

## Original

# La vía intraósea en situaciones de emergencia: Revisión bibliográfica

J. Melé Olivé<sup>1</sup>, R. Nogué Bou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MEDICINA FAMILIAR Y COMUNITARIA. ABS MOLLERUSSA (LLEIDA). <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE LLEIDA.

## RESUMEN

**O** bjetivo: Análisis de la documentación científica sobre la vía intraósea (IO) en situaciones de emergencia.

Métodos: Revisión de la literatura médica para la evaluación de la antigüedad y distribución de los trabajos según el sujeto a estudio; zonas de acceso IO; sistemas de infusión IO; flujos; tiempos de inserción; indicaciones y complicaciones de los sistemas IO.

Resultados: Se revisaron 201 trabajos (1057 accesos IO) desde 1945 hasta 2006 (humanos 82; animales 55; cadáveres y/o maniqués 23; revisiones o comentarios 41). Documentamos: Accesos en tuberosidad tibial 501; epífisis/metáfisis 106; clavícula 64; esternón 62; cresta ilíaca 51; maléolos 24; fémur 3; calcáneo 1. Tiempos inserción: inferior a 60 segundos 240; de 60 a 120 segundos 106; superior a 120 segundos 12. Aguja y sistemas IO: aguja de Jamshidi 261; sistema B.I.G. 145; aguja de Cook 100; sistema F.A.S.T.1 50; agujas intramusculares y punción lumbar 35; palomillas 22. Los flujos varían de 25 a 100 ml/minuto en función del calibre del catéter y presión de infusión. La extravasación (14 casos), el síndrome compartimental (7 casos) y la osteomielitis (5 casos) son las complicaciones más frecuentes recogidas.

Conclusión: La vía IO es un acceso venoso rápido, temporal, de fácil aprendizaje y colocación y de escasas complicaciones. El estudio sistematizado de esta técnica, mejoraría la evidencia científica existente sobre la infusión IO.

**Palabras clave:** Vía intraósea.

## ABSTRACT

### Intraosseus infusion in emergency situations: bibliographic review

**O** bjectives: Analysis of the scientific documents about the intraosseous (IO) infusion in emergency situations.

Methods: Review of the medical literature for the evaluation of the studies, IO access areas, IO infusion systems, flows, insertion times, recommendations and complications of the IO systems.

Results: 201 studies (1057 IO access) have been reviewed from 1945 to 2006 (humans n=82; animals n=55; cadaver and skill lab n=23; reviews or comments n=41). We document: Accesses in tibial tuberosity n=501; epiphysis/metaphysis n=106; clavicle n=64; sternum n=62; iliac crest n=51; malleolus n=24; femur n=3; calcaneum n=1. Insertion times: below 60 seconds n=240; from 60 to 120 seconds n=106; above 120 seconds n=12. Needles and IO systems: Jamshidi needle n=261; B.I.G. system n=145; Cook needle n=100; F.A.S.T. 1 system n=50; intramuscular needles and/or lumbar puncture n=35; butterfly needle n=22. Flows vary from 25 to 100 ml/minute according to the catheter calibre and the infusion pressure. The extravasation (n=14), compartment syndrome (n=7) and osteomyelitis (n=5) are the most prevalent complications gathered.

Conclusion: IO access is quick, temporal, easy to learn and to place with few complications. The systematized study of this device could make the scientific evidence about IO better.

**Key Words:** Intraosseous infusion.

## INTRODUCCIÓN

El acceso vascular intraóseo (IO) es un acceso venoso periférico de interés y utilización creciente en las últimas dos décadas. La necesidad de obtener con rapidez un acceso venoso en emergencias prehospitalarias y hospitalarias en las que una

vía venosa periférica (VP) no es posible en un corto periodo de tiempo, convierte a la infusión intraósea (IIO) en una interesante alternativa, que ha motivado la aparición de nuevos estudios y el diseño de agujas y dispositivos específicos de IIO.

La IIO se basa en la capacidad de drenaje del sistema venoso de la médula ósea. De esta forma, la cavidad medular se compor-

**Correspondencia:** Jordi Melé Olivé  
C / Bisbe Irurita nº 13 Esc. A , 4º 1ª  
25006 Lleida  
Email: jordimeolive@gmail.com

Fecha de recepción: 14-7-2006  
Fecha de aceptación: 29-11-2006



ta como una “vena no colapsable” a través de cual, se puede administrar fármacos y fluidoterapia y obtener muestras de sangre.

A pesar de su popularización y su reciente recomendación<sup>1</sup> como primera alternativa a la VP en el paro cardiorrespiratorio (PCR), los trabajos realizados sobre la vía IO en humanos hasta el momento actual, son de una evidencia científica limitada.

En 1922 Drinker<sup>2</sup> y Doan<sup>3</sup> fueron los primeros en sugerir el esternón como vía de acceso para transfusión de sangre cuando describieron la médula ósea como “vena no colapsable”. En 1934 Josefson<sup>2</sup>, en 1940 Henning<sup>4</sup> y en 1941 Tocantins y O’Neill<sup>5</sup> administraron con éxito derivados sanguíneos a través una vía IO esternal.

En la II Guerra Mundial se utilizaron ya equipos de infusión intraósea específicos para esternón<sup>3</sup>. Con la aparición de los catéteres venosos de plástico hacia los 60, la vía IO perdió interés<sup>6</sup>. Llegados los 70, resurge como acceso vascular de emergencia en niños<sup>6</sup> y actualmente, está recomendada por la *American Heart Association* (AHA)<sup>1</sup>, por los protocolos de *Advanced Trauma Life Support* (ATLS)<sup>7</sup> y *Pediatric Advanced Life Support* (PALS)<sup>8</sup> como acceso venoso periférico alternativo a la VP.

## MÉTODOS

Se han incluido todos los trabajos encontrados en la literatura científica médica relacionados con el estudio del acceso vascular periférico a través de la vía IO en su uso en la atención del paciente pediátrico y adulto urgente.

Las bases de datos revisadas han sido: MEDLINE, Cochrane, AHA, OVID Online, ProQuest y GOOGLE.

## RESULTADOS

### Los estudios

Se han revisado un total de 201 trabajos (Figura 1) de los cuales 82 han sido realizados en humanos. Los restantes 119 están distribuidos en estudios realizados en animales (n=55), cadáveres o maniqués (n=23) y revisiones o comentarios (n=41).

De la bibliografía revisada, hemos podido documentar un total de 1057 IIO en humanos vivos, además de las 1000 que comunica Heinild<sup>9</sup> en una revisión en el 1940.

La mayoría de los trabajos fueron realizados en la década de los 90 (n=105) y a partir del año 2000 (n=58). Las décadas de los 70 y 80 fueron menos productivas (n=5 y n=33 respectivamente) (Figura 1).

De los ocho estudios realizados en humanos citados por la AHA<sup>1</sup> para recomendar la IIO, solamente dos son estudios prospectivos calificados por AHA con un nivel de evidencia (NE) de 3. El primero, se realizó con dos grupos de 30 pacientes pediátricos<sup>10</sup> en situación de urgencia por deshidratación a los que se administraba fluidoterapia intravenosa o IO. El segundo, realizado en niños y adultos<sup>11</sup>, comparaba muestras de sangre procedentes de vías IO y VP de pacientes no urgentes, para tipificar el grupo sanguíneo, bioquímica, gases y hemograma. Los restantes seis son de niveles de evidencia inferiores: NE=4<sup>12</sup>, NE=5<sup>13-15</sup>, NE=7<sup>16,17</sup>.

### Zona de inserción

A lo largo de la historia, se han comunicado múltiples zonas para el acceso IO e incluso se han infundido líquidos a través de hueso esponjoso<sup>18</sup> sin acceder a la cavidad medular.

La zona de punción más frecuentemente utilizada es la tuberosidad tibial anterior (TTA), recomendada en menores de 6 años<sup>19</sup> aunque también se utiliza<sup>20</sup> en adultos (Figura 2). Se localiza a 2 cm distal a la TTA, en la cara ántero medial de la tibia; zona de fácil penetración gracias a la delgadez del periostio.

Se aconseja una penetración de la aguja de aproximadamente 1 cm en niños y de 2 cm en adultos<sup>20</sup>.

A partir de los 6 años de edad, se recomienda clásicamente la tibia distal en el maléolo tibial medial, proximal al cartílago de crecimiento y dorsal a la vena safena<sup>19</sup>.

Otros accesos descritos (Figura 2) son la vía esternal<sup>16</sup> la cual, debido al riesgo de realizar una punción transfixiante yatrógena, no se recomienda en niños menores de 3 años. Igualmente documentados, el fémur distal<sup>13</sup>, la cabeza humeral<sup>19</sup>, el dorso de la metáfisis distal del radio<sup>20</sup>; la apófisis estiloides cubital<sup>20</sup>, la epífisis distal del segundo metacarpiano<sup>20</sup>, la epífisis distal del primer metatarsiano<sup>20</sup>, las clavículas<sup>21,22</sup>, la cresta ilíaca<sup>21</sup>, el calcáneo<sup>23</sup> y el maléolo peroneal<sup>20</sup>.

Según los manuales, la sensación de disminución de resistencia y la aspiración de material medular, indicarán la entrada en médula ósea, aunque esta última prueba, sólo es positiva en 1/3 de los casos de enclavamiento correcto<sup>24</sup>. La entrada SF sin resistencia ni extravasación, es otra técnica que confirma el emplazamiento correcto<sup>25</sup>.

Se recomienda proteger y asegurar el sistema y la extremidad, así como revisar el lugar de punción, medir regularmente el perímetro de la extremidad donde se ha colocado la vía IO y comprobar periódicamente la permeabilidad de esta<sup>26</sup>.

Así mismo, se aconseja la comprobación radiológica de la adecuada colocación de la aguja e incluso monitorizar la permeabilidad mediante la infusión de contraste, si se prevé un tiempo de infusión largo (traslados de largo recorrido por ejemplo)<sup>27</sup>.

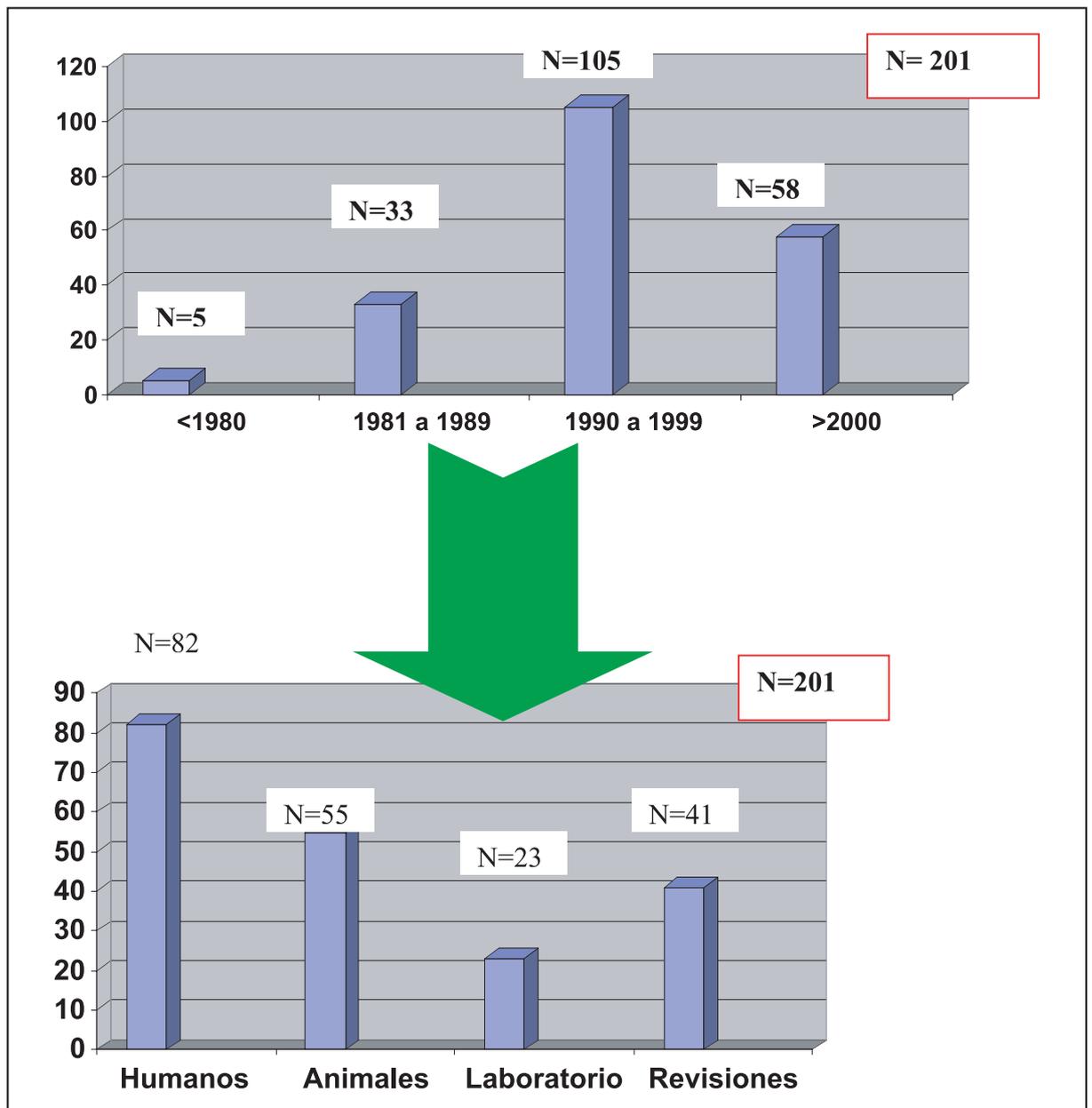


Figura 1. Los trabajos: Gran parte de los trabajos realizados en humanos son series o comunicaciones de casos.

## Flujos

Los flujos varían en función del sujeto a estudio, calibre, longitud, tipo de aguja y zona de punción, lo que asociado a heterogénea variedad de casos, dificulta su comparación.

Watson et al.<sup>28</sup> postulan que en animales, el principal factor limitante de flujo a la administración de líquidos a presión a través de un sistema de IIO, son los tortuosos sinusoides de la médula ósea, que ofrecen el 90% de resistencia a la entrada del líquido, mientras que el 10% restante es debido a la resistencia que opone el catéter.

Schoffstall<sup>29</sup> observó que en cerdos pequeños (7 a 8 kg), el factor limitante de flujo es el tamaño de la cavidad medular y en animales grandes (12 a 15 Kg) es el diámetro y longitud del catéter. En este trabajo, se demostraron flujos de hasta 17 ml/min de infusión por acción de la gravedad y hasta 42 ml/min con infusión a presión.

Iserson<sup>30</sup> por su parte, comunica que los flujos en un adulto están limitados por la capacidad de drenaje de la médula ósea a ratios de infusión de 25 ml/minuto aún con presión o bolo.

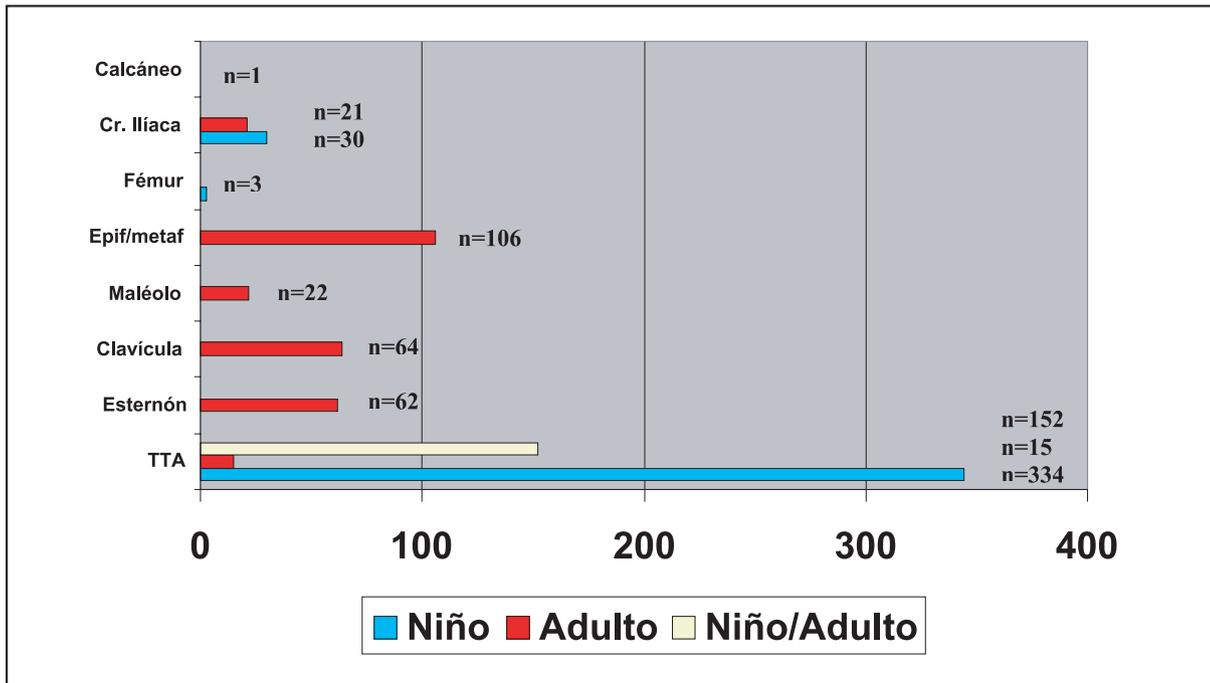


Figura 2. Zonas de inserción I.O.: Las series y comunicaciones de casos muestran la TTA como la zona de acceso más frecuentemente utilizada en todos los grupos de edad. La inserción maleolar se ha utilizado en pacientes adultos y niños de más de 6 años.

Avellaneda et al.<sup>31</sup> en una serie de 6 casos pediátricos obtiene, mediante agujas intramusculares (calibres de 24 a 16 Ga), flujos de 35 a 160 ml/min.

Waissman<sup>20</sup> consiguió con un sistema libre y un catéter de 16 Ga en 43 adultos (n=31 adultos en cirugía ortopédica programada y 19 adultos en emergencias que requerían acceso venoso urgente), flujos de 5 a 10 ml/minuto que se incrementaron hasta 40 ml/minuto al aumentar el diámetro del catéter y las presiones de infusión a 15 Ga y 300 mmHg respectivamente. La infusión en bolos de suero fisiológico (SF) en un sistema IO conectado con una llave de tres vías permitió flujos de hasta 100 ml/min.

Mediante el sistema FAST, Kelsal et al.<sup>32</sup> obtuvieron en adultos, flujos de 80 ml/minuto con fuerza de gravedad, y de 150 ml/minuto con líquidos a presión.

La limitación de flujos a través de sistemas IO despertó el interés en Halvorsen et al.<sup>33</sup> por la reanimación de la hipovolemia con una mezcla expansora de volumen (HSD) consiguiendo remontar volemias con flujos menores. Chavez-Negrette et al.<sup>34</sup> infundiendo esta solución en esternón de 10 pacientes adultos en shock hipovolémico por hemorragia gastrointestinal, comprobaron que no había diferencias significativas en los valores de TA ( $p < 0,05$ ) entre la ruta intraósea y la vía venosa periférica convencional.

Voelckel et al.<sup>35</sup> observaron en animales que el flujo utilizando la fuerza de la gravedad era muy variable y que los flu-

jos mejoraban con sistemas a presión continua, incrementándolos de 10 ml/min en un sistema libre a 41 ml/min con presión.

### Agujas y dispositivos especiales

La casuística recoge múltiples ejemplos del uso de agujas intramusculares de calibres que oscilan 16 al 24 Ga<sup>10,31</sup>, agujas de punción lumbar<sup>10,36</sup>, palomillas (calibre 22 Ga)<sup>37</sup>, agujas de paracentesis, agujas de aspiración ósea<sup>11,14,30,38-40</sup> y diseños especiales para vía IO (Tabla 1).

Las agujas intramusculares, casi siempre disponibles, se doblan fácilmente y al igual que las palomillas, pueden obstruirse al no disponer de fiador. Las de punción lumbar se han utilizado en lactantes pero al ser el catéter largo se doblan también fácilmente.

Las agujas de aspiración de médula ósea son buenos sustitutos si no se dispone de agujas especiales para vía IO<sup>41</sup> (Figura 3) aunque, al no estar diseñadas para este fin, existe<sup>41</sup> cierta facilidad al arrancamiento accidental atribuido a su longitud.

Las agujas con diseño específico para IIO (Figura 4) como SUR-FAST, Sussman-Raszynski (Cook Critical Care Inc, Bloomington, Indiana)<sup>42</sup> poseen un paso de rosca que permite un control de la profundidad de inserción, requieren menos

TABLA 1. Sistemas y agujas de infusión I.O. utilizados

Sistema de acceso IO	Casos
Palomilla	22
Aguja intramuscular y espinal	35
Aguja IO de Cook	100
BIG (Bone Injection Gun)	145
FAST1 (First Access For Shock and Trauma)	50
Aguja de aspiración de médula ósea Jamshidi	261
Aguja IO tipo Sur- Fast	11

Todos los casos de uso del sistema FAST 1 documentados en nuestro trabajo, se realizaron en adultos.

fuerza axial al colocarlas y se asocian a un menor riesgo de extravase, lo que no ocurre en las agujas sin paso de rosca<sup>43</sup>.

El sistema F.A.S.T.<sup>1</sup> (tm) (*First Access for Shock and Trauma de Pyng Medical Corp, Vancouver, BC, Canada*)<sup>44,45</sup> es un parche monouso adherido a la piel (Figura 5), a 15 mm distal de la escotadura esternal en el manubrio esternal, cubierto por una cúpula plástica transparente, que refugia un corto tubo de infusión y un pequeño catéter metálico, insertado en la médula esternal mediante un introductor de profundidad regulable. La cúpula evita el arrancamiento accidental del sistema, sin embargo, puede interferir en las maniobras de reanimación y cricotirotomía de urgencia y no se recomienda en el traumatismo tóraco<sup>41</sup> ni en lactantes.

La pistola de infusión intraosea o B.I.G. (Bone Injection Gun Vvais Med, Tri-Anim, Sylmar, California//Caesarea, Israel)<sup>46</sup> es una técnica sencilla, de un solo uso y rápida, que puede ser utilizada adecuadamente con una hora de entrenamiento<sup>41</sup>. Propulsa un catéter metálico insertándolo en la médula ósea a una profundidad regulable (Figura 6). Los calibres más usados son 15 Ga en adultos y 18 Ga en niños.

Los sistemas F.A.S.T. y B.I.G obtienen en nuestra revisión, una elevada casuística debido a los trabajos de McNab<sup>16</sup> y Waisman<sup>18,20</sup> respectivamente.

Un sistema similar es el EZ-IO<sup>47</sup> de VidaCare<sup>TM</sup>. Este sistema, posee una batería que alimenta un motor eléctrico que inserta una aguja con paso de rosca<sup>47</sup> (Figura 7). No hemos documentado en nuestra revisión, ningún trabajo publicado que haya utilizado esta técnica.

#### Tiempos de inserción y de permanencia

La mayoría de los trabajos concluyen que se puede conseguir un sistema IO funcionando en unos 60 segundos (Tabla 2).

Barnejee et al.<sup>10</sup> colocaron 30 IIO en pacientes pediátricos, con un tiempo de 67±7 segundos (p=0,05) el 100% de

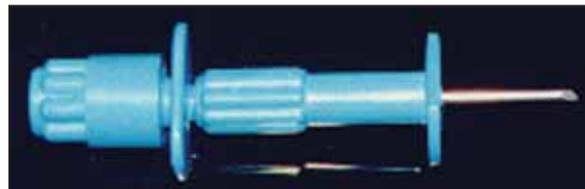


Figura 3. Aguja IO. Aguja de aspiración de médula ósea de Jamshidi®.



Figura 4. Agujas intraoseas de Cook<sup>42</sup>.



Figura 5. Despiece de un equipo FAST1<sup>44,45</sup>.

los accesos IO mientras que la VP (n=30 pacientes pediátricos) se obtuvo en un 66% de los casos con un tiempo de 129±13 segundos (p=0,05).

Calkins et al.<sup>41</sup> demostraron en cadáveres humanos que un equipo de IIO puede colocarse con éxito del 80 al 100% en aproximadamente 1 minuto.

Avellaneda<sup>31</sup> comunica tiempos inferiores a 60 segundos en la inserción IO de agujas intramusculares convencionales en TTA en niños.

Glaesser et al.<sup>14</sup> demostró en 152 pacientes de todas las edades en situación de emergencia, un 85% de éxitos de inserción efectiva para la aguja de Jamshidi en pacientes menores de tres años de edad y del 50% en mayores de diez años debido, según comunica, a errores de localización de puntos de referencia y doblamiento de las agujas.



Figura 6. B.I.G.: Pistola para infusión intraósea (bone injection gun)<sup>46</sup>.



Figura 7. EZ-IO: El nuevo sistema EZ-IO Product System (su precio que oscila los 280 euros).

Otros trabajos en seres humanos en situación crítica, comunican tiempos de inserción efectiva inferiores a 60 segundos<sup>30,38,39</sup> y en un caso<sup>40</sup> en 30 segundos.

Iwama<sup>21,22</sup> informa de tiempos inferiores a 60 segundos para inserción IO en clavícula de adultos en situación de urgencia.

Calkins<sup>41</sup> destaca la rapidez de inserción de B.I.G. en cadáveres humanos adultos, con una media de 70 segundos. Sprigg et al.<sup>48</sup>, no obstante comunican tiempos de 12 segundos a pesar de que Gilman et al.<sup>49</sup> no detectan diferencias comparándola con otros sistemas IIO.

TABLA 2. Tiempos de inserción I.O.

Intervalos de tiempo	Casos
Inferior a 60 segundos	240
De 60 a 120 segundos	106
Superior a 120 segundos	12
La vía IO se puede obtener con más del 80% de éxito al primer intento, en menos de 60 segundos.	

La técnica FAST<sup>16</sup> permitió el 95% de inserciones con éxito en 77 segundos de media de tiempo en personal que lo habían utilizado al menos una vez anteriormente. Calkins<sup>41</sup>, no obstante, obtiene tiempos de 114±36 segundos.

Ben Abraham et al.<sup>50</sup> comprobó con inserciones IO en huesos de pavo una demora de más de 10 segundos en la adecuada colocación de un sistema IO, debido a la pérdida de destreza en el manejo del material cuando se lleva colocado un traje de protección de riesgo biológico. Se comunicaron tiempos de 22±2 segundos sin traje *versus* 32,3 segundos con traje ( $p<0,05$ ) con un 80% de éxitos en la inserción en los 2 casos.

La permanencia máxima documentada en la bibliografía revisada de un acceso IO está en 6 días, en un caso de shock cardiogénico en un adulto de 74 años con una vía intraósea insertada con el sistema B.I.G. en TTA<sup>20</sup> en la que no se comunicaron complicaciones.

## Indicaciones

En general, la vía IO estaría indicada en toda situación de riesgo vital sin vía venosa accesible en un corto periodo de tiempo y que requerirá asistencia más intensa y prolongada que la que se podría ofrecer a través de la vía rectal, intramuscular o un tubo endotraqueal (TET).

La vía IO está recomendada por la AHA<sup>1</sup> como clase IIa en caso de PCR sin vía venosa periférica, citando para ello, los trabajos de Barnejee<sup>10</sup> y Brickman<sup>11</sup>. También la recomienda la A.A.P.<sup>8</sup>, en el PCR y shock en pediatría cuando la VP no es posible en 120 segundos y cuando no se consigue VP en dos intentos<sup>51</sup>.

El A.T.L.S.<sup>7</sup> recomienda la vía IO como alternativa a la VP y antes que la opción de vía central en menores de 6 años.

La vía IO, permite además, la obtención de muestras de sangre para pruebas cruzadas para la tipificación ABO y Rh<sup>11</sup>, bioquímica<sup>15,52</sup> (aunque se observaron diferencias entre las muestras obtenidas de vía IO y VP en los valores de glucosa y potasio<sup>52</sup> y de FA, ALT, AST, plaquetas, leucocitos, PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub><sup>15</sup>), hemoglobina<sup>15,52</sup>, hematocrito<sup>52</sup> aunque todos ellos, en pacientes no urgentes.

Se ha utilizado también como vía de administración de contraste en venografías de extremidad inferior<sup>53-55</sup> y como ruta de administración de anestesia regional en cirugía de extremidades<sup>18</sup>.

### Contraindicaciones

Los manuales de Urgencias y los estudios realizados en animales y humanos no citan contraindicaciones absolutas, pero desaconsejan la vía IO en la fractura ósea<sup>6</sup> por riesgo de pseudoartrosis o síndrome compartimental; la osteogénesis imperfecta<sup>56</sup> que junto a la osteoporosis y la osteopetrosis pueden asociarse a fracturas en su colocación<sup>6</sup>, aunque algunos trabajos<sup>21</sup>, no consideran como contraindicación a esta última.

Se desaconseja además en infecciones o quemaduras locales. No obstante, hemos documentado una IIO a través de quemaduras sin complicaciones<sup>57</sup> derivadas. Así mismo, las punciones IO múltiples en la extremidad y en zonas de tumores óseos<sup>56,24</sup> tampoco son aconsejables.

### Complicaciones

Aunque los trabajos realizados hasta el momento han comunicado escasas complicaciones derivadas de la IIO, dadas las situaciones críticas en las que está indicada, parece razonable pensar que son superadas por los beneficios que aporta esta técnica.

Se ha descrito celulitis local en un 0,7% (n=5 de 694 vías IO)<sup>56</sup> que respondieron al tratamiento antibiótico.

La osteomielitis secundaria a un acceso IO, se relaciona con infusiones prolongadas (más de 24 horas), especialmente si se administran sustancias esclerosantes o hipertónicas<sup>7,13</sup> y en situación de bacteriemia. En nuestra revisión (Tabla 3) hemos registrado un 0,4% (n=5) de casos de osteomielitis<sup>59,60,68</sup> de las cuales una<sup>61</sup> es bilateral y otra<sup>62</sup> fúngica. Heinild<sup>9</sup> observó el mismo número en una revisión de 1000 casos.

El extravase de líquido a tejido periférico es una de las complicaciones más frecuentes de los sistemas IO (Tabla 3). Registramos un 1,3% (n=14) de casos de extravase<sup>17,18,27,63,64</sup>. La literatura lo comunica<sup>14</sup> en un 12%, y suele deberse a la colocación inadecuada o desinserción accidental de la aguja, excesiva presión de infusión, punción transfixiante o múltiples intentos de punción IO en la misma zona<sup>6</sup>.

El síndrome compartimental fue detectado en nuestra revisión en un 0,6% (n=7) de los casos. Tanto de forma unilateral<sup>26,27,65,66</sup> o bilateral<sup>67</sup>, es una complicación poco frecuente y se asocia a extravase, infusión de sustancias irritantes<sup>59</sup>, infecciones locales<sup>59</sup> y osteoclisis prolongada (más de 24 horas)<sup>68</sup>.

Hemos registrado tres casos de amputaciones secundarias a un síndrome compartimental (Tabla 3)<sup>27,68,69</sup>.

TABLA 3. Complicaciones de la vía I.O.

Complicación	Casos
Amputación	3
Punción articular	1
Edema local	7
Extravasación	14
Necrosis ósea	4
Osteomielitis	5
Embolia grasa	2
Síndrome compartimental	7
Fractura tibial	4

La prevención de la extravasación mediante la correcta elección de aguja y zona de inserción adecuadas<sup>27,43,70</sup>, el correcto anclaje del catéter, así como el diagnóstico precoz del síndrome compartimental mediante la medición repetida del perímetro de la extremidad y, el uso de radiología seriada de la zona para valorar posibles cambios radiológicos en la zona de punción en hueso<sup>26,27,59</sup>, son medidas recomendadas para la prevención y detección precoz del extravase de líquidos y del síndrome compartimental.

La necrosis<sup>17,58,70</sup> y el esfacelamiento por extravasación de sustancias agresivas infundidas por el sistema IO (cloruro cálcico, adrenalina, bicarbonato), se encontró en cuatro ocasiones (Tabla 3). No documentamos ninguna punción transfixiante en nuestra revisión, aunque sí se documentó una punción yatrógena articular en la rodilla<sup>64</sup>.

Las alteración del crecimiento no se han demostrado en humanos y tampoco en modelos animales, siempre que no se lesione la fisis<sup>6</sup>.

Hemos registrado en nuestra revisión, dos casos de embolia grasa<sup>65,71</sup> anteriormente sólo demostrada en experimentación animal<sup>6</sup>. Se documentó además, un hematoma secundario a extravase de una transfusión IO a un neonato<sup>17</sup>.

Se han detectado en la bibliografía revisada cuatro fracturas yatrógenas de tibia: dos unilaterales<sup>65,72</sup> y una bilateral<sup>173</sup>. En todas se utilizaron agujas para IO y en un caso el sistema B.I.G.<sup>72</sup>.

Histológicamente, se ha observado en la zona de punción, hemorragia e hipocelularidad, que evolucionó a fibrosis de 2 a 5 mm de radio<sup>6</sup>.

### Dificultades técnicas

Han sido descritos el bloqueo del catéter con coágulos o espículas óseas<sup>25</sup>, errores en la localización de puntos de referencia para la inserción<sup>14,41</sup>, el doblamiento o resbalamiento de la aguja sobre el hueso<sup>6,41</sup> e insuficiente fuerza manual al colocar F.A.S.T. 1 o B.I.G.<sup>16</sup>.



## Aprendizaje de la técnica

Calkins et al.<sup>41</sup> demostraron que en personal (sanitario y no sanitario) no experimentado en la técnica, con una hora de teoría y entrenamiento son suficientes para un óptimo aprendizaje y uso de las técnicas F.A.S.T., B.I.G. y agujas Sur Fast y Jamshidi en cadáveres humanos adultos.

## DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios sobre el acceso vascular IO de emergencia, se han realizado en estas dos últimas décadas seguramente relacionado con el desarrollo y eficacia de los sistemas de emergencia (Figura 1). En la actividad diaria, los servicios de emergencias principalmente extrahospitalarios, se encuentran en situaciones con dificultad de acceso a una VP ya sea por condiciones adversas en relación al escenario o al paciente. Dichas situaciones han motivado el resurgir de esta antigua técnica.

La mayoría de los trabajos sobre IIO se han realizado en animales o en cadáveres humanos, en maniqués y huesos de animales (Figura 1) quizás, debido a que el trabajo en el laboratorio y el estudio con animales es más accesible, que la eterna dificultad del ensayo clínico sobre técnicas de emergencia en el paciente urgente. A pesar de todo, no es escasa la casuística en humanos adultos y pediátricos, pero desafortunadamente la mayoría son de limitada evidencia<sup>10-17</sup>.

La zona de inserción más utilizada en niños y adultos es la TTA, por la comodidad que permite su acceso y fácil localización de puntos anatómicos incluso en condiciones adversas. De todos modos, no hemos encontrado suficiente evidencia para recomendar qué zona es la más adecuada para una IIO. Se han detectado un número elevado de accesos clavicular (n=64), esternal (n=62) y en epífisis y metáfisis (n=106) que son debidos a los trabajos de Iwama<sup>21</sup>, McNab<sup>16</sup> y Waisman<sup>18,20</sup> (Figura 2).

Los flujos a través de un sistema de IIO son variables en función de múltiples factores como la zona de inserción, edad, peso del paciente, tipo de aguja, etc. Hemos observado en los trabajos realizados en humanos<sup>20,30,31</sup> que, aumentando el calibre del catéter y la presión de infusión del líquido, pueden obtenerse flujos de hasta 100 ml/minuto con un sistema de IIO.

La aguja más frecuentemente utilizada ha sido la aguja de aspiración medular de Jamshidi en niños y aguja IO manual de Cook en adultos (Tabla 1) hecho, quizás relacionado con la disponibilidad de material y recursos en el momento de la realización del acceso o en el centro donde se realizó el estudio.

No hemos encontrado suficiente evidencia para recomendar qué dispositivo o aguja son más adecuados para la IIO en adultos y/o niños.

De las 1057 IIO documentadas, el extravase con un 13% (n=14), el síndrome compartimental con 0,6% (n=7) y la osteomielitis con un 0,4% (n=5) son las complicaciones más frecuentes documentadas por nuestra revisión y de forma comparable a otros estudios<sup>9</sup>, estando la primera y la segunda relacionadas con una técnica inadecuada y exceso de presión en el sistema, y la última, con la administración de sustancias irritantes o esclerosantes (Tabla 3).

Las escasas comunicaciones de complicaciones, que disminuyen drásticamente si se utiliza con una técnica adecuada y como vía temporal y, la baja relación riesgo/beneficio en las condiciones en las que es necesaria, limitan sus contraindicaciones en prácticamente todos los trabajos.

La mayoría de los trabajos coinciden en que la vía IO es una técnica de acceso vascular de fácil aprendizaje, de uso sencillo y de colocación rápida en un tiempo inferior a un minuto con más de 90% de éxitos de IIO permeable en la primera inserción (Tabla 2). Puede ser de gran utilidad cuando la destreza en el manejo de material está limitada por el uso de trajes de protección biológica<sup>50</sup>.

Aunque se han documentado casos<sup>20</sup> de permanencia de un sistema IO durante 6 días sin complicaciones derivadas, hasta la realización de estudios con más evidencia científica, parece recomendable el uso temporal de esta técnica sustituyéndola por un acceso por VP en el momento que sea posible.

Está recomendada por la AHA<sup>1</sup> como alternativa a la VP en PCR y por la ATLS<sup>7</sup> y PALS<sup>8</sup>.

La facilidad de aprendizaje y uso de técnicas como B.I.G.<sup>41</sup>, posiblemente podría facilitar el uso de esta técnica por personal no facultativo, especialmente en situaciones de catástrofe o necesidad de evacuación rápida, así como facilitar la inserción de un sistema IO incluso en condiciones atmosféricas adversas.

Los criterios de inserción, de medición de tiempos de inserción, los tiempos de infusión, las técnicas, las agujas, el entrenamiento del personal, las situaciones y el tipo de paciente son marcadamente variables intra e interestudio, lo que dificulta establecer relaciones y realizar comparaciones entre los trabajos, para generar conclusiones sobre cada una de las variables.

Finalmente, tanto los estudios y series de casos realizados en humanos como los trabajos realizados en animales y en laboratorio, expresan una evaluación positiva de esta técnica, por lo que debería ser una técnica a evaluar de forma sistematizada.

En conclusión podemos decir que los estudios realizados sobre el uso de la vía IO en emergencias en humanos, son de limitada evidencia científica. El flujo a través de un sistema IO

puede llegar a 100 ml/min aunque las condiciones de presión necesarias para este nivel de flujo, parecen aumentar el riesgo de complicaciones. No hemos encontrado suficiente evidencia para recomendar una zona de punción ni un tipo de aguja, aunque se recomienda la TTA por ser una zona de fácil localización. La vía IO es una técnica de fácil aprendizaje y de colocación en 60 segundos. La estandarización de los criterios de estudio, facilitará el estudio sistematizado de esta técnica.

Una limitación de nuestro estudio es la antigüedad de algunos de los trabajos incluidos, la cual ha dificultado el acce-

so a los artículos a texto completo. Así mismo, la heterogeneidad de los trabajos revisados, no permite confeccionar una relación exhaustiva de los valores de las variables que incluyen los estudios, lo que dificulta la confección de las figuras, tablas y resolución de conclusiones.

## AGRADECIMIENTOS

A Noemí Sala i Carrera, licenciada en Filología Anglo-

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Guidelines 2005 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 7.2. Management of Cardiac Arrest. *Circulation* 2005;112:IV-58-IV-66.
- 2- McLaughlin T J, Farmer JC. Resuscitation access and assessment: Recurring themes of the intraosseous route. *Crit Care Med* 2000;28:2915-20.
- 3- Bohn D. Intraosseous vascular access: From the archives to the ABC. *Crit Care Med* 1999;27:1147-52.
- 4- Henning N. Intrasternal injections and transfusions. *JAMA* 1945;128:240.
- 5- Tocantins LM, O'Neill JF, Jones HV. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow: application in pediatrics. *JAMA* 1941;117:1229.
- 6- Dubick MA, Holcomb JB. A review of intraosseous vascular access: Current status and military application. *Mil Med* 2000;165:552-8.
- 7- American College of Surgeons (eds). *ATLS, Advanced Trauma Life Support for Doctors, Student Manual*. Chicago IL: American College of Surgeons, 1997, pp 12, 97.
- 8- Paediatric Advanced Life Support. Illinois: American Academy of Pediatrics 1997;5-11.
- 9- Heinild S, Sondergaard T. Bone marrow infusion in children. *J Paediatr* 1947;30:400-12.
- 10- Barnejee S, Singhi SC, Sing S, Sing M. The intraosseous route is a suitable alternative to intravenous route for fluid resuscitation in severely dehydrated children. *Indian Pediatr* 1994;31:1511-20.
- 11- Brickman KR, Krupp K, Rega P, Alexander J, Guinness M. Typing and screening of blood from intraosseous access. *Ann Emerg Med* 1992;21:414-7.
- 12- Fiser RT, Walker WM, Seibert JJ, McCarthy R, Fiser DH. Tibial length following intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis. *Pediatr Emerg Care* 1997;13:186-8.
- 13- Guy J, Haley K, Zupan SJ. Use of intraosseous infusion in the pediatric trauma patient. *J Pediatr Surg* 1993;28:158-61.
- 14- Glaeser PW, Hellmich TR, Scwczuga D, Losek JD, Smith DS. Five years experience in prehospital intraosseous infusions in children and adults. *Ann Emerg Med* 1993;22:1119-24.
- 15- Ummerhofer W, Frei FJ, Urwyler A, Drewe J. Are laboratory values in bone marrow aspirate predictable for venous blood in paediatric patients? *Resuscitation* 1994;27:123-8.
- 16- Macnab A, Christeson J, Findlay J, Peng M, Horwood B, Johnson DL. A new system for sternal intraosseous infusion in adults. *Prehosp Emerg Care* 2000;4:173-7.
- 17- Ellemunter H, Simma B, Trawoger R, Maurer H. Intraosseous lines in preterm and full term neonates. *Arch Dis Fetal Neonatal* 1999;80:F74-F75.
- 18- Waisman M, Roffman M, Bursztein S, Heifetz M. Intraosseous regional anesthesia as an alternative to intravenous regional anesthesia. *J Trauma* 1995;39:1153-56.
- 19- American Heart Association in collaboration with International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2000;102 (suppl):I11384.
- 20- Waisman M, Waisman D. Bone marrow infusion in adults. *J Trauma* 1997;42:288-93.
- 21- Iwama H, Katsumi A, Shinohara K, Kawamae K, Ohtomo Y, Afama Y. Clavicular approach to intraosseous infusions in adults. *Fukushima J Med Sci* 1994;40:1-8.
- 22- Iwama H, Katsumi A. Emergency fields, obtaining intravascular access for cardiopulmonary arrest patients is occasionally difficult and time-consuming. *J Trauma* 1996;41:931-2.
- 23- McCarthy G, Buss P. The calcaneum as a site for intraosseous infusion. *J Accid Emerg Med* 1998;15:421.
- 24- Monleón Luque. Vía intraósea: En: Casado J, Serrano A: Urgencias y tratamiento del niño grave. 1ª ed. España: Ergon SA; 2000. p 35-8.
- 25- Cunningham Jr FJ, Spivey W.H. Intraosseous infusion. En: *Clinical procedures in Emergency medicine*. 3ª ed. EEUU: Saunders Company; 1998. p 394-00.
- 26- Wright R, Reynolds SL, Nachtsheim B. Compartment syndrome secondary to prolonged intraosseous infusion. *Pediatr Emerg Care* 1994;10:338.
- 27- Launay F, Paut O, Katchburian M, Bourelle S, Jouve JL, Bollini G. Leg amputation after intraosseous infusion in a 7-month-old infant: a case report. *J Trauma* 2003;55:788-90.
- 28- Watson WC, Ryan DM, Dubick MA, Simmons DJ, Kramer GC. High pressure delivery of resuscitation fluid through bone marrow. *Acad Emerg Med* 1995;2:402.
- 29- Schoffstall JM, Spivey WH, Davidheiser S, Lathers CM. Intraosseous crystalloid and blood infusion in a swine model. *J Trauma* 1989;29:384.
- 30- Iserson KV. Intraosseous infusion in adults. *J Emerg Med* 1989;7:587-91.
- 31- Avellaneda F, Diosque M, Yedlin P. Vía intraósea: empleo de agujas comunes en niños de una unidad de cuidados intensivos pediátricos. *Arch Arg Pediat* 1999;97:401-3.
- 32- Kelsall AW. Resuscitation with intraosseous lines in neonatal units. *Arch Dis Child* 1993 Mar;68(3 Spec No):324-5.
- 33- Halvorsen L, Bay BK, Perron PR, Gunther RA, Holcroft JW, Blaisdell FW. Evaluation of an intraosseous device for the resuscitation of hypovolemic shock. *J Trauma* 1990;30:652-8.
- 34- Chavez-Negrete A, Majluf CS, Frati MA, Perches A, Arguero R. Treatment of hemorrhagic shock with intraosseous or intravenous infusion of hypertonic saline dextran solution. *Eur Surg Res* 1991;23:123-9.
- 35- Voelckel WG, Lurie KG, McNite S, Zielinski T, Lindstrom P, Peterson C. Comparison of epinephrine with vasopressin on bone marrow blood flow in animal model of hypovolemic shock and subsequent cardiac arrest. *Crit Care Med* 2001;29:1587-92.
- 36- Hurren JS, Dunn KV. Intraosseous infusion for burns resuscitation. *Burns* 1995;21:285-7.
- 37- Daga SR, Gosavi DV, Verma B. Intraosseous access using butterfly needle. *Trop Doct* 1999;29:142-4.
- 38- Seigler RS, Tecklenburg FW, Shealy R. Prehospital intraosseous by emergency medical services personnel: a prospective study. *Pediatrics* 1990;85:386-7.
- 39- Seigler RS. Intraosseous infusion performed in the prehospital setting: South Carolina's six-years experience. *JSC Med Assoc* 1997;93:209-15.
- 40- Iserson KV, Criss E. Intraosseous infusions: a usable technique. *Am J Emerg Med* 1986;4:540-2.



- 41- Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burris D. Intraosseous infusion devices: A comparison for potential use in special operations. *J Trauma* 2000;48:1068-73.
- 42- <http://www.cookgroup.com>
- 43- LaSpada J, Kisson N, Melker R, Murphy S, Miller G, Peterson R. Extravasation rates and complications of intraosseous needles during gravity and pressure infusion. *Crit Care Med* 1995;23:2023-28.
- 44- <http://www.pyng.com/productguide.htm>.
- 45- Vojtko M, Hanfling D. The sternal IO and vascular access-any port in a storm. *Air Med J* 2003;22:32-4.
- 46- <http://www.waismed.com>
- 47- [http://www.vidacare.com/Products/index\\_4\\_29.html](http://www.vidacare.com/Products/index_4_29.html)
- 48- Sprigg NM, White LJ, Martin SW. Comparison of two intraosseous infusion techniques in an EMT training program. *Acad Emerg Med* 2000;7:1168.
- 49- Gilman EA, Menegazzi JJ, Wang HE, Krell J. Traditional intraosseous needle vs spring-loaded device in a pediatric swine model. *Acad Emerg Med* 2002;9:515.
- 50- Ben - Abraham R, Gur I, Vater Y, Weinbroum AA. Osseous emergency access by physicians wearing full protective gear Intrao. *Acad Emerg Med* 2003;10:1407-10.
- 51- Helm M, Breschinski W, Lampl L, Frey W, Bock KH. Intraosseous puncture in preclinical emergency medicine. Experience of an air rescue service. *Anaesthesist* 1996;45:1196-202.
- 52- Hurren JS. Can blood taken from intraosseous cannulations be used for blood analysis? *Burns* 2000;26:727-30.
- 53- Wegener GP, Flaherty TT, Crummy AB. Intraosseous lower extremity venography. *Am Surg* 1969;98:105.
- 54- Puranen J, Perti K. The clinical significance of osteomedullography in fractures of tibial shaft. *J Bone Joint Surg* 1974;56:759.
- 55- Steinbach HL, Jersen F. Osseous flebography. *Surg Gynecol Obstet* 1957;104:215.
- 56- Fisher DH. Intraosseous infusion. *N Eng J Med* 1990;322:1579-81.
- 57- Frascione R, Kaye K, Dries D, Solem L. Successful placement of an adult sternal intraosseous line through burned skin. *J Burn Care Rehabil* 2003;24:306-8.
- 58- Stoll E, Golej J, Burda G, Hermon M, Boigner H, Trittenwein G. Osteomyelitis at the injection site of adrenalin through an intraosseous needle in a 3-month-old-infant. *Resuscitation* 2002;53:315-8.
- 59- Barron BJ, Tran HD, Lamki LM. Scintigraphic findings of osteomyelitis after intraosseous infusion in a child. *Clin Nucl Med* 1994;19:307-8.
- 60- Dogan A, Irmak H, Harman M, Ceylan A, Akpinar F, Tosun N. Tibia osteomyelitis following intraosseous infusion: a case report. *Acta Ortop Traumatol Turc* 2004; 38:357-60.
- 61- Rosovsky M, FitzPatrick M, Goldfarb CR, Finestone H. Bilateral osteomyelitis due to intraosseous infusion: case report and review of the English-language literature. *Pediatr Radiol* 1994;24:72-3.
- 62- Platt SL, Notterman DA, Winchester P. Fungal osteomyelitis and sepsis from intraosseous infusion. *Pediatr Emerg Care* 1993;9:149-50.
- 63- Smith RJ, Keseg DP, Manley LK, Standeford D. Intraosseous infusion by prehospital personnel in critically ill pediatric patients. *Ann Emerg Med* 1988;17:491-5.
- 64- Claudet I, Alberge C, Bloom MC, Fries F, Lelong-Tissier MC. Intraosseous infusion in children. *Ann Fr Anesth Reanim* 1999;18:313-8.
- 65- Moller JC, Tegtmeier FK, Schaible TF, Sussmane JB. Intraosseous puncture as vascular access in pediatric emergency and intensive care medicine. *Anaesthesiol Reanim* 1996;21:103-7.
- 66- Gayle M, Kisson N. A case of compartment syndrome following intraosseous infusions. *Pediatr Emerg Care* 1994;10:157-9.
- 67- Galpin RD, Kronick JB, Willis RB, Frewen TC. Bilateral lower extremity compartment syndromes secondary to intraosseous fluid resuscitation. *J Pediatr Orthop* 1991;11:773-6.
- 68- Vidal R, Kisson N, Gayle M. Compartment syndrome following intraosseous infusion. *Pediatrics* 1993;91:1201-3.
- 69- Moscati R, Moore GP. Compartment syndrome following intraosseous infusions. *Am J Emerg Med* 1990;8:470-1.
- 70- Simmons CM, Johnson NE, Perkin RM, van Stralen D. Intraosseous extravasation complication reports. *Ann Emerg Med* 1994;23:363-6.
- 71- Byrick RJ. Pulmonary fat embolism and intraosseous infusion. *Pediatr Crit Care Med* 2001;26:184-5.
- 72- Bowley DM, Loveland J, Pitcher GJ. Tibial fracture as a complication of intraosseous infusion during pediatric resuscitation. *J Trauma* 2003;55:786-7.
- 73- La Fleche FR, Slepkin MJ, Vargas J, Milzman DPl. Iatrogenic bilateral tibial fractures after intraosseous infusion attempts in a 3-months-old infant. *Ann Emerg Med* 1989;18:1099-01.

germana por la traducción del Abstract.