



VALOR DEL ACCESO VASCULAR INTRAÓSEO EN EL CONTEXTO EXTRAHOSPITALARIO

(DOCUMENTO INFORMATIVO EN RELACIÓN CON LA DECLARACIÓN PROGRAMÁTICA
DE LA NATIONAL ASSOCIATION OF EMS PHYSICIANS [NAEMPS])

EL ESTUDIO TRATA DE RESPONDER a la pregunta: ¿Es la vía de administración intraósea (IO) adecuada y fácil de conseguir en el caso de no lograr un acceso intravenoso (IV)? Existe un importante número de pacientes atendidos de emergencia en el medio extrahospitalario que requieren de la canalización de una vía para la administración de fármacos y fluidos. En ocasiones la rapidez para conseguir este acceso es crítica para la supervivencia del paciente. En situaciones de hipovolemia la canalización de una vía IV puede ser complicada o necesitar de mucho tiempo para su correcta localización. Desde hace tiempo se conoce que la vía IO es adecuada y se ha utilizado en pacientes pediátricos con buenos resultados. Estos datos han propiciado que en el último documento de consenso del International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) se incluya la vía IO como la primera alternativa en situaciones de acceso IV complicado o retardado.

En el artículo se realiza una valoración de diferentes dispositivos de acceso IO, tanto mecánicos como agujas manuales. Se valoran sus tiempos de aprendizaje y sus porcentajes de éxito. Actualmente existen en el mercado tres métodos para la consecución de un acceso IO: por presión manual, mediante dispositivos de impacto o disparo, y mediante taladro eléctrico. Los dos primeros pueden considerarse como clásicos y llevan tiempo en el mercado. Han sido utilizados y validados. Su utilización con un mínimo entrena-

miento consigue altos porcentajes de eficacia. Un nuevo dispositivo cambia la localización clásica por la esternal, con rapidez y seguridad en la colocación, pero no es adecuado para situaciones en las que se deben realizar compresiones torácicas durante una reanimación. Los dispositivos de taladro requieren una batería pero precisan de solamente unos 10 segundos para su colocación.

Como conclusión se puede afirmar que el acceso IO debe considerarse actualmente como una alternativa eficaz en el caso de no conseguir un acceso IV rápido o cuando consideramos que este es difícil, tanto en niños como en adultos. La existencia en el mercado de diferentes dispositivos para su canalización incrementa las opciones existentes para lograr el acceso IO para el personal de los equipos de emergencias. Los servicios de emergencias médicas (SEM) deben disponer de dispositivos de acceso IO.

La aplicación práctica de este artículo debe llevarnos a considerar la vía IO como la alternativa más eficaz para la consecución de un acceso vascular en el caso de que la vía IV sea complicada o consuma un tiempo del que no disponemos en situación de emergencia. Se debe facilitar el entrenamiento con el dispositivo del que dispongan los SEM en sus unidades para un correcto conocimiento del sistema con sus posibilidades, limitaciones e indicaciones.

José A. Iglesias Vázquez

Coordinador Docente de la Fundación Pública Urgencias Sanitarias de Galicia-061 A Coruña. España.

VALOR DEL ACCESO VASCULAR INTRAÓSEO EN EL CONTEXTO EXTRAHOSPITALARIO

(DOCUMENTO INFORMATIVO EN RELACIÓN CON LA DECLARACIÓN PROGRAMÁTICA DE LA NATIONAL ASSOCIATION OF EMS PHYSICIANS [NAEMPS])

PRIMERA ALTERNATIVA

Diversas modificaciones recientes en la American Heart Association (AHA) señalan que la vía intraósea debe ser la **primera alternativa** en las situaciones de acceso intravenoso difícil o retardado

HISTORIA DEL ACCESO VASCULAR INTRAÓSEO (IO)

En 1920 Drinker y Lund señalaron que el esternón era una posible localización para la realización de transfusiones.

Al poco tiempo Papper describió el acceso a la médula ósea para la administración de líquidos por vía intravenosa.

METODOLOGÍA DE COLOCACIÓN DE LA AGUJA

- mediante presión manual
- mediante dispositivos de impacto o disparo
- mediante un taladro eléctrico

LOCALIZACIÓN ANATÓMICA

Mayor frecuencia en adultos y niños:

parte proximal de la tibia, inmediatamente por dentro y por debajo de la tuberosidad tibial

Alternativa:

tibia distal inmediatamente proximal al maléolo interno

Otras zonas en adultos:

esternón y la cabeza del húmero

TASAS DE FLUJO Y FARCOCINÉTICA

Flujo:

En general, el volumen de líquido administrado por unidad de tiempo es similar al que se consigue a través de un catéter de 21 gauges, aunque dependen de:

- edad características anatómicas del paciente
- zona de inserción
- uso de una bomba de presión

Farmacocinética:

Los efectos fisiológicos y las concentraciones séricas de los fármacos son similares en las vías intraósea e intravenosa.

Cualquier medicamento o hemoderivado aprobado en la actualidad y que se pueda administrar mediante infusión intravenosa también puede serlo por vía IO.

Excepción:

el uso de **sueros salino hipertónico** para la reanimación con volúmenes pequeños en pacientes con shock hemorrágico

CONTRAINDICACIONES

Generales:

- Fracturas en la zona de acceso o por encima de la misma
- Antecedentes de cirugía sobre el hueso
- Infección en la zona de inserción
- Compromiso vascular local

Específicas:

- Dependen de el acceso seleccionado

COMPLICACIONES

El acceso IO se ha asociado a muy pocas **complicaciones**

VALOR DEL ACCESO VASCULAR INTRAÓSEO EN EL CONTEXTO EXTRAHOSPITALARIO (DOCUMENTO INFORMATIVO EN RELACIÓN CON LA DECLARACIÓN PROGRAMÁTICA DE LA NATIONAL ASSOCIATION OF EMS PHYSICIANS [NAEMPS])

Raymond Fowler, MD; John V. Gallagher, MD; S. Marshal Isaacs, MD; Eric Ossman, MD;
Paul Pepe, MD, MPH, y Marvin Wayne, MD

RESUMEN

En Estados Unidos, en el contexto extrahospitalario se tratan anualmente miles de pacientes en situación crítica. En muchos de estos pacientes no es posible iniciar el tratamiento intravenoso (i.v.) debido a un acceso inadecuado a las venas periféricas y, en algunos casos, esta dificultad para el acceso vascular puede limitar el efecto beneficioso de la medicación debido a su administración tardía¹. Tanto la velocidad de realización como el resultado global del acceso vascular son importantes en la evaluación de las posibles metodologías de uso en el contexto extrahospitalario. Se ha señalado que la colocación de una cánula i.v. en el contexto prehospitalario requiere una cantidad sustancial de tiempo, y en un estudio reciente se ha demostrado que la aplicación adecuada de una vía intravenosa requiere un tiempo de $4,4 \pm 2,8$ min². En los pacientes pediátricos en situación crítica el acceso vascular puede conllevar dificultades importantes para el profesional sanitario³. El acceso intraóseo puede ofrecer un ahorro significativo de tiempo, lo que es una ventaja en muchos pacientes en situación crítica debido a que reduce el tiempo necesario para realizar el acceso y a que disminuye el tiempo que transcurre hasta la administración de los medicamentos apropiados⁴. La administración rápida de los medicamentos puede facilitar el tratamiento de los pacientes en situación crítica¹. En la actualidad hay dispositivos que permiten un acceso rápido y preciso al espacio intraóseo. Diversas modificaciones recientes en las directrices de reanimación de la American Heart Association señalan que la vía intraósea debe ser la primera alternativa en las situaciones de acceso intravenoso difícil o retardado⁵. Dadas estas consideraciones, estimamos necesario volver a insistir en la función que desempeña el acceso vascular intraóseo en el contexto extrahospitalario.

PREHOSPITAL EMERGENCY CARE 2007;11:63-66

Recibido el 15 de noviembre de 2005 del Section on EMS, Disaster Medicine, and Homeland Security, Southwestern Medical Center, Dallas, Texas (RF); Phoenix Fire Department EMS and Base Hospital, St. Luke's Medical Center, Phoenix, Arizona (JG); Dallas Fire Rescue and Parkland Memorial Hospital, Dallas, Texas (SMI); Section of Prehospital and Disaster Medicine at Emory University School of Medicine, Atlanta, Georgia (EQ); Dallas Area BioTel System and, Emergency Medicine, Southwestern Medical Center and Parkland Memorial Hospital, Dallas, Texas (PP); and EMS, Bellingham, Washington (MW).

Correspondencia: Raymond L. Fowler, MD, FACEP, Associate Professor of Emergency Medicine, Southwestern Medical Center, 5323 Harry Hines Blvd., Suite E6.110, Dallas, TX 75390-8890. Correo electrónico: drray@doctorfowler.com

doi:10.1080/10903120601021036

INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍAS EXISTENTES

El acceso vascular intraóseo (i.o.) tiene una larga historia que se remonta hasta el decenio de 1920, cuando Drinker et al⁶ señalaron que el esternón era una posible localización para la realización de transfusiones. Al poco tiempo, Papper⁷ describió el acceso a la médula ósea para la administración de líquidos por vía i.v.⁷. Los resultados obtenidos en estudios posteriores dieron lugar al uso, con buenos resultados, de la vía i.o. por parte del personal médico militar durante la Segunda Guerra Mundial, para el acceso vascular en los pacientes en situación de shock en los que la canulación i.v. era difícil o exigía demasiado tiempo⁸.

Tras la Segunda Guerra Mundial, el uso del acceso i.o. se redujo rápidamente y no fue hasta el decenio de 1980 cuando volvió a presentar un resurgimiento significativo en un entorno clínico pediátrico y no militar^{9,10}. En 1988, en función de una experiencia experimental y clínica significativa, el acceso i.o. se convirtió en un tratamiento estándar recomendado en las directrices de soporte vital avanzado pediátrico (PALS [*pediatric advanced life support*]) de la American Heart Association (AHA)¹¹.

Los métodos actuales para el abordaje del acceso i.o. utilizan 3 metodologías distintas de colocación de la aguja: mediante presión manual, mediante dispositivos de impacto o disparo, y mediante un taladro eléctrico. La mayor parte de las agujas de inserción manual y de los dispositivos de introducción de la aguja mediante impacto lleva comercializada algún tiempo (Illinois Sternal Leedle® y Jamshidi®, de Cardinal Health Care; Dieckmann®, de Cook Critical Care). Estos métodos conllevan el uso de agujas de acero huecas junto con trócares extraíbles para impedir el taponamiento de las agujas por fragmentos de hueso durante su introducción. El tiempo estimado para la preparación y la inserción varía según el dispositivo utilizado.

Uno de los dispositivos de introducción de la aguja mediante impacto o disparo está diseñado únicamente para el acceso esternal (FAST 1® Intraosseous Infusion System, PYNG Medical Corporation, Richmond, BC, Canadá). Este dispositivo requiere la aplicación de presión sobre una serie de sondas de estabilización en una aguja de penetración conectada a un resorte. La presión adicional da lugar a la introducción de la aguja hueca en el espacio medular del esternón. El diseño de la aguja impide que el profesional que realiza el acce-

so i.o. pueda atravesar accidentalmente el esternón. La introducción de la aguja es instantánea tras la liberación del resorte y la aguja implantada está conectada a una sonda i.v. Se ha señalado que los estándares de formación de los profesionales para el uso de este dispositivo en el contexto prehospitalario son mínimos¹². El tiempo estimado para la preparación e introducción es de 50 s¹³. La extracción de la aguja requiere el uso de una herramienta específica de rosca que acompaña al dispositivo, así como una formación apropiada en la propia técnica de extracción.

Un segundo dispositivo de introducción de la aguja mediante impacto (Bone Injection Gun, WaisMed Ltd., West Hempstead, New York) utiliza un mecanismo inyector acoplado a un resorte y se usa con objeto de introducir la aguja i.o. en el espacio medular de la tibia. El tiempo estimado para la preparación e introducción es de 17 s¹³. Al igual que ocurre con el dispositivo i.o. esternal, los investigadores y los profesionales que utilizan esta "pistola" de inyección han recomendado una estabilización cuidadosa del dispositivo antes de la introducción y durante ésta, con objeto de evitar su colocación inapropiada. Además, hay la posibilidad de que el profesional o el paciente presenten lesiones si el dispositivo se activa accidentalmente o se aplica sobre una zona inadecuada¹¹.

Un dispositivo de taladro comercializado recientemente (EZ IO, VidaCare Co., San Antonio, TX) utiliza un sistema manual de batería que permite realizar un taladro para la introducción de una aguja i.o. hasta una profundidad apropiada en el espacio i.o. La inserción requiere menos de 10 s y la extracción del dispositivo se consigue mediante un simple movimiento de giro¹⁴.

A pesar de que cada uno de estos dispositivos presenta sus propias ventajas y desventajas, todos los dispositivos i.o. comercializados facilitan un acceso vascular rápido. Las tasas de buenos resultados respecto a la obtención de un acceso i.o. varían según los dispositivos, y ninguno de ellos es efectivo en todos los intentos. El director médico de un servicio de emergencias médicas (SME) debe implicarse en la evaluación del dispositivo que se ajuste mejor a las necesidades de los pacientes, los profesionales y los presupuestos del SEM.

ZONAS DE INSERCIÓN

La localización anatómica utilizada con mayor frecuencia para el acceso i.o. en los adultos y los niños es la parte proximal de la tibia, inmediatamente por dentro y por debajo de la tuberosidad tibial anterior. Esta zona de la tibia posee un espacio medular abundante y ricamente vascularizado, así como un hueso cortical más delgado y menos denso. Otras zonas de inserción en los adultos son el esternón y la cabeza del húmero. La selección de la zona de inserción depende de la edad y las circunstancias clínicas del paciente, de

la formación y experiencia del profesional que la realiza, y de la situación de autorización del dispositivo por parte de la Food and Drug Administration. El extremo proximal de la tibia ha sido la localización anatómica más estudiada en los niños¹⁵. La tibia distal inmediatamente proximal al maléolo interno también es una localización anatómica alternativa de utilidad.

FORMACIÓN

Para la introducción de las agujas i.o. es necesaria la técnica aséptica. En lo que se refiere a los dispositivos de inserción manual, puede ser necesaria la aplicación de fuerza para introducir el trocar a través del hueso cortical hasta alcanzar la médula ósea. Además, en lo que se refiere a los dispositivos de inserción manual y de inserción mediante impacto, es importante la formación del profesional respecto a la colocación apropiada de los éstos¹⁶. En todos los dispositivos i.o., cuando la inserción se realiza en un paciente adulto que permanece consciente se recomienda la administración de lidocaína, tanto durante la propia inserción (subcutánea, antes de la inserción) como al iniciar la perfusión (en el espacio medular)¹⁷.

Se ha demostrado que la formación de los profesionales de la emergencia prehospitalaria respecto a las técnicas de acceso i.o. es relativamente sencilla¹⁸. En la mayor parte de los estudios, una conferencia de 1 h seguida de una práctica de 1 h se ha considerado una formación suficiente¹⁹.

TASAS DE BUENOS RESULTADOS

La realización adecuada de un acceso vascular i.o. está fundamentada en la identificación apropiada de las marcas anatómicas, la aplicación correcta del dispositivo y la ausencia de factores que impidan alcanzar la médula ósea, como la obesidad mórbida. En un estudio realizado en estudiantes de técnico de emergencias sanitarias (TES) que realizaron un acceso esternal, se observó que la colocación inicial fue excesivamente baja en el 55% de los casos, aunque en el 93% fue adecuada en última instancia¹². En un ensayo clínico multicéntrico acerca del dispositivo EZ IO se demostró una tasa de buenos resultados del 97% en la colocación para la administración de líquidos¹⁴. En estudios posteriores realizados por el mismo equipo de investigación, se obtuvo una tasa de buenos resultados del 94% en el acceso i.o. por parte de TMU-B que usaron el dispositivo de taladro i.o., en todos los casos durante el primer intento²⁰. En otro estudio en pacientes pediátricos en situación crítica que fueron trasladados, se observó una media de 1,2 intentos de acceso vascular i.o. por paciente, con un primer intento apropiado en el 78% de los casos²¹. Finalmente, se ha demostrado que el uso de prendas de protección frente a ataques químicos por parte de los profesionales de rescate in-

crementa la necesidad de segundos intentos en el acceso i.o. cuando se utiliza el dispositivo de pistola de inyección ósea²².

CONSIDERACIONES, LIMITACIONES Y CONTRAINDICACIONES

En la mayor parte de los casos en los que está indicado el acceso vascular, la vía mejor es el acceso i.v. Sin embargo, en las situaciones en las que no es posible canular rápidamente una vía i.v. o en las que el tiempo necesario para dicha canulación puede comprometer la asistencia del paciente, se debe considerar la vía i.o. En algunos pacientes, el acceso i.o. puede no tener un valor práctico. Por ejemplo, en los pacientes obesos las agujas pueden no ser suficientemente largas como para alcanzar la médula ósea. Los pacientes que mantienen una actitud combativa pueden dificultar la realización de un acceso vascular y, en algunos de éstos, puede tener más utilidad el acceso i.o. que el acceso i.v., debido a que el primero requiere una colocación menos precisa. La necesidad de realizar compresiones torácicas progresivas puede ser un elemento para determinar la idoneidad de la localización del acceso i.o. En los pacientes con traumatismo o amputación de la extremidad inferior puede haber dificultades que obliguen a considerar una localización i.o. alternativa.

Las contraindicaciones de carácter general a la localización del acceso i.o. son las fracturas en la zona seleccionada para dicho acceso o situadas por encima de ésta, los antecedentes de cirugía en el hueso en el que se va a realizar el acceso i.o., la infección en la zona de inserción y el compromiso vascular local.

Las contraindicaciones específicas dependen de la localización i.o. seleccionada. Las contraindicaciones a la localización i.o. esternal son los antecedentes de esternotomía, la sospecha de fracturas esternales y la parada cardíaca con necesidad de compresiones torácicas. Las directrices AHA de 2005 respecto a la reanimación cardiopulmonar insisten en la importancia de las compresiones torácicas ininterrumpidas y es probable que el uso de un acceso i.o. esternal impida la continuación de dichas compresiones. Las contraindicaciones al acceso i.o. en la extremidad son los cuadros de sospecha de fractura en la zona de acceso i.o. seleccionada o por encima de ésta en la extremidad afectada, y los antecedentes de procedimientos quirúrgicos traumatológicos en la zona de inserción (p. ej., la prótesis total de la articulación de la rodilla).

Las tasas de flujo que se alcanzan con el acceso i.o. varían en función de la edad y de las características anatómicas del paciente, de la zona de inserción y del uso de una bomba de presión. Para incrementar la tasa de flujo, se recomienda el lavado de la parte interna de la aguja i.o. tras su inserción¹³. En general, el volumen de líquido administrado por unidad de tiempo es si-

milar al que se consigue a través de un catéter de 21 gauges⁴. Se ha descrito un sistema de perfusión i.o. con presión alta²³.

Los estudios farmacocinéticos han demostrado que cuando se utilizan las vías i.o. e i.v., los efectos fisiológicos y las concentraciones séricas de los fármacos son similares²⁴. Cualquier medicamento o hemoderivado aprobado en la actualidad y que se pueda administrar mediante perfusión i.v. también puede serlo por vía i.o. Una excepción a ello puede ser el uso de suero salino hipertónico (SHT) para la reanimación con volúmenes pequeños en pacientes con shock hemorrágico. En un estudio realizado en animales de experimentación se ha sugerido la aparición de lesiones potenciales en la extremidad afectada tras el uso de SHT en el espacio tibial²⁵. Este contexto clínico requiere estudios adicionales.

El acceso i.o. se ha asociado a muy pocas complicaciones²⁶. En un estudio efectuado con más de 4.200 casos de acceso i.o. en niños se observó osteomielitis únicamente en el 0,6% y, generalmente, sólo en los casos en los que la perfusión se mantuvo durante un período prolongado y en los pacientes que presentaban bacteriemia en el momento de la inserción de la aguja³. En un estudio multicéntrico y prospectivo efectuado con 250 pacientes para evaluar el dispositivo de taladro eléctrico no se detectaron casos de osteomielitis, embolia grasa, fractura, infección, extravasación o síndrome compartimental¹⁴.

Se ha llamado la atención acerca de los cuadros de dolor durante la inserción de la aguja y en la perfusión bajo presión. En un estudio, se determinó el dolor asociado a la perfusión i.o. en pacientes conscientes mediante el uso de una escala analógica visual (*visual analog scale*) modificada. La intensidad media del dolor fue de 5 en una escala de gravedad de 1-10¹⁴. En otro estudio, en el que se utilizó el dispositivo de taladro en 125 pacientes conscientes, la puntuación media de dolor fue de 1,2 en una escala de 5 puntos, siendo 1 y 5 las puntuaciones menor y mayor, respectivamente²⁷. La inyección de lidocaína al 1% en el espacio medular durante 60 s ha demostrado ser una medida eficaz para reducir el dolor durante la perfusión¹⁷.

El coste económico es una consideración clave para los servicios de emergencias médicas (SEM). Aunque los dispositivos de acceso vascular i.o. suelen ser más caros que los catéteres i.v. periféricos, el coste adicional puede quedar compensado por 2 factores: a) la diferencia clínica potencial que puede establecer la canulación adecuada de una vía en pacientes atendidos en el medio extrahospitalario y en el servicio de urgencias, y b) el ahorro de tiempo que conllevan estos dispositivos para el SEM. Con independencia de ello, es responsabilidad de los profesionales que llevan a cabo la asistencia extrahospitalaria trasladar al paciente en la mejor situación posible. Al igual que ocurre con el resto de las modalidades terapéuticas, el impac-

to económico debe ser cuidadosamente sopesado en el proceso de establecimiento de los presupuestos por parte del SEM.

SUPERVISIÓN MÉDICA

La dirección médica debe autorizar el uso de los dispositivos de acceso vascular i.o. en los sistemas SEM y también debe supervisar su uso a través de un programa de revisión de calidad. Es imprescindible elaborar protocolos médicos que recojan las indicaciones en las que los profesionales asistenciales pueden utilizar el acceso i.o. Además, los protocolos terapéuticos se deben modificar para señalar las situaciones en las que está indicado el acceso intraóseo²⁸. Es importante controlar el uso de los dispositivos por parte de los profesionales asistenciales con consideración de su uso clínicamente apropiado, del buen resultado de la administración de los medicamentos y de cualquier complicación que pueda aparecer, incluyendo los problemas con el funcionamiento del equipo.

CONCLUSIONES

El acceso i.o. ha sido aceptado desde hace mucho tiempo en el arsenal terapéutico de reanimación de los niños. Su buen resultado histórico en los adultos se ha validado en los tiempos actuales de la asistencia mediante reanimación. La introducción de los nuevos dispositivos incrementa las opciones existentes para el acceso vascular a través de la vía i.o., especialmente en los adultos.

En función de las consideraciones recogidas en este artículo, sus autores consideran que los directores médicos de los SEM deberían evaluar los métodos existentes de acceso i.o. para todos los grupos de edad, considerando la selección de un dispositivo que cumpla los criterios de buen resultado, precisión, velocidad, minimización de errores y complicaciones, y satisfacción tanto del paciente como del profesional sanitario.

Bibliografía

1. Rittenberger JC, Bost J, Menegazzi JJ. Time to give the first medication during resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2006;70(2):201-6.
2. Minville V, Pianezza A, et al. Prehospital intravenous line placement assessment in the French emergency system: a prospective study. *Eur J Anaesthesiol* 2006;23(7):594-7.
3. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):885-8.
4. Miller L, Kramer GC, Bolleter S. Rescue access made easy. *JEMS* 2005 suppl, 8-18.
5. Advanced cardiac life support guidelines. Management of cardiac arrest. *Circulation* 2005;112-IV, 57-66.
6. Drinker CK, Drinker KR, Lund CC. The circulation in the mammalian bone marrow. *Am J Physiology* 1922;62:1-92.
7. Papper ME. The bone marrow route for injecting fluids via the bone marrow. *Anesthesiology* 1942;3:307-13.
8. Morrison, GM. The initial care of casualties. *Am Practitioner* 1946;1:183-4.
9. Turkel, H. Intraosseous infusion. *Am J Dis Child* 1983;137(7):706.
10. Orlowski JP. My kingdom for an intravenous line. *Am J Dis Child* 1984;138(9):803.
11. American Heart Association and American Academy of Pediatrics: Textbook of pediatric advanced life support. American Heart Association 1988;43-44.
12. Miller DD, Guimond G, Hostler DP, Platt T, Wange HE. Feasibility of sternal intraosseous access by emergency medical technician students. *Prehosp Emerg Care* 2005;9(1):73-8.
13. Spriggs NM, White LJ, Martin SW, Brawley D, Chambers RM. Comparison of two intraosseous infusion techniques in an EMT training program. *Acad Emerg Med* 2000;7(10):1168.
14. Davidoff J, Fowler R, Gordon D, Klein G, Kovar J, et al. Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial. *JEMS* 2005;30(10):suppl 20-23.
15. Driggers DA, Johnson R, Steiner JF, et al. Emergency resuscitation in children. The role of intraosseous infusion. *Postgrad Med* 1991;89(4):129-32.
16. Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burris D. Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations. *J Trauma* 2000;48(6):1068-74.
17. Waisman M, Waisman D. Bone marrow infusion in adults. *J Trauma* 1997;2:288-93.
18. Anderson TE, Arthur K, Kleinman M, Drawbaugh R, et al. Intraosseous infusion: success of a standardized regional training program for prehospital advanced life support providers. *Ann Emerg Med* 1994;23(1):52-5.
19. Dubick MA, Holcomb JB. A review of intraosseous vascular access: current status and military application. *Mil Med* 2000;165(7):552-9.
20. Guyette FX, Rittenberger JC, Platt T, et al. Feasibility of basic emergency medical technicians to perform selected advanced life support interventions. *Prehosp Emerg Care* 2006; 10(4):518-21.
21. Fiorito BA, Mirza F, Doran TM, Oberle AN, Cruz EC, Wendtland CL, Abd-Allah SA. Intraosseous access in the setting of pediatric critical care transport. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6(1):50-3.
22. Ben-Abraham R, Gur I, Vater Y, Weinbroum AA. Intraosseous emergency access by physicians wearing full protective gear. *Acad Emerg Med* 2003;10(12):1407-10.
23. Feenstra WR, Henderson JM, Kramer GC. Design of an intraosseous infusion system. *Am J Emerg Med* 1994;12(4):477-84.
24. Orlowski JP, Porembka DO, Gallagher JM, et al. Comparison study of intraosseous, central intravenous, and peripheral intravenous infusions of emergency drugs. *Am J Dis Child* 1990;144(1): 112-7.
25. Alam H, Punzalan CM, Koustova E, et al. Hypertonic saline: intraosseous infusion causes myonecrosis in a dehydrated swine model of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma* 2002;52(1): 18-25.
26. (Manufacturer's database - VidaCare Corporation)
27. Gillum L, Kovar J. Powered intraosseous access in the out-of-hospital setting. *JEMS* 2005;24-26.
28. Pepe PE. Adult and Pediatric Protocol Principles. Dallas Area BioTel EMS Protocols 2006;pp. 7-11, www.biotel.ws.