N, Idris A, Wenzel V, Murphy S, Rush W. Intraosseous and central venous blood acid-base relationship during cardiopulmonary resuscitation. *Pediatr Emerg Care* 1997;13(4):250-3.
- <sup>12</sup> Abdelmoneim T, Kissoon N, Johnson L, Fiallos M, Murphy S. Acidbase status of blood from intraosseous and mixed venous sites during prolonged cardiopulmonary resuscitation and drug infusion. *Crit Care Med* 1999;27 (9):1923-8.
- <sup>13</sup> Johnson L, Kissoon N, Fiallos M, Abdelmoneim T, Murphy S. Use of intraosseous blood to assess blood chemistries and hemoglobin during cardiopulmonary resuscitation with drug infusions. *Crit Care Med* 1999 June;27(6):1147-52.
- <sup>14</sup> Strandberg G, Eriksson M, Gustafsson MG et al. Analysis of intraosseous samples using point of care technology – an experimental study in the anaesthetized pig. *Resuscitation* (2012), doi:10.1016/j.resuscitation.2012.04.007.

## BESONDERE ÜBERLEGUNGEN

### **Kann die EZ-IO® während einer CT platziert bleiben?**

Es sind keine Meldungen von Problemen im Zusammenhang mit eingeführten IO-Kathetern bei einer CT bekannt. Wenn ein IO-Katheter im proximalen Humerus platziert ist, sollte der entsprechende Arm sicher in der angewinkelten Position stabilisiert werden. Ein IO-Katheter kann leichte Streueffekte auf dem Bild verursachen.

### **Kann die EZ-IO® während einer MRT platziert bleiben?**

Nein. Die EZ-IO® wird aus Edelstahl vom Typ 304 gefertigt und sollte nicht im MRT verwendet werden. Dies liegt daran, dass bei der MRT sehr starke Magnetfelder zur Bilderzeugung verwendet werden. Das Metall der EZ-IO®-Nadel könnte Probleme verursachen, wenn es sehr hohen Magnetkräften ausgesetzt wird.

### **Kann die EZ-IO® bei Patienten mit Osteoporose eingesetzt werden?**

Ja. Die EZ-IO® ist sogar bestens für die Einführung in poröse Knochen geeignet. Der intraossäre Zugang mit der EZ-IO® wird durch einen relativ moderaten Eingriff geschaffen, der bei der Einführung die Knochenarchitektur nicht zerstört. Das EZ-IO®-System schneidet ein präzises Loch in den Knochen, erfordert zur Einführung minimale Kraft und erlaubt eine bessere Kontrolle als eine manuell in den Knochen gedrehte Nadel. Hinweis: Die Verwendung des EZ-Stabilizers wird zur zusätzlichen Stabilisierung dringend empfohlen.

## INTRAOSSÄRER UND ZENTRALVENÖSER ZUGANG

Es wurden verschiedene Studien durchgeführt, um verschiedene Gefäßzugangswege zu vergleichen. In einigen Studien wurde der intraossäre (IO) Zugang mit zentralvenösen Kathetern (ZVK) und peripheren intravenösen Zugängen (PIV) verglichen.

In einer Beobachtungsstudie im Jahr 2011 wurde der klinische Nutzen des intraossären Zugangs im Vergleich zur Anlage eines ZVK im Krankenhaus evaluiert. Es wurden IO-Katheter bei Patienten gelegt, bei denen ein schneller Gefäßzugang erforderlich war und die typischerweise mit einem Zentralvenenkatheter versorgt worden wären. Die Ergebnisse zeigten, dass IO-Katheter häufiger und schneller erfolgreich platziert werden konnten als dies für die Anlage von ZVK berichtet wird. Weiterhin war die Anlage eines IO-Katheters mit weniger Komplikationen und einer hohen Anwenderzufriedenheit verbunden. Die Autoren zogen den Schluss, dass der intraossäre Zugang anstelle eines ZVK oder als Überbrückung bis zur Anlage eines ZVK für erwachsene und pädiatrische Patienten im Krankenhaus eine sichere, schnelle und wirksame Möglichkeit des Gefäßzugangs mit hohem Kosteneinsparungspotential ist.<sup>1</sup>

Eine prospektive Studie, die in einem städtischen Level-I-Traumazentrum durchgeführt wurde, verglich IO-Katheter und ZVK bei Erwachsenen, bei denen eine Herz-Lungen-Wiederbelebung vorgenommen wurde (nach vergeblichen Versuchen, einen PIV zu schaffen). Bei jedem der 40 Studienteilnehmer wurde sowohl ein ZVK als auch ein IO-Katheter gelegt. Die Erfolgsrate beim ersten Versuch betrug beim IO-Zugang 85 % (34/40) und beim ZVK 60 % (24/40). Die mittlere Eingriffszeit war beim IO-Zugang wesentlich kürzer als beim ZVK (2,0 versus 8,0 Min.,  $p < 0,001$ ). Die Prüfarzte kamen zu dem Schluss, dass der intraossäre Gefäßzugang bei Erwachsenen, die auf der Notfallstation reanimiert werden und deren periphere Venen nicht zugänglich sind, eine sichere, verlässliche und schnelle Option ist.<sup>2</sup>

Hoskins et al führten eine Reihe von präklinischen Studien durch, um die Wirksamkeit der intraossären Infusion während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung zu untersuchen. In einer Studie zeigten die Wissenschaftler, dass in den Markraum instillierte Flüssigkeit während der Herz-Lungen-Wiederbelebung wirksam in den zentralen Kreislauf gelangt.<sup>3</sup> In einer anderen Studie wurden die maximalen Serumkonzentrationen von Epinephrin während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung gemessen. Die Autoren fanden heraus, dass die intraossäre Verabreichung von Epinephrin über den Humerus bei einem Herzstillstand genauso wirksam ist wie die Infusion über einen zentralvenösen Katheter.<sup>4</sup>

In einer 1990 an Hunden durchgeführten Studie wurde die Pharmakokinetik von sechs Notfallmedikationen verglichen. Sie kam zu dem Ergebnis, dass die intraossäre Verabreichung eine vergleichbare Wirkung hat wie die zentral- oder periphervenöse Verabreichung, mit ähnlicher Peakwirkung und ähnlichen Arzneimittelkonzentrationen und gleicher oder längerer Wirkdauer.<sup>5</sup>

Die Leitlinien der American Heart Association (AHA) von 2010 bestätigen den intraossären oder intravenösen Zugang als bevorzugten Weg für die Arzneimittelverabreichung bei Herz-Lungen-Wiederbelebung und rät vom zentralvenösen Zugang als erstem Gefäßzugangsweg in Notfällen ab.<sup>6</sup> Die AHA-Leitlinien betonen auch, dass medizinische Fachkräfte die Zeit begrenzen sollten, in der sie bei einem lebensbedrohlich kranken/verletzten Kind versuchen, einen periphervenösen Zugang zu legen.<sup>7</sup>

Ein White Paper mit dem Titel **Central Venous Lines in Emergencies: Time for a New Approach** (Zentralvenöse Katheter bei Notfällen – Zeit für einen neuen Ansatz) liefert weitere wissenschaftliche Einzelheiten und Informationen im Zusammenhang mit dem intraossären und zentralvenösen Zugang. Das Dokument kann unter <http://www.Vidacare.com/cvl/Index.aspx> eingesehen oder von einem Vidacare®-Vertreter bezogen werden.

Die folgenden Szenarien sind Beispiele für den Einsatz des intraossären Zugangs als geeignete Ergänzung oder Alternative zu zentralvenösen Kathetern.

**Überbrückung zu optimal platzierten zentralvenösen Kathetern:**

In Notfallsituationen werden zentralvenöse Katheter oft unter suboptimalen Bedingungen platziert. Ein schnell platzierter IO-Katheter kann einen schnellen Eingriff am Patienten ermöglichen, sodass Behandlungsverzögerungen vermieden werden. Falls dies noch erforderlich ist, kann ein zentralvenöser Katheter später unter optimalen Bedingungen gelegt werden, wenn die Zeit weniger kritisch ist und Ultraschalluntersuchungen vorgenommen sowie maximale Vorsichtsmaßnahmen zur Schaffung einer Keimbarriere getroffen werden können.

**Ersatz für zentralvenöse Zugänge bei schwierigem Gefäßzugang:**

IO-Katheter können eine schnelle, kostengünstigere und weniger riskante Option für einen schwierigen Gefäßzugang sein. Nach der anfänglichen Therapie über einen IO-Zugang kann ein peripherer IV-Zugang eine zuverlässige Option sein. Bei einer Beobachtungsstudie an 105 Patienten war bei 69 % der Patienten, bei denen ein intraossärer Zugang gelegt worden war, anschließend keine ZVK-Platzierung erforderlich. Es wurden keine Infektionen gemeldet.<sup>1</sup>

**Verlust des Gefäßzugangs in der Nacht oder am Wochenende:**

Mit einer IO-Punktion kann der Gefäßzugang schnell wieder hergestellt werden, sodass der Patient weiterbehandelt und vermieden werden kann, den Bereitschaftsarzt oder anderes Personal außerhalb der Arbeitszeit zu rufen.

**Aussetzen des ZVK:**

Wegen der mit dem zentralvenösen Zugang verbundenen Risiken setzen manche Krankenhäuser die Behandlung über den ZVK eine Weile aus, um den Patienten eine Ruhepause vom kontinuierlichen zentralvenösen Zugang zu gönnen.<sup>8</sup> Einige Krankenhäuser haben IO-Katheter eingeführt, mit denen sie den Gefäßzugang während dieser Ruhepause sicherstellen.

<sup>1</sup> Dolister M, Miller ST, Borron S et al. Intraosseous vascular access can be used safely and effectively, and at a lower cost than central venous catheters, for pediatric and adult patients in the hospital setting. *Ann Emerg Med* 2011;58(4S):S311.<sup>vs</sup>

<sup>2</sup> Leidel BA, Kirchhoff C, Bogner V, Braunstein V, Biberthaler P, Kanz K-G, Comparison of intraosseous versus central venous vascular access in adults under resuscitation in the emergency department with inaccessible peripheral veins, *Resuscitation* 2012 ;83(1) :40-5.

<sup>3</sup> Hoskins S, Nascimento P, Espana J, Kramer G. Pharmacokinetics of intraosseous drug delivery during CPR. *Shock* 2005;23:35.<sup>vs</sup>

<sup>4</sup> Hoskins SL, Kramer GC, Stephens CT, Zachariah BS. Efficacy of epinephrine delivery via the intraosseous humeral head route during CPR. *Circulation* 2006;114:II\_1204.<sup>vs</sup>

<sup>5</sup> Orłowski JP, Porembka DT, Gallagher JM, Lockrem JD, VanLente F. Comparison study of intraosseous, central intravenous, and peripheral intravenous infusions of emergency drugs. *Am J Dis Child* 1990;144:112-7.

<sup>6</sup> American Heart Association. 2010 American Heart Association guidelines for CPR and ECC. Part 8.2-Management of Cardiac Arrest. *Circulation* 2010; 122:S741-2.

<sup>7</sup> American Heart Association 2010 American Heart Association guidelines for CPR and ECC. Part 14-Pediatric Advanced Life Support. *Circulation* 2010;122(3 suppl.):S881-5.

<sup>8</sup> Schallom L, Shomo J. Keeping the lines open with evidence-based practice and advanced technologies. Continuing education monograph: <http://events.vha.com/events/EMMonograph02282011>.

## INDUZIERTER HYPOTHERMIE UND DIE EZ-IO®

Die Leitlinien der American Heart Association von 2010 enthalten Empfehlungen zur therapeutischen Hypothermie.<sup>1</sup> Eine Methode zur Induktion einer therapeutischen Hypothermie (TH) beinhaltet die vaskuläre Verabreichung von gekühlten Flüssigkeiten.

In einem 2007 veröffentlichten Artikel wird der erfolgreicher Einsatz der EZ-IO® zur Induktion einer therapeutischen Hypothermie in einem städtischen Rettungsdienst beschrieben.<sup>2</sup> Während des Beobachtungszeitraums verabreichte die Rettungsfachpersonal gekühlte Kochsalzlösung, um bei 68 Patienten nach der Reanimation eine Hypothermie herbeizuführen. Der intraossäre Zugang wurde allein oder zusammen mit einem peripheren IV-Katheter in 74 % der TH-Fälle benutzt.

Truhlar et al beschreiben den Einsatz der EZ-IO® zur Induktion einer therapeutischen Hypothermie (nach der Wiederbelebung) bei einem zweijährigen Kind.<sup>3</sup> Der Patient überlebte und wurde letztendlich ohne neurologische Folgen nach Hause entlassen.

So hat es zwar Fallberichte über die Induktion einer therapeutischen Hypothermie über den intraossären Zugang gegeben, aber es wurden keine klinischen Studien durchgeführt, um die Auswirkungen von gekühlten Flüssigkeiten auf das Knochenmark zu untersuchen.

### Präklinische Studien

In einer 2007 veröffentlichten Studie an Schweinen kamen die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass nach einer erfolgreichen Reanimation bei verlängertem Kammerflimmern durch die Infusion von gekühlter Kochsalzlösung über den IO-Katheter effektiv eine therapeutische Hypothermie induziert werden kann.<sup>4</sup>

In einer 2011 durchgeführten Schweinestudie wurde die Wirksamkeit der Verabreichung von gekühlter Kochsalzlösung über den intraossären und den intravenösen Zugang verglichen.<sup>5</sup> Endpunkte waren die Temperaturen in Gehirn, Ösophagus und Rektum. Die Ergebnisse zeigten keine klinischen oder statistischen Unterschiede zwischen intravenösem und intraossärem Zugang für die Infusion von gekühlter Kochsalzlösung zur Einleitung einer therapeutischen Hypothermie.

Eine 2011 veröffentlichte Schweinestudie kam zu dem Ergebnis, dass der periphere IV-Zugang dem IO-Zugang zur Induktion einer therapeutischen Hypothermie überlegen war.<sup>6</sup> Allerdings war das Gesamtfusionsvolumen von gekühlter Kochsalzlösung in der IV-Gruppe ca. 2,5 Mal höher als über den IO-Zugang. Des Weiteren war die Infusionsrate über den intraossären Zugangsweg signifikant niedriger.

<sup>1</sup> American Heart Association 2010 American Heart Association guidelines for CPR and ECC. Part 9-Post-Cardiac Arrest Care. *Circulation* 2010;122(3 suppl.):S769-78.

<sup>2</sup> Myers BJ, Lewis R. Induced cooling by EMS (ICE): year one in Raleigh/Wake County. *JEMS* 2007;32:S13-5.

<sup>3</sup> Truhlar A, Skulec R, Rozsival P, Cerny V. Efficient prehospital induction of therapeutic hypothermia via intraosseous infusion. *Resuscitation* 2010;81(2):262-3.

<sup>4</sup> Mader TJ, Walterscheid JK, Kellogg AR, Lodding CC. The feasibility of inducing mild therapeutic hypothermia after cardiac resuscitation using iced saline infusion via an intraosseous needle. *Resuscitation* 2010;81:82-6.<sup>vs</sup>

<sup>5</sup> Miller L, Montez DF, Philbeck TE, Puga TA, Morgan J. Infusing chilled saline via the Intraosseous route is equivalent to infusion via the intravenous route in reducing the core temperature in swine. *Prehosp Emerg Care* 2012;16(1):152. doi:10.3109/10903127.2011.624676.<sup>vs</sup>

<sup>6</sup> Larabee TM, Campbell JA, Severyn FA, Little CM. Intraosseous infusion of ice cold saline is less efficacious than intravenous infusion for induction of mild therapeutic hypothermia in a swine model of cardiac arrest. *Resuscitation* 2011;82:603-6. doi:10.1016/j.resuscitation.2011.01.007.

## BESONDERE PATIENTENPOPULATIONEN

### **Kann eine Intraossärnadel bei Patienten mit größerem Trauma im Abdomen, Becken oder an den unteren Extremitäten eingesetzt werden?**

Die bevorzugte Punktionsstelle für den intraossären (IO) Zugang zur Flüssigkeits- und Medikamentenapplikation bei Patienten mit Verletzungen an den unteren Extremitäten oder am Becken ist der proximale Humerus. Flüssigkeiten, die über den proximalen Humerus verabreicht werden, gelangen über die Vena cava superior in den zentralen Kreislauf und umgehen somit die Bauch- und Beckengefäße. Bei schweren Verletzungen an den unteren Gliedmaßen mit vermuteten Gefäßschädigungen sollte an der betroffenen Extremität kein intraossärer Zugang versucht werden.<sup>EO</sup>

### **Kann eine Intraossärnadel an derselben Stelle eingeführt werden, an der eine Mastektomie vorgenommen wurde?**

Es wird empfohlen, auf der betroffenen Seite (nach der Mastektomie) die Einführung eines IO-Katheters zu vermeiden.<sup>EO</sup>

### **Ist der intraossäre Zugang bei Patienten mit avaskulärer Nekrose kontraindiziert?**

Einem Patienten mit avaskulärer Nekrose fehlt definitionsgemäß ein adäquates Gefäßsystem an der betroffenen Stelle. Daher sollte ein intraossärer Zugang an der avaskulären Stelle vermieden und ein anderer Punktionsort gewählt werden.<sup>EO</sup>

### **Ist der intraossäre Zugang bei Osteogenesis imperfecta kontraindiziert?**

Osteogenesis imperfecta ist zwar keine absolute Kontraindikation für den intraossären Zugang, aber der Grad der Osteogenesis imperfecta kann unter Umständen ein Problem für die Anlage eines intraossären Zugangs darstellen. Es kann sein, dass der IO-Katheter in den weichen Knochen eines Patienten mit Osteogenesis imperfecta keine adäquate Dichtung für die Infusion aufrechterhalten kann. Außerdem kann es schwierig oder unmöglich sein, den IO-Katheter bei einem Patienten mit Osteogenesis imperfecta adäquat zu stabilisieren.

Es ist ein Fall eines Patienten mit Osteogenesis imperfecta bekannt, bei dem ein intraossärer Gefäßzugang versucht wurde. Ein 2009 veröffentlichter Artikel beschreibt den Fall eines erwachsenen Mannes mit Herzstillstand, bei dem ein notfallmäßiger Gefäßzugang geschaffen werden musste. Es wurden mehrere Versuche unternommen, die jedes Mal dazu führten, dass sich die IO-Katheter sofort lockerten und weder gesichert noch gespült werden konnten. Später stellte sich heraus, dass der Patient an einer Osteogenesis imperfecta vom Typ III, einer schwereren Form der Krankheit, litt.<sup>1</sup>

### **Kann die EZ-IO® im Rahmen einer hyperbaren Therapie eingesetzt werden?**

Es gibt zwar einige anekdotische Berichte über den erfolgreichen Einsatz der EZ-IO® in Überdruckkammern, aber es wurden keine Artikel veröffentlicht. Unter normalen Umständen wird der Gefäßzugang vor Betreten der Überdruckkammer gelegt. Es besteht keine Kontraindikation für die intraossäre Infusion in der Überdruckkammer.<sup>EO</sup>

<sup>EO</sup> = Expert Opinion (Expertenmeinung)

<sup>1</sup> Nutbeam T, Fergusson A. Intraosseous access in osteogenesis imperfecta (IO in OI). *Resuscitation*. 2009;80(12):1442-1443. doi:10.1016/j.resuscitation.2009.08.016

## FORSCHUNG

### **Wurden Untersuchungen zum Nachweis der Sicherheit und Wirksamkeit des intraossären Gefäßzugangs durchgeführt?**

Es wurden zahlreiche Studien zum intraossären Gefäßzugang durchgeführt. Die Sicherheit und Wirksamkeit des intraossären Zugangs wurde in zahlreichen Umgebungen in verschiedenen Ländern untersucht. Die klinische Literatur umfasst ca. 500 Veröffentlichungen zum intraossären Zugang (in der frühen Literatur der 1940er Jahre als „Knochenmarks“-Zugang bezeichnet). Vidacare® hat eine umfangreiche Bibliographie der veröffentlichten Artikel und Studien zum intraossären Zugang zusammengestellt. Sie kann online abgerufen werden unter [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com) oder:

<http://www.Vidacare.com/EZ-IO®/Evidence-Based-Medicine-Research.aspx>

Die Wissenschaftler haben den intraossären Zugang an Forschungsinstituten, in prähospitalen Notfallsituationen und in harten Umgebungen wie Kampf- und Katastrophensituationen untersucht. Präklinische und technische Studien wurden unter Laborbedingungen durchgeführt.

Fakten im Zusammenhang mit dem intraossären Gefäßzugang in der veröffentlichten Literatur (bis März 2012):

- Ca. **500** Artikel über den intraossären Gefäßzugang
- Über **130** Artikel (in sechs Sprachen) zum Einsatz der EZ-IO®
  - Ca. **50** Artikel mit Beschreibungen von Fallstudien oder klinischen Studien
  - Über **4.200** untersuchte Patienten

### **Wie sind die Leistungen der EZ-IO® im Vergleich zu anderen IO-Produkten?**

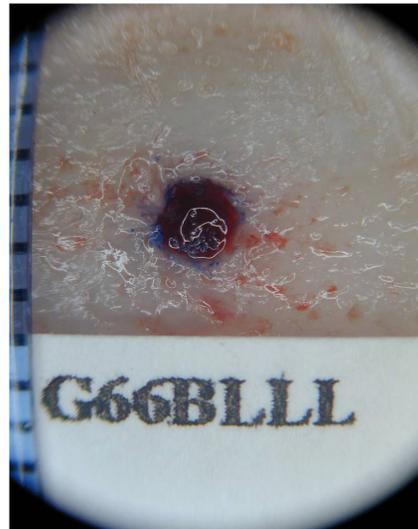
Alle IO-Produkte sind dazu bestimmt, Flüssigkeiten und Arzneimittel über den Intraossärraum zu verabreichen. Die Produkte lassen sich in drei wesentliche Kategorien einteilen: manuelle Systeme, Systeme mit einem Federmechanismus und Systeme mit batteriebetriebenen Bohrer. Die EZ-IO® ist das einzige batteriebetriebene Gerät auf dem Markt. Mehrere wissenschaftliche Studien und Artikel haben vergleichende Daten von verschiedenen derzeit erhältlichen IO-Systemen untersucht.

Vidacare® hat nachgewiesen, dass die EZ-IO® eine bessere Kontrolle erlaubt, weil bei der Einführung weniger Kraft erforderlich ist. Vidacare® hat auch nachgewiesen, dass die EZ-IO® eine präzisere Platzierung erlaubt und das Bohren eines genaueren Lochs ermöglicht, sodass das Extravasationsrisiko minimiert wird. Die symmetrische Schneidspitze des EZ-IO®-Katheters erlaubt einen präzisen Eintritt in den Markraum. Die Abbildungen 8a und 8b zeigen Mikroskopaufnahmen von Knochen nach der IO-Punktion. Nach der Platzierung des EZ-IO®-Katheters kam es nicht zur Extravasation der injizierten blauen Tinte und es gab keine mikroskopischen Frakturen, wie sie beim Einsatz von Produkten mit Federmechanismus auftreten.

**Abbildung 8a.**  
EZ-IO®-Punktionsort.



**Abbildung 8b.**  
Punktionsort bei einem Gerät mit Federmechanismus.



Die EZ-IO® trägt dazu bei, ein zu weites Vordringen in den Knochen zu vermeiden, da der Anwender das Verfahren sofort durch Loslassen des Bohrerschalters stoppen kann. In einer 2010 durchgeführten Studie mit einer bohrergetriebenen IO-Nadel wurde die hohe Zuverlässigkeit der Bestimmung der richtigen IO-Nadel durch taktilen Feedback bestätigt (an Modellen, an denen unterschiedliche Knochendichten simuliert wurden).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Miller L, Philbeck T, Bolleter S, Garcia G. Tactile feedback comparison of three types of intraosseous access devices for needle insertion accuracy. Ann Emerg Med 2010;56(3):S133.<sup>vs</sup>

## MYTHEN ÜBER DEN INTRAOSSÄREN GEFÄSSZUGANG

### Mythos 1:

ES GIBT KAUM EVIDENZBASIERTE UNTERSUCHUNGEN, DIE DEN EINSATZ DES INTRAOSSÄREN (IO) GEFÄSSZUGANGS ALS ZUVERLÄSSIGEN GEFÄSSZUGANGSWEG UNTERMAUERN.

Es wurden zahlreiche Studien zum intraossären Gefäßzugang durchgeführt. Die Sicherheit und Wirksamkeit des intraossären Zugangs wurde in zahlreichen Umgebungen in verschiedenen Ländern untersucht. Vidacare® hat eine umfangreiche Bibliographie der veröffentlichten Artikel und Studien zum intraossären Zugang zusammengestellt. Sie kann online abgerufen werden unter [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com) oder:

<http://www.Vidacare.com/EZ-IO®/Evidence-Based-Medicine-Research.aspx>

Die Wissenschaftler haben den intraossären Zugang an Forschungsinstituten, in prähospitalen Notfallsituationen und in harten Umgebungen wie Kampf- und Katastrophensituationen untersucht. Präklinische und technische Studien wurden unter Laborbedingungen durchgeführt. Fakten im Zusammenhang mit dem intraossären Gefäßzugang in der veröffentlichten Literatur (bis März 2012):

- Ca. **500** Artikel über den intraossären Gefäßzugang
- Über **130** Artikel (in sechs Sprachen) zum Einsatz der EZ-IO®
  - Ca. **50** Artikel mit Beschreibungen von Fallstudien oder klinischen Studien
  - Über **4.200** untersuchte Patienten

Zahlreiche Fachverbände empfehlen und/oder unterstützen die Verwendung des intraossären Gefäßzugangs als wichtigen Gefäßzugangsweg. Dazu zählen:

- Air & Surface Transport Nurses Association
- American Association of Critical-Care Nurses
- American College of Emergency Physicians
- American Heart Association
- Consortium on Intraosseous Vascular Access in Healthcare Practice
- Emergency Nurses Association
- European Resuscitation Council
- Infusion Nurses Society
- International Liaison Committee on Resuscitation
- National Association of EMS Physicians
- Society of Pediatric Nurses

### Mythos 2:

---

DIE VERLETZUNG DER EPIPHYSENFUGE STELLT EIN SIGNIFIKANTES RISIKO BEI DER EINFÜHRUNG DES IO-KATHETERS DAR.

Es wurden mehrere Forschungsstudien durchgeführt, um die Auswirkungen des intraossären Zugangs auf die Epiphysenfuge zu untersuchen. Die zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass eine intraossäre Infusion keine langfristigen Auswirkungen auf die Epiphysenfuge hat. Einzelheiten zu den Untersuchungen sind dem Kapitel **Auswirkungen des intraossären Zugangs auf Knochenreparatur und Epiphysenfugen**, Seite 31 zu entnehmen.

### Mythos 3:

---

FETTEMBOLIE STELLT EIN SIGNIFIKANTES RISIKO BEI DER IO-INFUSION DAR.

Das Risiko einer durch intraossäre Infusion bedingten Fettembolie wurde in präklinischen Studien untersucht und über zwei Jahrzehnte in der klinischen Literatur beschrieben. Es wurden keine Fälle von klinisch signifikanter Fettembolie als Folge einer IO-Infusion in der medizinischen Literatur oder aus der medizinischen Praxis gemeldet. Bei präklinischen Studien wurden mikroskopisch kleine Fettembolien in der Lunge nachgewiesen, von denen keine als klinisch signifikant angesehen wurde. Einzelheiten zu den Untersuchungen sind dem Kapitel **Embolie**, Seite 33, zu entnehmen.

### Mythos 4:

---

OSTEOMYELITIS STELLT EIN SIGNIFIKANTES RISIKO BEI DER IO-INFUSION DAR.

Zahlreiche Forschungsstudien und -berichte in der Literatur haben das niedrige Risiko für das Auftreten von Osteomyelitis beim intraossären Gefäßzugang behandelt. Bis März 2012 wurden die Ergebnisse von über 50 klinischen Studien oder Fallstudien mit der EZ-IO® an über 4.200 Patienten veröffentlicht. Es wurden keine Fälle von Osteomyelitis beobachtet. In der größten bekannten Metaanalyse (1985) von über 4.200 Patienten wurde eine Osteomyelitis-Rate von 0,6 % angegeben. Einzelheiten zu den Untersuchungen sind dem Kapitel **Osteomyelitis**, Seite 35, zu entnehmen.

### Mythos 5:

---

DER INTRAOSSÄRE GEFÄSSZUGANG IST EIN SCHMERZHAFTER EINGRIFF.

Während die Beschwerden bei der Anlage des intraossären Zugangs in der Regel als mäßig bis gering empfunden werden, treten bei der intraossären Druckinfusion oft starke Schmerzen auf. Zwei Prozent (2 %) Lidocain ohne Konservierungsstoffe und ohne Epinephrin (d. h. kardiales Lidocain) hat sich als wirksames Mittel zur Begrenzung und Linderung von Schmerzen bei der intraossären Infusion erwiesen. Weitere Informationen sind dem Abschnitt **Schmerzbehandlung für die IO-Infusion**, Seite 38 zu entnehmen.

## KUNDENBETREUUNG

### **Steht bei Vidacare® jemand zur Verfügung, an den man sich bei Fragen wenden kann?**

Ja. Zu unserem Support-Team gehören Ärzte, Pflegepersonal, Rettungsfachpersonal, Ausbilder und Ingenieure. In den USA sind alle Anrufe gebührenfrei.

#### **Klinische Fragen:**

- Klinischer Support in den USA: **800.680.4911**
- Klinischer Support außerhalb der USA: **www.Vidacare.com**

#### **Technische Fragen:**

- Kundenbetreuung in den USA: **866.479.8500**
- Kundenbetreuung außerhalb der USA: **www.Vidacare.com**

### **Wo sollten Probleme (oder Komplikationen) mit der EZ-IO® gemeldet werden?**

- Komplikationen sollten Vidacare® schnellstmöglich gemeldet werden.  
Bitte nehmen Sie über [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com) Kontakt mit uns auf.
- Vidacare® kann auch Fragen bezüglich der von der FDA oder von der ISO-Norm geforderten Berichterstattung und zur Einhaltung der Richtlinien und Normen beantworten und entsprechende Hilfestellung geben.

### **Gibt es weitere Informationen über die EZ-IO® (z. B. Schulungen, Spezifikationen)?**

Vidacare® bietet verschiedene Ressourcen an:

- Schulungen vor Ort mit klinischen Spezialisten
- Wissenschaftliche und klinische Mitarbeiter
- Trainingspräsentation für den Schnelleinstieg
- Trainingsvideos
- Online-Trainingsdokumente
- Häufig gestellte Fragen/Gesprächsthemen zum IO
- Vidacare®-Website ([www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com))

Wenn Sie weitere Hilfestellung benötigen oder spezifische Fragen haben, nehmen Sie bitte über unsere Website Kontakt mit uns auf: [www.Vidacare.com](http://www.Vidacare.com).

---

Vidacare Corporation  
*Abteilung „Science & Clinical“*

4350 Lockhill Selma Road, Suite 150  
Shavano Park, Texas 78249

866-479-8500

Vidacare.com

© 2012 Vidacare Corporation, all rights reserved.  
M-641DE Rev A