

DGAInfo

Aus dem Wiss. Arbeitskreis
Kinderanästhesie der DGAI

Handlungsempfehlung zur intraossären Infusion in der Kinderanästhesie

Vorwort

Wie in der Notfallmedizin kann auch in der Kinderanästhesie die zeitgerechte Etablierung eines notfallmäßig oder dringlich benötigten Gefäßzugangs schwierig oder gar unmöglich sein. Eine Venenfreilegung oder eine zentralvenöse Katheterisierung sind in lebensbedrohlichen Notfallsituationen keine sicheren und verlässlichen Alternativen [1,2]. Nachdem sich die intraossäre (IO) Infusionstechnik in den 1940er Jahren in der klinisch-pädiatrischen Praxis als technisch zuverlässiges Verfahren bewährt hatte, wurde sie im Verlauf durch neuentwickelte intravenöse (IV) Plastikverweilkatheter abgelöst und geriet in Vergessenheit [3]. Seit den 1990er Jahren erlebt die intraossäre Infusion in der Notfallmedizin nun eine Renaissance und ist heute fester Bestandteil der notfallmedizinischen Leitlinien und Empfehlungen für Kinder - und inzwischen auch für Erwachsene [4-6]. Ein misslungener, fehlender oder zu spät etablierter Gefäßzugang erhöht die Morbidität auch in der Kinderanästhesie [7]. Auf den Empfehlungen und Erfahrungen der pädiatrischen Notfallmedizin aufbauend, ist der Einsatz der intraossären Infusion auch in ausgewählten Situationen in der Kinderanästhesie und der perioperativen Versorgung von Kindern indiziert [8,9]. Die intraossäre Infusionstechnik wird zurzeit noch nicht in allen Anästhesieabteilungen mit Kinderversorgung ausgebildet und vorgehalten [10]. Ziel dieser Handlungsempfehlung ist es, den

sinnvollen Einsatz der intraossären Infusionstechnik in Kinderanästhesie darzustellen und verbindliche Indikationen zu definieren.

Die vorliegende Handlungsempfehlung ist das Ergebnis wissenschaftlicher Untersuchungen, systematischer Literaturrecherchen sowie der klinischen Erfahrung zahlreicher Kinderanästhesisten und entspricht einem Konsens, der im Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI erarbeitet wurde. Lokale Abweichungen von den folgenden Empfehlungen sind möglich. Die Handlungsempfehlungen sollen in regelmäßigen Zeitabständen überprüft und bei Bedarf aktualisiert werden.

Prinzip

Die intraossäre Infusion stellt die Applikation von Flüssigkeiten in einen knöchernen, nicht kompressiblen und nicht kollabierbaren Gefäßraum dar. Dabei gelangen Flüssigkeiten und Medikamente direkt in den intramedullären Blutgefäßraum des roten Knochenmarks und von dort über die venösen Marksinusoide, die Zentralvenen des Knochenmarks und die ableitenden Venen des Knochens rasch in die Systemzirkulation [11,12].

Die Infusionsgeschwindigkeit ist abhängig vom Infusionsdruck, vom Innendurchmesser der Kanüle, von der Art der Infusats und vom Ort der intraossären Kanüle. Flussraten von Kristalloiden erreichen je nach Kanülensystem unter

An dieser Handlungsempfehlung haben maßgeblich mitgewirkt:

C. Eich

Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin
Universitätsmedizin Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. M. Quintel)

M. Weiss

Anästhesieabteilung, Universitäts-Kinderkliniken Zürich
(Chefarzt: Prof. Dr. M. Weiss)

D. Neuhaus

Anästhesieabteilung, Universitäts-Kinderkliniken Zürich
(Chefarzt: Prof. Dr. M. Weiss)

C. Philippi-Höhne

Klinik und Poliklinik für Anesthesiologie und Intensivtherapie
Universitätsklinikum Leipzig
(Direktor: Prof. Dr. U. Kaisers)

B. Landsleitner

Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Cnopf'sche Kinderklinik/
Klinik Hallerwiese, Nürnberg
(Chefarztin: Dr. K. Becke)

K. Becke

Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Cnopf'sche Kinderklinik/
Klinik Hallerwiese, Nürnberg
(Chefarztin: Dr. K. Becke)

J. Strauß

Klinik für Anästhesie, perioperative Medizin und Schmerztherapie
Helios Klinikum Berlin-Buch
(Chefarzt: Prof. Dr. J. Strauß)

Tabelle 1

Intraossäre Kanülierungssysteme zur Anwendung bei Kindern.

System	Technik	Kanülengrößen
EZ-IO® (Vidacare, San Antonio, TX, USA)	Automatisierte Insertion mittels Akku-Bohrer	15 G mit 15, 25 & 45 mm Länge
COOK® (Cook Critical Care, Bloomington, IN, USA)	Manuelle Insertion	18, 16 & 13 G
BIG® (Bone Injection Gun®) (Waismed, Caesarea, Israel)	Automatisierte Insertion mittels Injektionsfeder	18 & 15 G

Schwerkraft 10-80 ml/min und unter Druckinfusion 40-150 ml/min [13]. Initial ist der Widerstand bei der Injektion relativ hoch; nach Applikation eines Flüssigkeitsbolus ist spontanes, schwerkraftabhängiges Tropfen der Infusion meist möglich. Für die Infusion von grösseren Flüssigkeitsmengen ist ein Drucksystem oder eine Infusionspumpe empfehlenswert.

Alle für Reanimation und Anästhesie notwendigen intravenösen Medikamente, Flüssigkeiten und Blutprodukte können auch intraossär verabreicht werden [14]. Medikamente sollen mit einem Flüssigkeitsbolus (5-10 ml Vollelektrolytlösung oder physiologische Kochsalzlösung) in den Markraum eingeschwenkt werden. Hypertone oder stark alkalische Lösungen sollen verdünnt werden, da diese Gewebnekrosen verursachen können, welche mit einer erhöhten Rate an lokalen Infektionen oder Osteomyelitiden assoziiert sind [15,16]. Die Dosierungen und Volumina entsprechen denjenigen der intravenösen Applikation. Pharmakokinetisch ist die intraossäre Infusion mit einer zentralvenösen Applikation vergleichbar und somit einem peripheren Zugang sogar überlegen [17].

Technik

Die Punktionsstelle erster Wahl für eine intraossäre Infusion beim Kind unter 6 Jahren ist die proximale mediale Tibia. Die Punktion wird dabei auf der flachen antero-medialen proximalen Tibia, ca. 1-2 cm unterhalb der gut palpablen Tuberositas tibiae durchgeführt (Abb. 1 & 2) [13,14]. Ab dem Alter von etwa

sechs Jahren ist die Kortikalis der proximalen Tibia relativ dick und mit manuellen Kanülen schwieriger zu durchbohren. Bei älteren Kindern und bei Erwachsenen sollte daher auf die distale mediale Tibia ausgewichen werden, sofern nicht automatisierte Kanülierungssysteme verwendet werden (s.u.). Die Punktionsstelle an der distalen Tibia liegt 2-3 cm kranial des medialen Malleolus (Abb. 3 & 4). Bei nicht komatösen oder nicht anästhesierten Kindern ist eine vorherige Infiltrationsanästhesie bis zum Periost empfohlen, wobei die Insertion der Kanüle bei automatisierten Intraossärsystemen (s.u.) offenbar weniger schmerzhaft ist als bei manuellen.

Zeichen der korrekten intraossären Lage der Kanüle sind:

- **Deutlicher Widerstandsverlust der Kanüle nach Durchdringen der Kortikalis.**
- **Die Kanüle steht fest im Knochen.**
- **Aspiration von Knochenmarksblut (optional und nicht obligatorisch für das Funktionieren einer intraossären Infusion).**
- **Möglichkeit der Injektion von 5-10 ml Vollelektrolytlösung oder physiologischer Kochsalzlösung ohne auftretende Schwellung (Paravasat) und ohne größeren Widerstand.**

Punktionsmaterial

Auf dem Markt werden unterschiedliche, speziell für die intraossäre Punktion konzipierte Kanülen angeboten, wobei zwischen manuellen und automatisier-

ten Punktionsystemen unterschieden wird (Tab. 1). Im Folgenden werden die beiden meist verwendeten Systeme, die Cook®-Intraossärkanüle und das EZ-IO®-System beschrieben [18,19]. Das F.A.S.T. 1®-System (Pyng Medical, Richmond, BC, Canada) zur intraossären Sternalpunktion bei Erwachsenen darf bei Kindern nicht angewendet werden [19].

Cook®-Intraossärkanüle

Die Cook®-Intraossärkanüle (Cook Critical Care, Bloomington, IN, USA) als manuelles Punktionsystem hat sich in der Praxis seit vielen Jahren bewährt (Abb. 1 & 4). Sie ist in verschiedenen Größen und Modifikationen sowie als Druck- oder Schraubkanüle in den Größen 18, 16 und 13 G erhältlich. Das Einbohren der Kanüle geschieht mit kontrollierter Kraft unter rotierenden Bewegungen und erfordert Übung und Geschick. Beim Einbringen der Kanüle in den Knochen müssen sterile Handschuhe getragen werden, da sie zwischen Daumen und Zeigefinger geführt wird. Der Zeitaufwand für die Punktion beträgt ca. 30-60 sec. Die Kanüle ist aus Chromstahl und daher auch im Magnetresonanztomographen (MRT) einsetzbar.

Abbildung 1

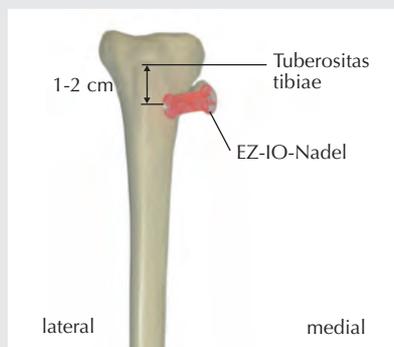


Cook®-18 GA-Intraossärkanüle, eingeführt in die rechte proximale Tibia.

EZ-IO®-Intraossärinfusionssystem

Das EZ-IO®-Infusionssystem (Vidacare, San Antonio, TX, USA) wurde für Erwachsene und Kinder entwickelt und ist ein automatisiertes Punktionsystem zur Etablierung eines intraossären Zugangs (Abb. 2 & 3). Es besteht aus einer kleinen Akku-betriebenen Handbohrmaschine und sterilen Kanülenaufsätzen für den

Abbildung 2



EZ-IO®-15 mm/15 GA-Intraosärkanüle, eingeführt in die proximale Tibia. Die Punktionsstelle befindet sich auf der medialen Seite, 1-2 cm unterhalb der Tuberositas tibiae.

Einmalgebrauch. Diese haben einen Durchmesser von 15 G und sind zurzeit in drei Längen erhältlich: 15 mm für Kinder ab 3 kg bis 39 kg, 25 mm für Kinder und Erwachsene ab 39 kg und 45 mm für massiv adipöse Patienten.

Das EZ-IO®-Infusionssystem erlaubt dem Anwender das exakte lotrechte Einführen der Kanüle ohne Rotationsbewegungen. Das Einführen der Kanüle mit dem Akkubohrer in den Knochen dauert nur wenige Sekunden, ist ohne großen Druck auf den Knochen durchführbar und ist hinsichtlich der Eindringtiefe begrenzt. Damit ist das Verfahren technisch einfacher und sicherer als die Intraosärkanüle von Cook® [18]. Das Kanülensystem besteht aus Chromstahl und Kunststoff und ist somit MRT-kompatibel, nicht jedoch die Handbohrmaschine.

Hygiene und Sicherheit

Die intraosäre Infusion ist stets eine überbrückende Maßnahme bis ein peripher- oder zentralvenöser Zugang unter besseren Bedingungen (z.B. Korrektur der Hypovolämie oder optimierte Infrastruktur) etabliert werden kann. Für das Einbringen der Kanüle werden eine sterile Wischdesinfektion und eine ausreichend lange Einwirkzeit des Desinfektionsmittels gefordert. Bei manuellen Intraosärsystemen (z.B. COOK®) müssen dabei sterile Handschuhe getragen werden. Während bei vitaler Indikation von Mundschutz und sterilem Loch-

tuch abgesehen werden kann, darf die Punktionsstelle nach der Desinfektion keinesfalls durch erneutes Palpieren mit „ungeschützten Fingern“ verunreinigt werden („No-Touch-Technik“).

Eine intraosäre Kanüle darf wegen der Infektionsgefahr nur in situ belassen werden, solange sie unabdingbar ist. Die empfohlene Höchstliegedauer beträgt bis zu 24 Stunden, wobei sie in der klinischen Praxis im Allgemeinen unter zwei Stunden liegt [14,20,21]. Ein streng aseptischer Umgang mit der intraosären Infusion ist zwingend, analog dem mit zentralvenösen Langzeitverweilkathetern (z.B. Broviac-Katheter). Wurde ein intraosärer Zugang bei Patienten mit Bakteriämie oder Sepsis angelegt, so ist dieser möglichst schnell nach Stabilisierung des Kindes und Anlegen eines intravenösen Zuganges zu entfernen.

Grundsätzlich sollte die Einmalgabe eines geeigneten Antibiotikums (z. B. Cefuroxim oder Cephazolin) erwogen werden, welches direkt durch die Intraosärnadel appliziert wird. Das gilt insbesondere für Notfallsituationen, in denen die vollständige Einwirkzeit des Desinfektionsmittels nicht abgewartet werden konnte, und für Patienten mit einer Bakteriämie.

Die Extremität, an der die intraosäre Infusion angebracht wurde, ist regelmäßig auf Paravasate, Dislokation der Kanüle und auf Zeichen eines Kompartmentsyndroms zu kontrollieren. Eine leichte Leckage bzw. Schwellung, insbesondere bei manuell eingebrachten Intraosärkanülen und bei Hochdruckinfusion, kann vorkommen. Bei größeren und zunehmenden Schwellungen ist die Kanüle zu entfernen.

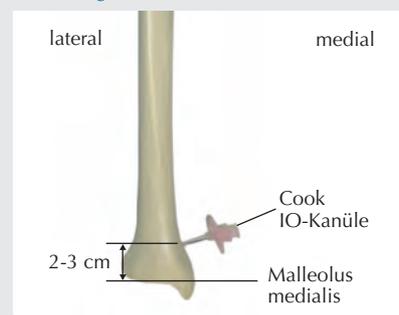
Abbildung 3



EZ-IO®-15 G/15 mm Intraosärkanüle, eingeführt in die rechte distale Tibia.

Nach Entfernung der Intraosärkanüle sollte die Punktionsstelle für 48 Stunden steril abgedeckt (Pflasterverband) anschließend wiederholt auf reizlose Wundverhältnisse untersucht werden. Zudem sollte in diesem Zeitraum von weiteren intraosären Punktionsstellen an der gleichen Punktionsstelle Abstand genommen werden (Paravasation).

Abbildung 4



Cook®-18G-Intraosärkanüle, eingeführt in die rechte distale Tibia. Die Punktionsstelle befindet sich auf der medialen Seite, 2-3 cm oberhalb des Punktum Maximums des Malleolus medialis.

Komplikationen

In der Literatur sind verschiedene potentielle Komplikationen einer intraosären Infusion beschrieben worden [13,22-25]. Die relevanteste Komplikation nach intraosärer Infusion ist – gemäß älterer Studien – mit 0,6 % aller Anwendungen die Osteomyelitis [26,27]. Aktuelle Daten für moderne Intraosärsysteme gibt es dazu jedoch nicht. Die Osteomyelitis ist bei steriler Arbeitstechnik, aseptischem Umgang mit der intraosären Leitung sowie kurzer Verweildauer der Kanüle vermutlich eine ausgesprochene Rarität. Am ehesten kann sie bei septischen Schockzuständen mit Bakteriämie oder bei der Anwendung von Nekrosenverursachenden hyperosmotischen Lösungen auftreten [17,28].

Bei unsachgemäßer Handhabung manueller intraosärer Infusionssysteme kann es zum Verbiegen oder sogar Brechen der Punktionskanüle sowie in seltenen Fällen zu Knochenfrakturen kommen [23]. Automatisierte Systeme, wie das EZ-IO®-System, scheinen in dieser Hinsicht mehr Sicherheit zu bieten [18].

Primäre und auch sekundäre Fehllagen, eine Perforation der gegenseitigen Kortikalis sowie ein Kompartmentsyndrom stellen ein globales Problem, unabhängig der verwendeten Technik dar. Eine Verletzung der Epiphysenfuge mit konsekutiver Längenwachstumsdifferenz der Extremität ist bei sachgemäßer Lokalisierung des Punktionsorts sehr unwahrscheinlich, muss jedoch insbesondere bei Neugeborenen und kleinen Säuglingen, aufgrund der bei ihnen erschwerten Orientierung an den knöchernen Landmarken, als potentielle Komplikation berücksichtigt werden.

Kontraindikationen

Bei sachgemäßer Indikation (s.u.) stellt die intraossäre Infusion eine Notfallmaßnahme dar.

Als **absolute Kontraindikationen** gelten insbesondere lokale Zustände, die den Erfolg einer intraossären Infusion in Frage stellen:

- Aktuelle oder kürzliche Fraktur im Punktionsgebiet
- Implantiertes Osteosynthesematerial oder kürzliche Osteosynthesemetallentfernung im Punktionsgebiet
- Vorausgehende intraossäre Punktionsversuche (vor weniger als 24-48 h)
- Gefäßverletzungen proximal der Punktionsstelle
- Fehlende anatomische Landmarken.

Nur solche sind in einer lebensbedrohlichen Situation zu berücksichtigen.

Als **relative Kontraindikationen** gelten:

- Erkrankungen des Knochens oder des Blutbildungssystems
- Intrakardialer Rechts-Links-Shunt (Gefahr einer paradoxen Knochenmarks- oder Fettembolie).

Diese relativen Kontraindikationen sind nur von Bedeutung für Situationen, in denen keine lebensbedrohliche Situation vorliegt.

Indikationen für eine intraossäre Infusion in der Kinderanästhesie und perioperativen Versorgung von Kindern

Gemäss den aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) sollte bei kritisch kranken Kindern, insbesondere beim Atem-Kreislauf-Stillstand oder beim dekompenzierten Kreislaufschock, frühzeitig eine intraossäre Infusion angelegt werden, wenn ein intravenöser Zugang nicht innerhalb von einer Minute verfügbar ist [5]. Zudem kann bei Kindern mit aussichtslos schwierigen Venenverhältnissen infolge schwerer Hypovolämie, Hypothermie, Adipositas, Ödemen oder grossflächigen Verbrennungen, die dringend eine Medikamenten- oder Volumengabe zur Sicherung der Vitalfunktionen benötigen, primär eine intraossäre Infusion angelegt werden [4,29,30].

Die oben zitierten Leitlinien des ERC bzw. Behandlungsempfehlungen des International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) sind auf kritische Situationen in der Kinderanästhesie und der perioperativen Versorgung von Kindern übertragbar, wenn noch kein intravenöser Zugang vorhanden ist bzw. schwierige venöse Punktionsverhältnisse vorliegen [4,5,8,9,20,21]:

- 1. Sofortindikationen** (frühzeitige oder primäre IO-Kanülierung)
 - Atem-Kreislauf-Stillstand
 - Kritische hämodynamische Instabilität vor oder während Anästhesieeinleitung
 - Schwerer Laryngospasmus
 - Anästhesieeinleitung bei starker Atemwegsblutung.

Darüber hinaus können weitere anästhesiologische Indikationen definiert werden [8,9,20]:

- 2. Dringliche Indikationen** (zeitgerechte IO-Kanülierung bei erfolglosen venösen Punktionsversuchen)
 - **Unaufschiebbarer Narkoseeinleitung beim nicht-nüchternen Kind (Ileus-**

einleitung, Rapid-Sequence-Induktion (RSI))

- **Unaufschiebbarer Narkoseeinleitung beim Kind mit instabilem Kreislauf oder schwerer kardialer Insuffizienz.**

3. Semi-elektive Indikationen

(IO-Kanülierung bei erfolglosen venösen Punktionsversuchen und nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Abwägung)

- **Nach Maskeneinleitung (falls Gefäßzugang erforderlich)**
- **Zwingende „intravenöse“ Einleitung (z.B. bei Disposition für eine Maligne Hyperthermie).**

Während unter 1. klar definierte Notfallindikationen aufgelistet sind, gilt es bei den Indikationen unter 2. und 3. jeweils im Einzelfall abzuwägen, ob eine zentralvenöse oder eine intraossäre Kanülierung das sicherste Verfahren der anästhesiologischen Versorgung darstellt. Obwohl eine Analgosedierung mit z.B. rektal oder intramuskulär verabreichtem S-Ketamin (oder Ketamin) dem Geübten grundsätzlich die Einlage eines primären zentralen Venenkatheters in Analgosedierung erlaubt, erscheint – gerade beim kritisch kranken oder nicht-nüchternen Kind - aus Sicherheitsgründen ein vorheriger zuverlässiger Gefäßzugang erstrebenswert [8]. Darüber hinaus gilt es zu berücksichtigen, dass bis heute – im Gegensatz zu zentralvenösen Katheterisierungen – für die intraossäre Infusion abseits vom Sternum keine Todesfälle beschrieben worden sind und auch die Punktion der Vena femoralis eine hohe Morbidität aufweist, was gerade bei ambulanten Patienten berücksichtigt werden muss [31-34]. Alle im Zusammenhang mit intraossären Infusionen beschriebenen Todesfälle traten auf infolge von Sternalpunktionen mit Mediastinitis, Hydrothorax oder Verletzung von Herz oder großen Gefäßen [35,36].

In den unter 2. und 3. aufgeführten, dringlichen, jedoch nicht akut lebensbedrohlichen Situationen kann die intraossäre Kanülierung - anders als unter den oft hektischen Bedingungen in der Notfallmedizin - gut vorbereitet, kontrolliert, ohne übermäßigen Zeitdruck und unter streng aseptischen Kautelen

angelegt werden. Dadurch kann die bereits niedrige Komplikationsrate der notfallmedizinischen intraossären Infusion für die genannten Indikationen in der Kinderanästhesie vermutlich noch niedriger erwartet werden.

Bei elektiven Eingriffen mit unmöglicher Punktion einer peripheren Vene (einschließlich der Vena jugularis externa) unter Maskenanästhesie sowie bei begründetem Bedarf für eine venöse Infusion, sind die Risiken einer kontrolliert angelegten intraossären Infusion zudem abzuwägen gegen die Risiken einer prolongierten Maskenbeatmung mit ihren potentiellen Folgen, wie Atelektasen, Hyperkapnie, Mageninsufflation, Hypothermie etc. [8,20]. Gelegentlich geraten inhalative Anästhesieeinleitungen mit schwierigen Venenpunktionverhältnissen im Verlauf außer Kontrolle, insbesondere wenn der suffizienten Oxygenierung in solchen Situationen weniger Beachtung geschenkt wird als den ubiquitären intravenösen Punktionsversuchen multipler Helfer.

Bei den unter 2. genannten, dringlichen Indikationen ist somit immer eine individuelle Risikoabwägung für den Einzelfall zu treffen. Die Entscheidungsfindung kann abhängig sein vom Patienten, vom Team oder auch von den infrastrukturellen Gegebenheiten unter denen die Versorgung des Kindes erfolgt (z.B. periphere Anästhesiearbeitsplätze außerhalb des OP-Bereichs). Des Weiteren stellen die unmittelbare Verfügbarkeit des Materials in Patientennähe und ein regelmäßiges Training im Umgang mit der Technik wichtige Voraussetzungen für einen sicheren und effizienten Einsatz der intraossären Infusion dar. In jedem Fall empfiehlt sich eine klare Regelung für die Indikation und die Durchführung der intraossären Infusion innerhalb einer anästhesiologischen Einrichtung [9].

Aufklärung

Bei Kindern mit zu erwartenden schwierigen peripheren Venenverhältnissen und/oder bei dringlichen Indikationen sollte über eine mögliche intraossäre Kanülierung aufgeklärt werden. Nach erfolgter intraossärer Kanülierung wird

empfohlen, eine nachträgliche Sicherungsaufklärung durchzuführen. Als relevante Risiken sollten die oben aufgeführten Komplikationen erwähnt werden, v.a. die Osteomyelitis.

Praktische Übung

Eine regelmäßige praktische Übung der intraossären Infusion an geeigneten Modellen sowie die mentale Vorbereitung auf Indikationen und Anwendung sind wichtig, um im akuten Fall die Indikation stellen und die Kanülierung schnell, sicher und erfolgreich durchführen zu können [19]. Übungsknochen aus Kunststoff sowie Tierknochen von Huhn oder Schaf sind geeignet, um die Technik der intraossären Kanülierung manuell zu üben und damit eine sehr hohe klinische Erfolgsrate bei der intraossären Kanülierung zu erzielen. Eine zeitgerechte und sichere Anwendung der intraossären Infusion kann zudem authentisch, effektiv und nachhaltig im Rahmen eines szenarienbasierten Trainings unter Verwendung geeigneter Kinderphantome oder -simulatoren erlernt und verinnerlicht werden [18,37,38]. Eine weitere Möglichkeit, die intraossäre Punktion zu üben, bietet sich bei Kindern mit onkologischen Erkrankungen, die sich häufiger einer diagnostischen Knochenmarkspunktion in Analgosedierung oder Allgemeinanästhesie unterziehen müssen. Vielerorts wird bei Säuglingen die diagnostische Punktion an der Tibia durchgeführt.

Zusammenfassung

Die intraossäre Infusion als Gefäßzugang bei erfolgloser venöser Kanülierung ist seit den 1990er Jahren in den notfallmedizinischen Leitlinien für Kinder von ERC und AHA fest verankert. Analog dazu lassen sich die Indikationen für die Kinderanästhesie definieren, welche - je nach Zeitdruck - in sofortig, dringlich und semi-elektiv unterschieden werden können. Bei Kindern haben sich die Intraossärsysteme EZ-IO® und Cook® besonders bewährt. Essentielle Voraussetzungen für die sichere Anwendung der intraossären Infusion sind eine korrekte und zeitgerechte Indikationsstellung

sowie eine technisch und hygienisch einwandfreie Durchführung und Versorgung. Die unmittelbare Verfügbarkeit des intraossären Infusionsmaterials in Patientennähe muss gewährleistet sein.

Literatur

1. Rosetti VA, Thompson BM, Aprahamian C, Darin JC, Mateer JR. Difficulty and delay in intravascular access in pediatric arrests [abstract]. *Ann Emerg Med* 1984;13:406.
2. Kanter RK, Zimmerman JJ, Strauss RH, Stoeckel KA. Pediatric emergency intravenous access: evaluation of a protocol. *Am J Dis Child* 1986;140:132-134.
3. Heinild S, Sodergaard T, Tudvad F. Bone marrow infusions in childhood: experiences from 1000 infusions. *J Pediatr* 1947;30:400-412.
4. ILCOR. Part 6: Paediatric basic and advanced life support. *Resuscitation* 2010;(e-pub Oct 18).
5. Biarent D, Bingham R, Eich C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 6: Paediatric Life Support Resuscitation 2010;(e-pub Oct. 18).
6. AHA. American Heart Association (AHA) guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: pediatric advanced life support. *Pediatrics* 2010;(e-pub Oct 18).
7. Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. *Anesth Analg* 2007;105:344-350.
8. Weiss M, Henze G, Eich C, Neuhaus D. Intraossäre Infusion - Eine wichtige Technik auch für die Kinderanästhesie. *Anaesthesist* 2009;58:863-866,868-872, 874-865.
9. Eich C, Weiss M, Neuhaus D, et al. Die intraossäre Infusion in der Kinder- notfallmedizin und Kinderanästhesie. *Anästh Intensivmed* 2010;51:75-81.
10. Neuhaus D, Henze G, Frotzler A, Weiss M. Stellenwert der intraossären Infusion in der Kinderanästhesie. Eine internet-basierte Umfrage. *Anaesth Intensivmed* 2010:328-334.
11. Doan CA. The circulation of the bone marrow. *Contrib Embryol* 1922:27-47.
12. Drinker CK, Drinker KR. The circulation in the mammalian bone marrow. *Am J Physiol* 1922:1-92.
13. Spivey WH. Intraosseous infusions. *J Pediatr* 1987:639-643.

14. Helm M, Gries A, Fischer S, Hauke J, Lampl L. Invasive Techniken in der Notfallmedizin. III. Die intraossäre Punktion - Ein alternativer Gefäßzugang in pädiatrischen Notfallsituationen. *Anaesthesist* 2005;54:49-56.
15. Alam HB, Punzalan CM, Koustova E, Bowyer MW, Rhee P. Hypertonic saline: intraosseous infusion causes myonecrosis in a dehydrated swine model of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma* 2002;52:18-25.
16. Fiser DH. Intraosseous infusion. *N Engl J Med* 1990;322:1579-1581.
17. Neufeld JD. Comparison of intraosseous, central and peripheral routes of crystalloid infusion for resuscitation of hemorrhagic shock in a swine model. *J Trauma* 1993;422-428.
18. Brenner T, Bernhard M, Helm M, et al. Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use. *Resuscitation* 2008;314-319.
19. Weiss M, Gächter-Angehrn J, Neuhaus D. Intraossäre Infusionstechnik. *Notfall Rettungsmed* 2007;10:99-116.
20. Neuhaus D, Weiss M, Engelhardt T, Henze G, Eich C. Semi-elective intraosseous infusion after failed intravenous access in paediatric anaesthesia. *Paediatr Anaesth* 2010;20 168-171.
21. Tobias JD, Ross AK. Intraosseous Infusions: A Review for the Anesthesiologist with a Focus on Pediatric Use. *Anesth Analg* 2009.
22. Arbeiter HI, Greengard J. Tibial bone marrow infusions in infancy. *Pediatrics* 1994;25:1-12.
23. Erb T, Hampl KF, Frei FJ. An unusual complication of intra-osseous infusion during paediatric resuscitation. *Anaesthesia* 1995;50:471.
24. LaSpada J, Kissoon N, Melker R, et al. Extravasation rates and complications of intraosseous needles during gravity and pressure infusion. *Crit Care Med* 1995;23:2023-2028.
25. Turkel H. Intraosseous infusion. *Am J Dis Child* 1983;706.
26. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14:885-888.
27. Schoffstall JM, Spivey WH, Davidheiser S, Lathers CM. Intraosseous crystalloid and blood infusion in a swine model. *J Trauma* 1989;29:384-387.
28. Helm M, Breschinski W, Lampl L. Die intraossäre Punktion in der präklinischen Notfallmedizin. Praktische Erfahrungen aus dem Luftrettungsdienst. *Anästhesist* 1996;45:1196-1202.

29. Helm M, Hauke J, Bippus N, Lampl L. Die Intraossäre Punktion in der präklinischen Notfallmedizin. 10-jährige Erfahrung im Luftrettungsdienst. *Anaesthesist* 2007;56:18-24.
30. Bernhard M, Eich C, Gräsner JT, et al. Die intraossäre Infusion in der Notfallmedizin. Empfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Notfallmedizin und des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästh Intensivmed* 2010;51:S615-S620.
31. Nowlen TT, Rosenthal GL, Johnson GL, Tom DJ, Vargo TA. Pericardial effusion and tamponade in infants with central catheters. *Pediatrics* 2002;110:137-142.
32. Krasna IH, Krause T. Life-threatening fluid extravasation of central venous catheters. *J Pediatr Surg* 1991;26:1346-1348.
33. Bonadio WA, Losek JD, Melzer-Lange M. An unusual complication from a femoral venous catheter. *Pediatr Emerg Care* 1988;4:27-29.
34. Moriarty KP, Konefal SH, Jr., Ingold VJ. Acute abdomen from a femoral venous catheter. *Clin Pediatr (Phila)* 1997;36:175-176.
35. Turkel H. Deaths following sternal puncture. *AMA Arch Surg* 1956;73:183-184.
36. Tocantins LM, O'Neill J F. Complications of Intra-Osseous Therapy. *Ann Surg* 1945;122:266-277.
37. Eich C, Russo S, Timmermann A, Nickel EA, Graf BM. Neue Perspektiven der simulatorunterstützten Ausbildung in Kinderanästhesie und Kindernotfallmedizin. *Anaesthesist* 2006;55:179-184.
38. Eich C, Roessler M, Timmermann A, et al. Präklinische Kindernotfälle - Notärztliche Wahrnehmung und Einschätzung. *Anaesthesist* 2009;58:876-883.

Korrespondenz- adresse



**Priv.-Doz. Dr. med.
Christoph Bernhard
Eich, DEAA**

Zentrum Anaesthesiologie
Rettungs- und Intensivmedizin
Universitätsmedizin Göttingen
Robert-Koch-Straße 40
37075 Göttingen, Deutschland
Tel.: 0551 3922995
Fax: 0551 8676
E-Mail: ceich@med.uni-goettingen.de

Internet-Adressen mit weiterführenden Informationen zur intraossären Infusion

Intraossäre Punktionssysteme

www.cookmedical.com (Cook®)
www.vidacare.com (EZ-IO®)
www.waismed.com (BIG®)

Intraossäre Trainingsmodelle

www.global-technologies.net
www.simulaid.com
www.learald.de
www.armstrongmedical.com
www.med-mondial.com
www.vidacare.com
www.sawbones.com
www.drmas.com

„e-learning“

www.io-infusion.ch

Praktische Beispiele (Videos)

www.kindernarkose.ch