

Der Einsatz des intraossären Zugangs im präklinischen Notarztdienst

Diskrepanz zwischen Leitlinienempfehlungen und Realität!

Die Punktion einer peripheren Vene kann unter den erschwerten Bedingungen der präklinischen Notfallmedizin schwierig bis unmöglich sein und somit das Zeitmanagement und die Behandlungsstrategie gefährden [15]. Dies kann zu einer Verzögerung der adäquaten klinischen Diagnostik und Therapie führen. Hierdurch kann sich die Prognose für den kritisch kranken Patienten verschlechtern [5].

Während die intraossäre (i.o.-) Medikamentenapplikation in der Versorgung von pädiatrischen Notfallpatienten schon seit längerem etabliert ist [1, 4, 10, 19, 20], empfiehlt das European Resuscitation Council (ERC) erst seit 2005 auch bei der Reanimation von erwachsenen Patienten die frühzeitige Verwendung eines intraossären Zugangs, wenn die zeitgerechte Punktion einer Vene nicht möglich ist (■ **Tab. 1**, [2, 12]).

Die Arbeitskreise Notfallmedizin und Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) empfehlen aktuell den i.o.-Zugang bei Herz-Kreislauf-Stillstand, ausgeprägtem hypovolämischem Schockzustand und bei kritisch Kranken oder Verletzten, bei denen zur Wiederherstellung der Vitalfunktionen eine Medikamenten- oder Volumengabe notwendig ist und ein intravenöser Zugang nicht mit 3 Punktionsversuchen oder innerhalb von 90–120 s etabliert werden kann [11].

In einer großangelegten Untersuchung von 11 Mio. präklinischen Notfallpatienten im amerikanischen Paramedic-besetzten Rettungsdienstsystem stellte Hobbs [15] fest, dass bei 17% die Anlage einer peripheren Venenverweilkanüle schwierig und bei 15% schlichtweg unmöglich ist. Beim Kleinkind bleiben sogar 50% der primären Venenpunktionsversuche frustriert und dies unabhängig von der Erfahrung des Paramedic.

Eine von den Autoren schriftlich durchgeführte Umfrage unter Berliner Rettungsassistenten und Notärzten im Jahr 2007/2008 ergab, dass die schwierige periphere Venenpunktion auch hier ein häufiges und gefürchtetes Problem darstellt. Bei über 85% der Befragten führte die hieraus resultierende zeitliche Verzögerung im Einsatzgeschehen schon mindestens einmal zu einer dramatischen Verschlechterung des Gesundheitszustandes bis hin zur Reanimation. Jedoch gaben nur 20% der Befragten an, praktische Erfahrung im Umgang mit einem i.o.-Zugang als Alternative zu haben. Die Verwendung der manuell zu platzierenden i.o.-Nadeln (Jams-hidi®, CareFusion, San Diego, CA/USA; Cook®, Cook Medical Inc. Bloomington, IN/USA) bzw. der älteren automatischen Produkte (B.I.G.®, Fa. WeisMed, Caesarea, Israel, ■ **Abb. 1**) wurde überwiegend als schwierig bewertet. Moderne halbautomatische Komplettlösungen wie das F.A.S.T.1® (Pyng Medical, Richmond, Canada) oder

Tab. 1 Indikationen des intraossären Zugangs beim erwachsenen Notfallpatienten in Anlehnung an die Empfehlungen des European Resuscitation Council (ERC)

| Indikationen für einen intraossären Zugang |
|---|
| >90 s frustrane Venensuche (Sekundärstrategie) |
| >3 frustrane Venenpunktionsversuche (Sekundärstrategie) |
| Benötigte Zeit für die Venenpunktion beträgt vermutlich >90 s (Primärstrategie) |

die EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA, ■ **Abb. 2**) standen zum Zeitpunkt der Befragung nur an einem der 18 Notarzt-Stützpunkte zur Verfügung. Es ist anzunehmen, dass der i.o.-Zugang aufgrund der vermeintlich komplizierten und fehlerbehafteten Anwendung nur in Aus-

Dr. med. Philipp Kellner ist Ärztlicher Leiter des Notarzteinsatzfahrzeugs (NEF) 4405 der Berliner Feuerwehr und Notarzt des NEF 3305, das an den DRK-Kliniken Berlin Westend stationiert ist. Des Weiteren ist er als Arzt in der Chirurgischen Abteilung der DRK-Kliniken Berlin Westend tätig. **Dr. med. Mario Eggers** ist Ärztlicher Leiter Rettungsdienst der Berliner Feuerwehr und Notarzt des NEF 3305, das an den DRK-Kliniken Berlin Westend stationiert ist.

Barbara Rachut ist Ärztliche Leiterin des NEF 4305 der Berliner Feuerwehr und Ärztliche Leiterin des NEF 3305, das an den DRK-Kliniken Berlin Westend stationiert ist. Sie ist tätig als Ärztin in der Klinik für Anästhesie an den DRK-Kliniken Berlin Westend.



Abb. 1 ▲ Bone Injection Gun® (Fa. WeisMed, Caesarea, Israel), Kinder- und Erwachsenennadel



Abb. 2 ▲ EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA) mit den 15 Gaugennadeln aller 3 Größen: Kinder rot 15 mm, Erwachsene blau 25 mm, Adipöse gelb 45 mm

nahmefällen eingesetzt wurde. Teilweise wurden sogar eindeutig nachrangige Applikationsformen der 3. Wahl, wie der zentralvenöse Zugang oder die endotracheale Medikamentenapplikation, bevorzugt. Die von den Fachgesellschaften vorgeschlagenen Indikationen waren den meisten Befragten nicht hinreichend bekannt.

Die Inzidenz der schwierigen peripheren Venenpunktion und der daraus folgende empfehlungsgerechte Einsatz eines i.o.-Zugangs, sowie die – für den praktisch tätigen Notfallmediziner – relevanten Parameter, wie Anlagedauer, Erfolgsquote, Durchflussrate und Komplikationen, wurden bisher nicht ausreichend im bundesdeutschen Rettungs- und Notarztdienst untersucht.

Insofern fokussiert sich diese Untersuchung auf folgende Fragen:

SOLL-Indikation

- Bei wie vielen präklinischen Notfallpatienten liegt ein kritischer Gesundheitszustand vor und die Punktion einer peripheren Vene ist nicht zeitgerecht möglich?

IST-Indikation

- Wie oft kommt der i.o.-Zugang tatsächlich zum Einsatz?

SOLL- vs. IST-Indikation

- Wird der i.o.-Zugang leitlinien- und indikationsgerecht eingesetzt?
- Ist die leitlinien- und indikationsgerechte Anwendung des i.o.-Zugangs im deutschen Rettungsdienst sinnvoll und möglich?

Material und Methoden

SOLL-Indikationsberechnung

Gemäß den Einsatzstatistiken für den Berliner Notarztdienst beträgt die Abbruchquote bei einer Alarmierung des Notarztes 40%. Für die verbleibenden 60% der Alarme entsteht ein Notarzt-Patienten-Kontakt. Bei 20% dieser Kontakte sieht der Notarzt einen *kritisch erkrankten oder verletzten Patienten* mit einem National Advisory Committee for Aeronautics (NACA)-Score V oder VI. Bei 1000 Alarmen ergibt dies 120 kritisch erkrankte Patienten ($1000 \times 0,6 \times 0,2$). Bei mindestens 15% dieser schwer erkrankten oder verletzten Patienten ist nach Hobbs [15] die Anlage einer Venenverweilkanüle nicht zeitgerecht möglich, so dass die Indikation zur Anlage eines i.o.-Gefäßzugangs gegeben ist. Pro 1000 Notarztalarmierungen müssten demnach in Berlin – rein kalkulatorisch – mindestens 18 i.o.-Zugänge zum Einsatz kommen, wenn die Indikation hierzu empfehlungsgerecht gestellt wird (SOLL-Indikation, **Tab. 2**).

IST-Indikationsermittlung

Der IST-Zustand für die Anlage des i.o.-Zugangs wurde an einem Berliner Notarztstandort mit etwa 4.200 Einsätze/Jahr ermittelt. Das an einer Klinik stationierte Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) wird ärztlich interdisziplinär besetzt (Anästhesie 40% der Einsätze, Chirurgie 30%, Kardiologie 15% und Gastroenterologie 15%). Qualifikationsvoraussetzungen sind ne-

ben der Fachkunde Rettungsdienst eine mindestens 3-jährige klinische Tätigkeit, hiervon mindestens 1 Jahr auf der interdisziplinären Intensivstation, 6 Wochen Praktikum in Kreissaal und Kinder-Operationsaal, die Hospitation bei 50 NEF-Einsätzen sowie die Teilnahme an einem Advanced Life Support (ALS)-Kurs des ERC. Von den 23 Notärzten (15 Männer, 8 Frauen) besitzen 10 eine Facharztqualifikation und 15 die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin, das Durchschnittsalter beträgt 35 Jahre. 80% der Ärzte nehmen schon länger als 3 Jahre am Notarztdienst teil. Die das NEF besetzenden Rettungsassistenten der Berliner Feuerwehr sind seit mindestens 5 Jahren im Rettungsdienst tätig und nehmen an den regelmäßigen Fortbildungen des NEF-Stützpunktes teil.

Prospektive Beobachtungsstudie mit Vorher-nachher-Analyse

In einer prospektiven Beobachtungsstudie mit Vorher-nachher-Analyse wurde geprüft, wie häufig der i.o.-Zugang in diesem Notarztdienst zur Anwendung kommt. Die Vorher-Phase umfasst die Jahre 2007 und 2008. Zum Ende des Jahres wurde eine ausgiebige Schulung aller Notärzte und Rettungsassistenten zum streng leitliniengerechten Einsatz des i.o.-Zugangs durchgeführt. Hierbei wurde neben der Vermittlung der theoretischen Grundlagen (90 min), besonderer Wert auf das praktische Training (120 min) mit verschiedenen Kanülierungssystemen (Cook®, B.I.G.®, EZ-IO®) an Modellen und Tierknochen gelegt. An

Notfall Rettungsmed 2010 DOI 10.1007/s10049-010-1381-0
© Springer-Verlag 2010

P. Kellner · M. Eggers · B. Rachut

Der Einsatz des intraossären Zugangs im präklinischen Notarztdienst. Diskrepanz zwischen Leitlinienempfehlungen und Realität! Discrepancy between guideline recommendations and reality!

Zusammenfassung

Hintergrund. Seit 2005 empfiehlt die Fachgesellschaft European Resuscitation Council (ERC) in ihren notfallmedizinischen Leitlinien den intraossären Zugang als frühe Alternative bei schwierigen Venenverhältnissen. Doch wie gelingt die Umsetzung der Theorie in die tägliche Praxis? Die Autoren fanden durch eine Befragung von Rettungsassistenten und Notärzten heraus, dass die intraossäre Infusionstechnik fünf Jahre nach Neuregelung ihres Stellenwertes noch immer eine Rarität in der Berliner Notfallmedizin (und damit mutmaßlich bundesweit) darstellt.

Material und Methoden. Im Rahmen einer präklinischen prospektiven Beobachtungsstudie mit Vorher-nachher-Analyse zeigen sie, dass sich der leitliniengerechte Einsatz des in-

traossären Zuganges sinnvoll und effizient durch den Einsatz moderner Produkte in alle Behandlungsalgorithmen des präklinischen Notarztdienstes integrieren lässt.

Ergebnisse. In 10,5 Monaten wurde bei 100 Patienten unabhängig von der Erfahrung des Anwenders innerhalb kürzester Zeit unkompliziert ein intraossärer Zugang angelegt, da die zeitgerechte Anlage eines peripheren Zuganges nicht möglich war. Dies entspricht einer durchschnittlichen Anwendungsfrequenz von 2,2/Woche, oder 9,5/Monat und einem Anteil von 4,5% des Gesamtpatientengutes bzw. 22,7% der als vitalgefährdet eingeschätzten Kranken. Die Anwendung der intraossären Infusionstechnik steigerte sich demnach durch die Um-

setzung der Leitlinien um das 7-Fache auf 27,2/1000 Alarme.

Schlussfolgerung. Der intraossäre Zugang ist ein einfaches Hilfsmittel, um die therapiefreie Zeit auch bei knappen Personalressourcen zu minimieren. Sein Einsatz in der präklinischen Notfallmedizin scheint dennoch eher eine Rarität als eine Standardmaßnahme darzustellen und entspricht somit nicht den evidenzbasierten Empfehlungen der Fachgesellschaften.

Schlüsselwörter

Intraossäre Injektion · Intraossäre Medikamentenapplikation · Intraossäre Infusion · Schwierige Venenverhältnisse · Reanimationsleitlinien

Use of intraosseous access by prehospital emergency medical services

Abstract

Background. Since 2005 the European Resuscitation Council (ERC) has recommended an intraosseous access as an early alternative for difficult vein situations in the guidelines for emergency medical services. But how does the theory succeed in routine practice? Using a survey of rescue assistants and physicians, the authors found that the intraosseous infusion technique is still a rarity in the Berlin emergency medical service and therefore presumably nationwide, 5 years after a revision of its importance.

Materials and methods. Within a preclinical prospective observational study with before and after analyses, it was shown that use of an intraosseous access according to the

guidelines can be reasonably and efficiently integrated into treatment algorithms of preclinical emergency medical services by the use of modern products.

Results. During a period of 10.5 months an intraosseous access was established in a very short time in 100 patients with no complications and independent of the experience of the operator, because the timely placement of a peripheral venous access was not possible. This corresponds to an average frequency of 2.2 per week or 9.5 per month and a proportion of 4.5% of the total patient collective or 22.7% of patients estimated to be in a life-threatening situation. The application of the intraosseous technique increased according-

ly by a factor of 7 to 27.2 per 1,000 alarm calls by the implementation of the guidelines.

Conclusions. Intraosseous access is a simple aid to minimize the therapy-free time even with limited personnel resources. Its use in preclinical emergency medical services seems, however, to be more of a rarity than a standard and does not therefore correspond to the evidence-based recommendations of the professional societies.

Keywords

Infusions, Intraosseous · Standards · Emergency medical services · Algorithms · Difficult vein situations

Tab. 2 Berechnung der zu erwartenden intraossären (i.o.-) Zugänge pro 1000 Notarzttalarmierungen auf Grundlage der Einsatzstatistiken der Jahre 2007–2009 der Berliner Feuerwehr und der Inzidenz der unmöglichen Venenpunktion. (Nach [15])

| |
|---|
| SOLL-Indikation/1000 Notarzttalarme |
| – 40% Abbrüche |
| = 600 Patienten mit Notarztkontakt |
| – 80% nicht kritisch kranke Patienten (NACA I–IV) |
| = 120 kritisch kranke Patienten (NACA V–VI) |
| – 85% intravenöser (i.v.-) Zugang zeitgerecht möglich |
| = 18 i.o.-Zugänge/1000 Notarzttalarme |

Tab. 3 Tatsächliche Anzahl der intraossären (i.o.-) Zugänge pro 1000 Notarzttalarmierungen in Vorher- und Nachher-Phase

| |
|---|
| IST-Indikation/1000 Notarzttalarme |
| Vorher-Phase = 4,05 i.o.-Zugänge/1000 Notarzttalarme |
| Nachher-Phase = 27,2 i.o.-Zugänge/1000 Notarzttalarme |

die Schulung schloss sich die Nachher-Phase an, sie erstreckte sich über einen Zeitraum von 10,5 Monaten (9.11.2008–21.09.2009 = 315 Tage, 45 Wochen).

Es wurde jeweils untersucht, wie häufig die NEF-Besatzung kritisch kranke Patienten (NACA-Score V–VI) mit einem i.o.-Zugang versorgte. Den Notärzten und Rettungsassistenten standen mehrere Produkte zur freien Verfügung (Cook®, B.I.G.®, EZ-IO®). Unter anderem wurden folgende Parameter erfasst:

- Indikation und Entschlusszeit,
- gewähltes Produkt,
- Anwender (Notarzt/Rettungsassistent, Erst-/Folgeanwender),
- Anlagedauer (Stoppuhrmessung),
- Erfolgsquote,
- Punktionsort,
- verabreichte Medikamente,
- Durchflussrate (elektronische-Messung),
- epidemiologische Daten,
- einsatzspezifische Daten,
- Bewusstseinszustand,
- Schmerzempfinden,
- Anwenderverhalten,
- Anwenderbewertung,
- Anwendervergleich der Produkte/bevorzugtes Produkt,
- Notarztprotokoll sowie

- Nachverfolgung (i.o.-Komplikation, Infektion).

Zur Überprüfung der empfehlungsgerechten Indikation wurden SOLL- und IST-Indikation miteinander verglichen.

Statistische Methoden

SOLL- und IST-Indikation werden jeweils pro 1000 Notarzttalarmierungen angegeben. Die Häufigkeiten wurden mit dem χ^2 -Test auf Signifikanz überprüft.

Im deskriptiven Teil der Arbeit wurden für die kategorisierten Variablen Häufigkeiten berechnet, für die stetigen Variablen Mittelwerte und Standardabweichung oder Median und Spannweite.

Ergebnisse

Vorher-Phase: 4,05 i.o.-Zugänge/1000 Alarme

In der Vorher-Phase – dem Beobachtungszeitraum 2007/2008 – kamen 17 i.o.-Zugänge bei 4200 Notarzttalarmierungen zur Anwendung. Somit ergab sich eine IST-Indikation von 4,05 i.o.-Zugängen/1000 Alarme, bei einer kalkulatorischen SOLL-Indikation von 18 i.o.-Zugängen/1000 Alarme (■ Tab. 2, 3).

Nachher-Phase: 27,2 i.o.-Zugänge/1000 Alarme

Im Untersuchungszeitraum der Nachher-Phase von 10,5 Monaten wurden bei 3675 Notarzttalarmierungen 100 Patienten mit einem i.o.-Zugang versorgt.

Der Einsatz der i.o.-Infusionstechnik steigerte sich demnach um fast das 7-Fache auf eine IST-Indikation von 27,2/1000 Alarme und übertraf damit sogar die theoretisch erwartete Anzahl. Dies entspricht einer durchschnittlichen Anwendungsfrequenz von 2,2/Woche, oder 9,5/Monat. Dies bedeutet, dass bei 22,7% der als kritisch eingeschätzten Kranken (4,5% aller Patienten mit Notarztkontakt) die Punktion einer peripheren Vene nicht zeitgerecht möglich und gemäß den Leitlinienempfehlungen somit die Indikation zur i.o.-Punktion gegeben war (■ Tab. 2, 3).

Epidemiologische, einsatzspezifische Daten

Es wurden 52 weibliche und 48 männliche Patienten in das Studienkollektiv eingeschlossen, das Durchschnittsalter lag bei 63 Jahren (jüngster Patient: 9 Wochen; ältester Patient 93 Jahre). Die erfassten Verdachtsdiagnosen spiegeln die durchschnittlichen Einsatzanforderungen an einen Berliner Notarzt wieder. Es wurde in allen Altersgruppen eine höhere Anzahl internistischer (85%) als traumato-logischer (15%) Notfälle beobachtet; 66% der Patienten waren erkrankungs- oder verletzungsbedingt reanimationspflichtig (NACA-Score VI). Der i.o.-Zugang kam insgesamt häufiger bei Erwachsenen (93%) als bei Kindern (7%) zum Einsatz. Jedoch wurden bei allen Kinderreanimationen im Erfassungszeitraum die Medikamente primär i.o. verabreicht (n=4 von 4), bei den insgesamt 144 Reanimationen bei Erwachsenen in lediglich 45,8% der Fälle (n=62 von 144).

Indikationsstellung

Neben der Reanimation, wurde bei 34 Patienten mit erhaltenem Spontankreislauf und folgenden Krankheitsbildern die Indikation zur i.o.-Punktion gestellt:

- schwere Verletzung, Polytrauma, hämorrhagischer Schock;
- Myokardinfarkt;
- kardiogener Schock;
- Sepsis;
- respiratorische Insuffizienz;
- Intoxikation;
- Krampfanfall sowie
- Hypothermie.

Die „On-scene“-Zeit bis zur Indikationsstellung zeigt, wie zu erwarten, einen dreigipfligen Verlauf (■ Abb. 3). Der erste Gipfel entspricht der Indikation *vermutete Zeit bis zur Anlage eines peripheren venösen Zugangs >90 s*, also einer primären Anwendung des i.o.-Zuganges. Die darauffolgenden Häufungen entsprechen den Indikationen *>90 s frustrane Venensuche* und *>3 frustrane periphere Venenpunktionsversuche*, also den Sekundärstrategien. Dementsprechend war bei 52% der Patienten ein Venenpunktionsversuch vorausgegangen. Im Mittel fiel der Entschluss

zur i.o.-Punktion nach $121,9 \pm 134$ s, bei 80% der Patienten innerhalb der ersten 180 s nach Eintreffen an der Einsatzstelle.

Wahl des Punktionsmaterials im Einsatz

Trotz des Vorhandenseins von insgesamt 3 verschiedenen Produkten, entschieden sich die Anwender mit einer einzigen Ausnahme im Einsatzgeschehen für den modernen semiautomatischen batteriebetriebenen Knochenbohrer EZ-IO® (■ Abb. 2). Auch wenn sich durch diese Tatsache allein wahrscheinlich subjektive Rückschlüsse auf die Einsatzpraktikabilität der verschiedenen Produkte ziehen lassen, war ein objektiver Vergleich hierdurch nicht möglich. Die in der vorliegenden Studie erhobenen Daten beziehen sich somit auf die Anlage eines i.o.-Zugangs mithilfe der EZ-IO®. Ein randomisiertes Studiendesign zum Gerätevergleich ist in Vorbereitung.

Punktionsort

In 95% der Fälle wurde die proximale Tibia punktiert und somit als Punktionsort der ersten Wahl in allen Altersstufen bestätigt (15 mm/15 Gauge-Nadeln für Kinder, 25 mm/15 Gauge-Nadeln für Erwachsene) (■ Abb. 4). Alternativen wurden nur als geringfügig schwieriger in der Durchführung eingestuft. In zwei Fällen wurde bei im PKW eingeklemmten Patienten erfolgreich der proximale Humerus als Punktionsort gewählt (45 mm/15 Gauge-Nadeln). Bei einem U-Bahn-Unfall konnte über den Malleolus medialis ein Gefäßzugang geschaffen werden. Bei einem verschütteten Patienten wurde der distale Radius punktiert.

Anlagedauer

Die Anlagedauer, definiert von Entnahme des Systems aus der Halterung bis zur Aspiration von Blut oder Knochenmark bzw. Applikation von Medikamenten, war mit einem Mittelwert von $38,9 \pm 21,5$ s sehr kurz. Insgesamt 80% der i.o.-Zugänge konnten unabhängig von Ausbildung und Erfahrung des Anwenders (Rettungssassistent/Notarzt; Erst-/Folgeanwender) innerhalb von 50,2 s angelegt werden,

Abb. 3 ▶ Entschlusszeit. Zeit zwischen Eintreffen am Patienten und Indikationsstellung zur intraossären (i.o.-) Punktion in Sekunden (Mittelwert $121,9 \pm 134$ s, 80. Perzentil 180 s)

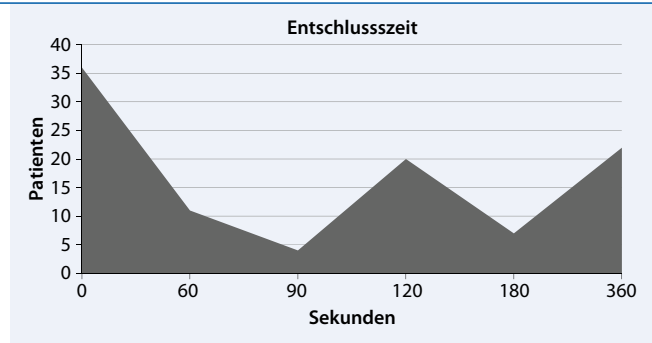


Abb. 4 ▶ Punktion der proximalen Tibia mit einer EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA) Erwachsenen-nadel, flexible Infusionsschlauchverlängerung mit Luer-Winkelanschluss und Rückschlagventil (EZ-Connect®, Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA) sowie 3-Wege-Hahn

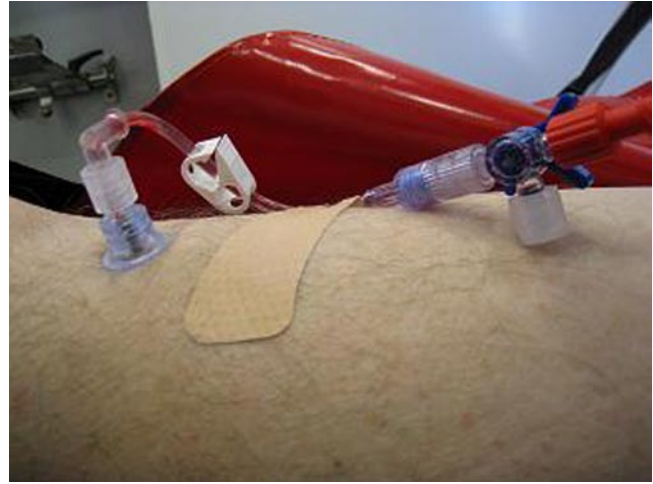
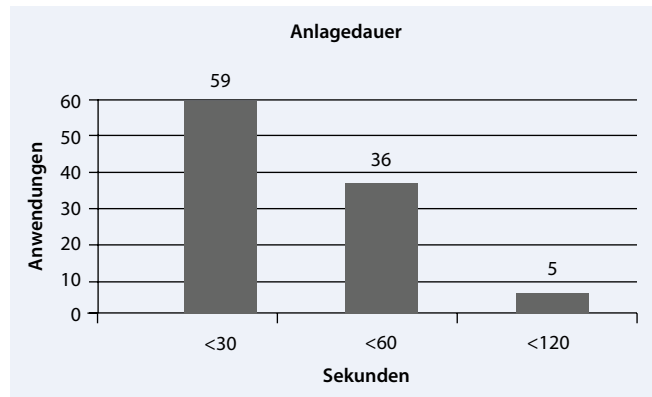


Abb. 5 ▶ Anlagedauer. Zeit zwischen Entnahme des Systems aus der Halterung und Aspiration bzw. Applikation in Sekunden (Mittelwert: $38,9 \pm 21,5$ s, 80. Perzentil 50,2 s)



60% sogar innerhalb von 30 s (■ Abb. 5). Der Bohrvorgang an sich dauerte weniger als 5 s.

Erfolgsrate, frustrane Punktion

Im Erfassungszeitraum kam es 3-mal nach zunächst erfolgreicher Punktion mit fest im Knochen verankerter Kanüle zu Schwierigkeiten bei der i.o.-Injektion.

Bei 1 Kind und bei 2 Erwachsenen ließ sich aus nicht weiter zu eruiierenden Gründen weder Blut oder Knochenmark aspirieren, noch Flüssigkeit applizieren. Das fehlende Aspirat allein zeigte sich hingegen nicht als zuverlässiger Indikator für

die falsche Lage der Nadelspitze: bei 7 Patienten ließ sich trotz fehlgeschlagenem Aspirationsversuch eine erfolgreiche und wirksame intraossäre Injektion durchführen. Insgesamt gehen wir somit von einer primären Erfolgsrate der EZ-IO® von 97% aus. Eine Punktion mithilfe der Bone Injection Gun® (die einzige im Studienerfassungszeitraum) scheiterte an einem nicht aus der Kanüle zu entfernenden Mandrin („stuck stylet“, ■ Abb. 6)

Vermeidbare Fehler

Das spontane Sistieren der Schwerkraftinfusion im Verlauf wurde häufig (23-mal)

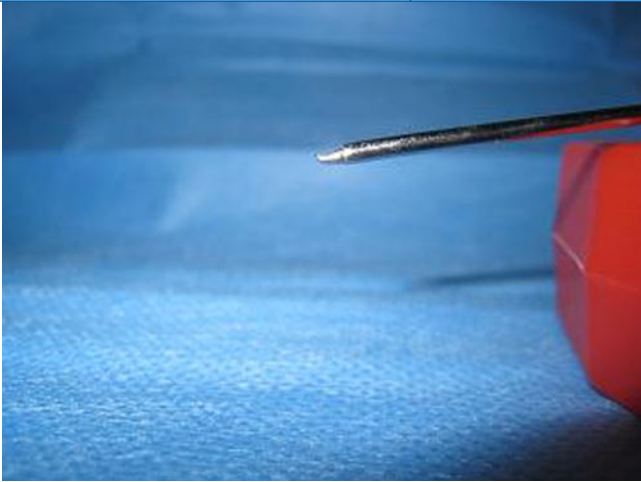


Abb. 6 ◀ Bone Injection Gun® (B.I.G., Fa. WeisMed, Caesarea, Israel). Verbogenes Stilet



Abb. 7 ▲ EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA). Zu hoher Anpressdruck im Einsatz



Abb. 8 ▲ EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA). Zu hoher Anpressdruck nach Entfernung

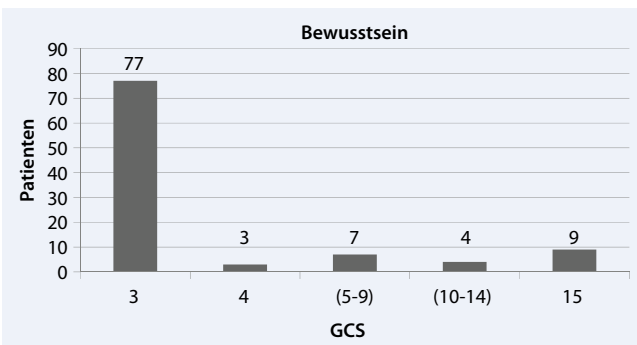


Abb. 9 ◀ Bewusstseinszustand. GCS Glasgow Coma Scale

beobachtet und konnte in allen Fällen durch Herausspülen von Knochenmark und Blut aus der Kanüle mittels eines erneuten Natriumchlorid (NaCl)-Bolus behoben werden. Die gute Verankerung der EZ-IO®-Kanüle im Knochen ohne Notwendigkeit einer zusätzlichen Fixierung erwies sich als vorteilhaft: Es kam zu kei-

ner sekundären Dislokation bei Umlagerung oder Transport.

In einem Fall trat etwa 5 min nach Anlage ein Riss des Kunststoffansatzes am Ende der Kanüle auf, welcher die weitere Medikamentengabe verhinderte. Mutmaßlicher Grund war das zu tiefe Einbohren der Kanüle, mit einem daraus re-

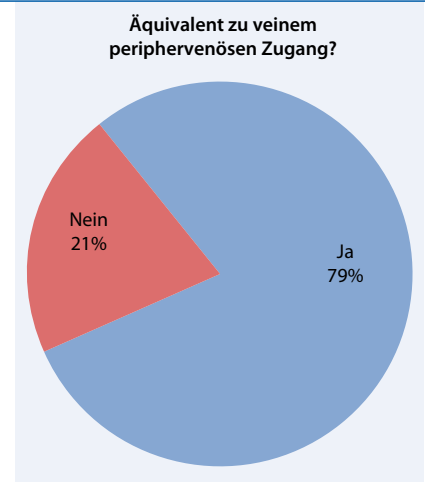


Abb. 10 ▲ Anwenderbefragung *peripherenös vs. intraossär*

sultierendem zu hohen Anpressdruck des Kunststoffansatzes auf die Weichteile (▣ **Abb. 7, 8**).

Komplikationen

Keiner der von uns nachverfolgten 32 Patienten erlitt eine Infektion am Punktionsort oder eine Komplikation, die mit dem i.o.-Zugang in Zusammenhang gebracht wurde.

Bewusstsein und Schmerzempfinden

Von den 34 Patienten mit erhaltenem Spontankreislauf waren 13 bei vollem bis wenig eingeschränktem Bewusstsein mit einer Glasgow Coma Scale (GCS) ≥ 10 (▣ **Abb. 9**). Bei ihnen zeigte sich ein erstaunlich geringes somatisches Schmerzempfinden durch die Insertion der Kanüle (Numeric Rating Scale [NRS] 2,5). Der anschließende Injektionsschmerz (viszerale Schmerzleitung) wurde jedoch auch nach der vorherigen Gabe eines Lokalanästhetikums (1–2 ml 2%iges Lidocain) als schmerzhaft empfunden (ohne Lokalanästhetikum NRS 8–10, mit Lokalanästhetikum NRS 3–5).

Medikamente und Infusionen: i.o. = i.v.

Alle gängigen Krankheitsbilder wurden im Studienerfassungszeitraum mindestens einmal via i.o.-Zugang pharmakotherapiert. Dementsprechend wurden fast alle in der präklinischen Notfallmedi-

zin verfügbaren Medikamente erfolgreich intraossär appliziert (■ **Tab. 4**). Auch bei 8 „Rescue“-Thrombolysetherapien (Rapilylin® 10–20 IE) zeigten sich keine Schwierigkeiten, insbesondere keine lokalen Komplikationen. In fast 80% der Einsätze wurde die i.o.-Infusionstechnik vom Anwender als gleichwertig zur periphervenösen Medikamentenverabreichung bewertet (■ **Abb. 10**).

Medikamente ließen sich in allen Fällen adäquat und äquivalent verabreichen. Insbesondere in Bezug auf Dosierung, Anschlagzeit und Wirkdauer wurden keine Unterschiede zur periphervenösen Applikation beobachtet.

Die von uns gemessenen Durchflussraten waren sowohl bei Schwerkraft-, als auch bei Druckinfusion mit denen einer kleinlumigen 20–24 Gauge-Venenverweilkanüle vergleichbar (Schwerkraftinfusion durchschnittlich 9 ml/min, Druckinfusion 15 ml/min, Maximum 50 ml/min). Durch Bolusapplikation mit einer 50-ml-Perfusorspritze konnten problemlos mehr als 100 ml/min erreicht werden.

Anwender, Anwenderbefragung

Die 100 i.o.-Zugänge wurden von insgesamt 28 verschiedenen Anwendern angelegt (18 Notärzte, 10 Rettungsassistenten). 52-mal wurde die Punktion von Notärzten, 48-mal durch Rettungsassistenten des NEF-Stützpunktes durchgeführt.

Selbst unerfahrene Erstanwender empfanden den Einsatz der EZ-IO® unabhängig von ihrer Ausbildung (Rettungsassistent/Notarzt) als einfach und punktierten erfolgreich innerhalb weniger Sekunden (■ **Abb. 5, 11**).

Die Anwender wurden um einen subjektiven Vergleich der neuen EZ-IO® mit der vor dem Studienzeitraum üblicherweise verwendeten Bone Injection Gun® gebeten. Die Handhabung des *Knochenbohrers* wurde als erheblich einfacher und komfortabler, bei gleicher Anlagedauer und insbesondere höherer Erfolgsquote, eingeschätzt (■ **Abb. 12**). Alle Anwender empfanden eine niedrigere Hemmschwelle bei Verwendung der EZ-IO®. Diese positiven Bewertungen spiegelten sich in der Auswahl des Punktionsgerätes im Einsatzgeschehen wieder.

Tab. 4 Intraossär verabreichte Medikamentengruppen

| Intraossär verabreichte Medikamentengruppen |
|--|
| Reanimation |
| Narkose |
| Thrombolyse und Gerinnungsmodifikation |
| Analgosedierung |
| Antikonvulsiva |
| Antidota |
| Blutdruck |
| Antiarrhythmika |
| Infusionslösungen (kristalloid/kolloid/hyperosmolar) |
| Blutprodukte (innerklinisch) |

Tab. 5 National Advisory Committee for Aeronautics (NACA)-Score. NACA-Score V–VI altersbezogen kritisch krank

| Altersklasse | Intraossäre Zugänge | NACA V | NACA VI |
|--------------|---------------------|------------|------------|
| <6 Jahre | 7 | 3 (42,9%) | 4 (57,1%) |
| >6 Jahre | 93 | 31 (33,4%) | 62 (66,6%) |
| Gesamt | 100 | 34 | 66 |

Diskussion

Inzidenz der schwierigen peripheren Venenpunktion: 22,7%

Die i.v.-Injektion bleibt aus vielen Gründen Mittel der 1. Wahl, um im Notfall Medikamente zu verabreichen. In unserer Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass die zeitgerechte Anlage eines periphervenösen Zuganges bei 22,7% der kritisch kranken Notfallpatienten (entspricht 4,5% aller Patienten im präklinischen Notarztdienst) nicht zeitgerecht möglich ist. Dies entspricht in etwa den von Hobbs [15] in den USA erhobenen Daten und bestätigt, dass der schwierige periphere Venenzugang auch im deutschen arztbesetzten Rettungsdienst ein durchaus häufiges Problem darstellt.

Inzidenz des i.o.-Zugangs in der Vorher-Phase: 4/1000 Notarztalarme

Dennoch wird nur in maximal 15% dieser Fälle empfehlungsgerecht die Indikation zur i.o.-Punktion gestellt. Auf dem Studien-NEF wurden in der Vorher-Phase lediglich 4 i.o.-Zugänge/1000 Notarztalarme registriert (IST-Indikation), bei einer kalkulierten Inzidenz von mindestens 18 Punktationen (SOLL-Indikation). Mangelndes Wissen und fehlende Erfahrung scheinen zu einer deutlichen Diskre-

panz zwischen Leitlinienempfehlungen und Realität zu führen.

Inzidenz des i.o.-Zugangs Nachher-Phase: 27/Notarztalarme

Dies ist umso erstaunlicher, da wir in unserer Studie zeigen konnten, dass sich der i.o.-Zugang problemlos und mit wenig Aufwand in jeden Algorithmus der präklinischen Notfallmedizin implementieren lässt. Durch wenig aufwändige Schulungsmaßnahmen und die Einführung eines modernen semiautomatischen Punktionsystems steigerte sich die Anwendung um fast das 7-Fache.

Einfache Handhabung

Die Handhabung ist einfach und schnell erlernbar, bezüglich der Pharmakotherapie müssen keine Besonderheiten beachtet werden [8, 17, 20, 27, 29]. Die niedrige Durchflussrate kann durch veränderte Behandlungsstrategien meist kompensiert werden („small volume resuscitation“, mehrere i.o.-Zugänge, ■ **Abb. 13**). Auch bei wachen Patienten ist die Anwendung unter Verwendung eines Lokalanästhetikums problemlos möglich [9]. Hierbei sollte nicht vergessen werden, dass der Bewusstseinszustand nicht immer mit der Schwere der Erkrankung korreliert und der frühe Einsatz einer vermeintlich invasiven Maßnahme eine weitere Verschlech-

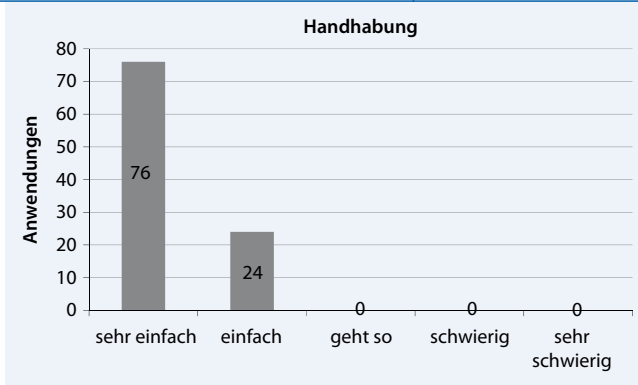


Abb. 11 ▲ Anwenderbefragung zur Handhabung der EZ-IO® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA)

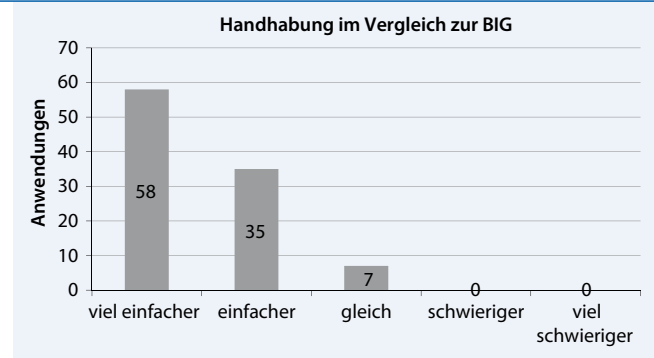


Abb. 12 ▲ Anwenderbefragung zur Handhabung im Vergleich zur Bone Injection Gun® (B.I.G, Fa. WeisMed, Caesarea, Israel)



Abb. 13 ▲ Zweifache Anlage der EZ-IO®-Erwachsenennadel (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA) an der proximalen Tibia beidseits. Links mit EZ-Connect® (Fa. Vidacare, San Antonio, TX/USA), rechts mit direkt aufgesteckter 10-ml-Spritze

terung des Patientenzustandes mit all ihren Folgen verhindern kann. Dennoch sollte die prophylaktische Anlage einer i.o.-Kanüle ohne die Notwendigkeit der sofortigen spezifischen medikamentösen Therapie unterlassen werden.

Kontraindikationen und Risiken

Grundsätzlich existieren keine absoluten Kontraindikationen. Die Risiken können in der akuten Notfallsituation vernachlässigt werden. Die oft angeführte Osteomyelitis ist mit einer Häufigkeit von unter 0,6% sehr selten, sofern die Kanüle nicht länger als 24 h im Knochen belassen wird [16, 22, 24]. Zentralvenenkatheter (ZVK)-assoziierte Komplikationen (12%) und In-

fektionen durch Venenverweilkanülen (3%) sind weitaus häufiger zu beobachten [16, 22, 23, 24, 27]. Hypertone Infusionslösungen, Adrenalin und Natriumbicarbonat sollten nach Möglichkeit verdünnt appliziert werden, da in seltenen Einzelfällen von der Entstehung eines Kompartmentsyndroms oder von Gewebnekrosen mit einer Steigerung der Infektionsrate berichtet wurde [13]. Bezüglich Thrombolytika besteht keine klare Datenlage, eigene Erfahrungen zeigen jedoch keine (lokalen) Komplikationen.

Die endobronchiale oder zentralvenöse Applikation von Medikamenten hat ihren Stellenwert in der Primärversorgung des präklinischen Notfallpatienten, bis auf wenige seltene Ausnahmen, verlor [20, 21].

Komplikationen, Wahl des Kanülierungssystems

Die individuellen Ansprüche und Anforderungen des Anwenders sollten über die Wahl des Produkts entscheiden, da sich mit der derzeitigen Studienlage keine klaren Vorteile für ein System belegen lassen. Hierbei gilt zu bedenken, dass die meisten Komplikationen bei der Anlage unabhängig vom System durch Anwenderfehler bedingt sind [3, 6, 7, 14, 23, 25, 26, 28]. Darum sollte ein Produkt gewählt werden, bei dem sich diese Fehler auch durch den ungeübten Erstanwender einfach und zuverlässig vermeiden lassen.

Nach unseren Erfahrungen ist die EZ-IO® mit einer hohen primären Erfolgsrate von 97% und einer sehr kurzen Anlagedauer von $38,9 \pm 21,5$ s ein gut geeignetes Produkt, um im zivilen großstädtischen Rettungsdienst einen i.o.-Zugang

für alle Altersstufen und eine Vielzahl von Punktionsorten vorzuhalten. Sie stellt eine leicht erlernbare und schnelle Alternativstrategie zur Schaffung eines primären Gefäßzugangs dar und hat sich auf unserem NEF insbesondere als wichtiges Hilfsmittel zur Durchführung einer leitlinienkonformen Reanimation gemäß des Advanced Life Support (ALS)-Algorithmus mit Reduktion der „no flow time“ auch bei knappen Personalressourcen etabliert.

Limitationen der Studie

Aufgrund der generell hohen Mortalität des Patientenkollektivs notfallmedizinischer Studien sind auch uns nur eingeschränkte Aussagen zum klinischen Verlauf und Outcome möglich. Eine Verbesserung des Behandlungsergebnisses durch frühe Medikamentengabe wurde vorausgesetzt und ist nicht Bestandteil dieser Arbeit. Weitere Studien mit hohen Fallzahlen sind nötig, um den genauen Stellenwert des i.o.-Zugangs und insbesondere der frühen Medikamentenapplikation zu untersuchen.

Fazit für die Praxis

Der periphervenöse Zugang bleibt Goldstandard. Die i.o.-Injektion stellt jedoch eine gute Alternative bei schwierigen Venenverhältnissen dar.

Trotz nachweislicher Vorteile stellt die i.o.-Infusionstechnik 5 Jahre nach Neuregelung ihres Stellenwertes noch immer eine Rarität in der Berliner Notfallmedizin (und damit mutmaßlich bundesweit) dar und entspricht somit nicht den evidenzbasierten Empfehlungen der Fachgesellschaften.

Ein leitliniengerechter Einsatz des i.o.-Zugangs im präklinischen Notarztdienst ist jedoch möglich und sollte unbedingt angestrebt werden!

Hierfür ist die Vorhaltung moderner Produkte, eine regelmäßige Schulung der ärztlichen und nichtärztlichen Mitarbeiter sowie eine kontinuierliche Qualitätskontrolle unabdingbar.

Als Konsequenz der vorliegenden Arbeit hat die Berliner Feuerwehr für alle 18 NEFs und im Rahmen einer Studie für 3 Pilot-Rettungswagen EZ-IO®-Geräte beschafft und ein regelmäßiges Trainingsprogramm eingeführt.

Korrespondenzadresse

Dr. P. Kellner



Berliner Feuerwehr – Stab II
Voltairestr. 2, 10179 Berlin
phil.kellner@gmx.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- American Association of Pediatrics (1994) Pediatric Advanced Life Support (PALS), Textbook
- American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation (2005) Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care an international consensus on science. *Circulation* 112(Suppl 1): IV1–21
- Aniset L, Meinhardt J, Genzwürker H (2007) Der intraossäre Zugang. Eine wichtige Alternative im Notfall. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 42:494–499
- Arbeiter HI, Greengard J (1944) Tibial bone marrow infusion in infants. *J Pediatr* 25:1–16
- Bisell RA, Eslinger DG, Zimmermann L (1998) Advanced life support: a review of literature. *Prehosp Disaster Med* 13:69–79
- Brenner T, Bernhard M, Helm M et al (2008) Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use. *Resuscitation* 78:314–914
- Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burris D (2000) Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations. *J Trauma* 48:1068–1074
- Cameron JL, Fontanarosa PB, Passalacqua AM (1989) A comparative study of peripheral to central circulation delivery times between intraosseous and intravenous injection using a radionuclide technique in normovolemic and hypovolemic canines. *J Emerg Med* 7:123–127
- Davidoff J, Fowler R, Gordon D et al (2005) Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial. *JEMS* 30:20–23
- Elston JT, Jayne RV, Kaump DH (1947) Intraosseous infusions in infants. *Am J Clin Pathol* 17:143–150
- (o.A) (2010) Empfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Notfallmedizin und des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (2010) Die intraossäre Infusion in der Notfallmedizin. *Anästh Intensivmed* 51:615–620
- European Resuscitation Council (2005) Guidelines for resuscitation 2005. Adult advanced life support. *Resusc Suppl* 671:39–86
- Heinhild S, Sondergaard T, Tudvad F (1947) Bone marrow infusion in childhood. Experiences from a thousand infusions. *J Pediatr* 30:400–412
- Helm M, Fischer S, Hauke J et al (2008) Invasive Techniken in der Notfallmedizin. *Notfall-Rettungs-med* 11:317–324
- Hobbs GD (2005) Vidacare marketing research
- LaRocco B, Wang HE (2003) Intraosseous infusion. *Prehosp Emerg Care* 7:280–285
- Miller LJ, Kuhn JG, Von Hoff DD (2005) Does IO equal IV? *Prehosp Emerg Care* 9:102–103
- Miller L, Kramer GC, Bolleter S (2005) Rescue access made easy. *JEMS* 30:8–18 quiz (suppl 19)
- Möller JC, Tegtmeyer FK, Schaible TF, Sussmane (1996) Intraosseous puncture as vascular access in pediatric emergency and intensive care medicine. *Anaesthesiol Reanim* 21:103–107
- Orlowski JP (1994) Emergency alternatives to intravenous access. Intraosseous, intratracheal, sublingual and other site drug administration. *Ped Crit Care* 41:1183–1199
- Ralston SH, Tacker WA, Showen L et al (1985) Endotracheal versus intravenous epinephrine during electromechanical dissociation with CPR in dogs. *Ann Emerg Med* 14:1044–1048
- Rossetti V, Thompson BM, Aprahamian C et al (1984) Difficulty and delay in intravascular access in pediatric arrests. *Ann Emerg Med* 13:406
- Shavit I et al (2009) Comparison of two mechanical intraosseous infusion devices: A pilot, randomized crossover trial. *Resuscitation* (2009), doi:10.1016/j.resuscitation.2009.05.026
- Spivey WH, Lathers CM, Malone D (1985) Comparison of intraosseous, central and peripheral routes of administration of sodium bicarbonate during CPR in pigs. *Ann Emerg Med* 14:1135–1140
- Toursarkissian M, Schmidbauer W, Breckwoldt J, Spies C (2009) Präklinischer Einsatz von intraossären Zugängen beim Erwachsenen. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1:22–27
- Waisman Y (1995) Emergency Medicine in Israel: State of the art. *Ann Emerg Med* 26:640–642
- Warren DW, Kisson N, Sommerauer JF, Rieder MJ (1993) Comparison of fluid infusion rates among peripheral intravenous and humerus, femur, malleolus, and tibial intraosseous sites in normovolemic and hypovolemic piglets. *Ann Emerg Med* 22:183–186
- Weiss M, Gächter-Angehng J, Neuhaus D (2007) Intraossäre Infusionstechnik. *Notfall-Rettungs-med* 10:99–116
- Wenzel V, Lindner KH, Augenstein S et al (1999) Intraosseous vasopressin improves coronary perfusion pressure rapidly during cardiopulmonary resuscitation in pigs. *Crit Care Med* 27:1565–1569

Zusatzmaterial online..



... Ein Video zur Anlage eines intraossären Zugangs im präklinischen Notarztdienst steht Ihnen online zur Verfügung. Folgen Sie bitte dem Pfad:

www.NotfallundRettungsmedizin.de
>Online Version>Beitrag>Electronic Supplementary Material oder geben Sie folgende URL ein :
dx.doi.org/10.1007/s10049-010-1381-0