

P. E. Orgiler Uranga¹
J. M. Navarro Arnedo¹
S. De Haro Marín²

La vía intraósea. Cuando las venas han desaparecido

31

¹ Diplomados en Enfermería Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.
² Diplomado en Enfermería Unidad de Cuidados Intensivos.
Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.
Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital General Universitario de Alicante.
Avda. Maestro Alonso 109 -03010 Alicante.

Correspondencia:
P. E. Orgiler Uranga
Av. Pintor Baeza n.º 7, Bloque 6-2, 3.º A
03010 Alicante
Tel.: 965 251281
E-mail: porgiler@cecova.org

The intraosseal route. When the veins have disappeared

RESUMEN

El objetivo de este estudio es mostrar la utilidad de la vía intraósea como acceso vascular de emergencia, especialmente en niños, cuando el acceso vascular a través de vías periféricas o centrales se hace difícil o imposible.

De la bibliografía revisada se deduce que la vía intraósea constituye una vía de acceso rápida, fácil y eficaz al sistema vascular, sobre todo en los niños menores de 6 años. Su utilidad está indicada cuando, en situaciones de extrema urgencia, se tarda mucho en canalizar una vía periférica o central y la vida del niño está en peligro.

La zona más adecuada para su inserción es la porción proximal y porción distal de la tibia y la porción distal del fémur.

Permite la administración de líquidos, electrolitos y fármacos comparable a la vía venosa. Las complicaciones son escasas, siendo la más grave el síndrome compartimental.

Además de ser una vía alternativa para la perfusión de sustancias y fármacos en el torrente circulatorio, sirve

como lugar de acceso al sistema vascular para la toma de muestras con fines de estudios de laboratorio. Se concluye que la vía intraósea constituye una vía de acceso al sistema vascular fácil, rápida y segura. Las complicaciones suelen ser raras y las contraindicaciones escasas.

PALABRAS CLAVE

Perfusión intraósea. Acceso vascular.

ABSTRACT

The aim of this study was to demonstrate the usefulness of the intraosseal route in providing emergency vascular access, especially in children, when vascular access through peripheral or central routes is difficult or impossible. A literature review revealed that the intraosseal route provides rapid, easy and effective access to the vascular system, especially in children under the age of 6 years. This

32 *route is indicated when, in emergencies, peripheral or central cannulation is too slow and the child's life is at risk. The most appropriate sites of insertion are the proximal or distal segments of the tibia and the distal segment of the femur. The administration of fluids, electrolytes and drugs through the intraosseal route is similar to that through the venous route. Complications are rare, the most serious being compartmental syndrome. In addition to providing an alternative route for the infusion of drugs and other substances into the bloodstream, the intraosseal route also provides access to the vascular system when samples for laboratory investigations are required. In conclusion, the intraosseal route provides rapid, safe and easy access to the vascular system. Complications are infrequent and there are few contra indications.*

KEY WORDS

Intraosseous infusion. Vascular access.

INTRODUCCIÓN

Cuando la vida del niño está en peligro, el acceso vascular se hace imprescindible. Aunque en la actualidad la existencia de catéteres vasculares y las técnicas de su implantación están bien establecidas y su utilización resulta frecuente en las unidades de cuidados intensivos pediátricos, en algunas ocasiones dicho acceso se hace extremadamente lento o incluso imposible. Es en estos casos cuando la vía intraósea adquiere toda su importancia. El conocimiento de la técnica de colocación, los productos que a través de esta vía pueden administrarse y los cuidados que precisa el paciente deben ser conocidos por el personal de enfermería. El propósito de este artículo es describir esta técnica y las aplicaciones de esta vía.

HISTORIA

En 1922 Drinker et al describieron la circulación intraósea del esternón y la propusieron como una vía al-

ternativa de administración de fármacos⁽¹⁾; el primer caso aplicado en seres humanos lo describió Josefson en 1934, que administró transfusiones de sangre por vía esternal⁽²⁾. Esta técnica fue bien aceptada en Europa, mientras que en EE.UU. se comenzó a aplicar por primera vez en 1940. Durante la década de los años 1940-1950 se comprobó mediante diversos estudios su fiabilidad en niños. Tocantis la utilizó para perfusiones intraóseas de sangre, glucosa y soluciones salinas. Heindl et al publicaron un informe de más de 1.000 administraciones hechas en 1947, lo que contribuyó a hacer su uso frecuente⁽³⁻¹⁵⁾. Posteriormente su uso decayó con la aparición de los catéteres plásticos para vías venosas y las agujas intravenosas desechables.

En 1977, Valdés⁽¹⁶⁾ informó sobre su experiencia en 15 pacientes a quienes fue imposible o difícil la canulación intravenosa proponiéndola para casos de urgencia, pero esta técnica quedó nuevamente olvidada hasta la década de 1980, cuando en 1983, Turkel⁽¹⁷⁾ escribió una carta al editor de la revista *American Journal of Diseases of Children*. El editor de dicha revista, Vincent Fulginiti, en respuesta a dicha carta, invitó a publicar artículos o estudios sobre la técnica de la administración intraósea y solicitó a James P. Orłowski que redactara un editorial sobre el tema, que apareció en 1984, con el título tan sugestivo de "My Kingdom for an Intravenous Line (Mi reino por un acceso intravenoso)"⁽¹⁸⁾. Este artículo, junto al de Berg⁽¹⁹⁾, estimularon la realización de varios estudios experimentales, convirtiéndose dicha técnica en una vía preferida para la administración de líquidos y medicamentos en casos de reanimación o acceso vascular cuando se demoraba o no podía accederse a una vía intravenosa. En 1984 Rosetti et al demostraron que en el 24 % de los niños menores de 2 años se tardaba más de 10 min en conseguir una vía y que en un 6 % de los casos no se conseguía⁽²⁰⁾, disparando de nuevo la publicación de artículos y casos clínicos sobre la utilización de la vía intraósea⁽²¹⁻²⁷⁾.

INDICACIONES

Fundamentalmente, esta vía está indicada en aquellas situaciones de urgencia en las que el acceso intravenoso se hace lento, muy dificultoso o imposible, es

preciso disponer de una vía venosa adecuada para la perfusión de líquidos y medicamentos y el tiempo es un factor decisivo, especialmente en situaciones de paro cardiorrespiratorio (PCR), shock en cualquiera de sus etiologías, politraumatizados, grandes quemados (y algunos autores incluyen los procesos convulsivos), así como en pacientes pediátricos menores de 6 años (incluyendo prematuros) ⁽²⁸⁻⁴⁷⁾.

HISTOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

La característica histológica que permite la administración de líquidos a través del hueso se basa en que la matriz ósea de la epífisis de los huesos largos y la parte central de los huesos cortos, está constituida por un tejido mineral esponjoso relleno de contenido sanguíneo: la medula ósea roja o hematógena (fig. 1). Está dotada de venas que tienen la propiedad de no colapsarse en caso de shock o hipovolemia (los plexos venosos sinusoides) y que conectan directamente con un canal venoso medular central y, a través de las venas nutrientes periósticas y las venas emisarias, drenan al sistema venoso general. Esta circulación dinámica importante, permite transportar y, por lo tanto, incorporar rápidamente grandes volúmenes de líquidos a la circulación general ^(23,35,37).

¿QUÉ MEDICACIÓN PUEDE PERFUNDIRSE?

Puede administrarse, *a priori*, cualquier medicación o solución que pueda ser administrada por vía intravenosa, bien en bolos o por perfusión continua. En la tabla 1 se exponen las diferentes sustancias y fármacos administrados según los distintos autores.

Además de servir como vía de administración de medicamentos o soluciones, puede igualmente utilizarse como fuente de información diagnóstica. Así puede utilizarse para la determinación de gases en sangre, valores bioquímicos, electrolitos y hematócrito/hemoglobina. De igual forma puede ser útil para la toma de muestras de sangre para cultivos en aquellos casos de sospecha de sepsis ⁽³⁷⁾. En cualquier caso, debe considerarse como una vía transitoria o temporal, hasta que pueda instaurarse una vía venosa.



Figura 1. Vista exterior e interior de la tibia.

MATERIAL

El material necesario para la punción se incluye en la tabla 2 ^(29,35,37,40,42,46,48).

Debemos hacer mención de la existencia de un dispositivo automático de inserción de agujas intraóseas-BIG (Bone Injection Gun), que según los autores ofrece un acceso rápido y seguro al sistema vascular ⁽⁴¹⁾. Las agujas con estilete serían las recomendables pues evita la obstrucción o taponamiento de su luz interna con material óseo.

Tabla 1 Diferentes medicamentos administrados por vía intraósea según los distintos autores

Medicamentos de uso habitual en reanimación y cuidados intensivos (26,29-36,38,42,47-51) Adrenalina, atropina, antibióticos, bicarbonato sódico, dexametasona, diazepam, digoxina, fenitoína, furosemida, gluconato de calcio, heparina, insulina, isoproterenol, lidocaína, midazolam, morfina, nitroprusiato, noradrenalina, petidina, propranolol, relajantes musculares, tiopental, vitamina K
Soluciones cristaloides para expansión volumétrica (28,30-35,38,39,42,48,49,51) Dextrosa, manitol, ringer lactato, suero salino hipertónico, sangre y productos derivados
Soluciones coloides como la albúmina (28,29,34-36,38,51)
Medicaciones de administración continua (28,35,36,38,48,49) Dopamina, dobutamina
Contrastes radiológicos yodados (38,52,53)
Soluciones de hiperalimentación (28)
Anestésicos y analgésicos (33,35,38,51)
Otros fármacos Azul de metileno (54), adenosina (55)

Tabla 2 Material necesario para la punción intraósea

1. Desinfectante: povidona yodada, gasas, paños y guantes estériles
2. Jeringas de 5, 10, 20 ml y agujas convencionales
3. Anestésico local sin adrenalina: lidocaína al 1 %
4. Suero salino al 0,9 % y suero salino heparinizado
5. Sistema de perfusión
6. Llave de tres pasos
7. Pinzas de Kocher
8. Agujas de punción intraósea, que serán por orden de preferencia: <ul style="list-style-type: none">• Agujas intraósseas especiales con estilete, bisel corto y multi perforadas de 15 G-18 G. Comercialmente se disponen de varios modelos: COOK (fig. 2), JAMSHIDI, SAVE, SUSSMANE-RASZYNSKI• Trocar para punción de medula ósea 13 G-16 G• Agujas de punción lumbar 18 G-20 G• Agujas hipodérmicas 18 G-20 G• Agujas epicraneales 16 G-19 G

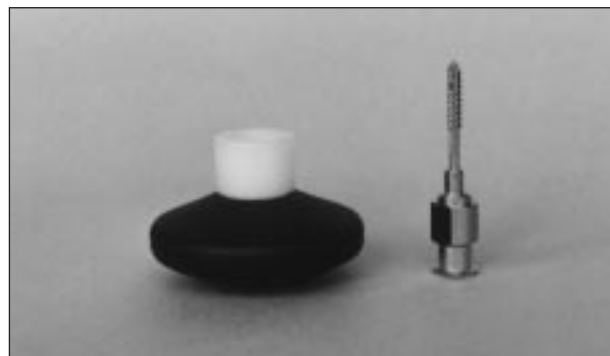


Figura 2. Fotografía de aguja intraósea Sur-Fast 15 G (William Cook Europe A/S, Bjaeverskov, Denmark).

LUGAR DE PUNCIÓN Y TÉCNICA

Los lugares más utilizados para el acceso intraóseo en pediatría suelen ser (28-33,35-38,40,42,46-48,56) en el miembro inferior: porción proximal de la tibia, porción distal de la tibia (maléolos interno y externo) y porción distal del fémur. Cuando por las circunstancias hubiera que elegir otro lugar, suele aconsejarse la cresta ilíaca, el esternón, la clavícula, la extremidad distal del radio, la epífisis proximal del húmero, la apófisis estiloides del cúbito (41) y el calcáneo (57).

Miembro inferior

En el supuesto de elegir el miembro inferior para la instauración de la vía intraósea procederemos en primer lugar a colocar al paciente en decúbito supino, situando la pierna del paciente en posición adecuada para la punción. Colocaremos la pierna del paciente semiflexionada y proporcionando un apoyo sólido a la misma mediante un saquito de arena o un paño formando un cilindro y colocado a nivel del hueco poplíteo.

La elección como lugar de punción en el miembro inferior es debido a que el hemicuerpo superior queda libre, permitiéndose otras maniobras de reanimación. Por otra parte, si la fijación de la aguja es de buena calidad, permitirá mantener dicha vía el tiempo suficiente hasta conseguir otra vía venosa central.

Porción proximal de la tibia

Suele ser el lugar elegido por la mayoría de autores cuando se trata de niños de hasta 5 o 6 años de edad, pues a partir de los 6 años la cortical del hueso aumenta de tamaño.

Debe procederse en primer lugar a la desinfección amplia de la zona comprendida entre la mitad inferior del muslo y la mitad superior de la pierna y posteriormente se realizará la localización anatómica de la tuberosidad anterior o tubérculo anterior de la tibia. El punto de inserción se localiza a 1-2 cm por debajo de dicha tuberosidad y a 1 cm hacia la cara interna de la tibia (fig. 3). El espacio comprendido entre la piel y el espacio medular suele ser de 1 cm aproximadamente en un niño de 6 años.

Si el niño está consciente, se procederá a anestesiarse localmente la zona de punción. La correcta inserción de la aguja debe realizarse con una inclinación de 20-30° con respecto a la vertical y en dirección hacia el pie del paciente evitando con esta inclinación lesionar el cartílago de crecimiento. Algunos autores, no obstante, recomiendan introducir la aguja perpendicularmente o en ángulo de 90° con respecto al eje de la pierna evitándose el posible deslizamiento de la aguja a lo largo del hueso.

La fuerza que debe aplicarse para insertar la aguja en la cavidad medular comparada con la aplicada en otras técnicas de acceso venoso, resulta considerable para poder traspasar la tabla ósea y debe realizarse mediante movimientos rotatorios en el mismo sentido en el caso de agujas de rosca y mediante movimientos semirrotatorios con cambio de sentido de giro en el caso de tratarse de agujas que no dispongan de rosca o tornillo.

Una vez que se percibe la desaparición de la resistencia a la introducción, se retirará el estilete y efectuaremos una aspiración mediante una jeringa que contenga suero salino al 0,9%. Conoceremos que nos encontramos en el lugar adecuado y hemos obtenido la vía cuando:

- Ha cesado la sensación de resistencia.
- La aguja se sostiene inmóvil firmemente.
- Se aspira material medular con la jeringa (sangre o medula ósea).
- Ausencia de extravasación en tejidos colindantes tras inyectar lentamente 2-3 ml de suero salino.



Figura 3. Diversos lugares de inserción de la aguja en la extremidad inferior.

- Ausencia de resistencia a la inyección rápida de 10 ml de suero salino.

Extremidad distal de la tibia

En adolescentes y niños mayores de 6 años, el sitio más adecuado suele ser la extremidad distal de la tibia, a nivel del maléolo interno en su unión a la diáfisis tibial y por detrás de la safena externa. En este lugar, la cortical del hueso es más fina y la inserción resulta más fácil (fig. 3). La inserción de la aguja debe tener una cierta inclinación con dirección cefálica.

Extremidad distal del fémur

Cuando se elige la porción distal del fémur como lugar de inserción de una vía intraósea (más difícil teóricamente)

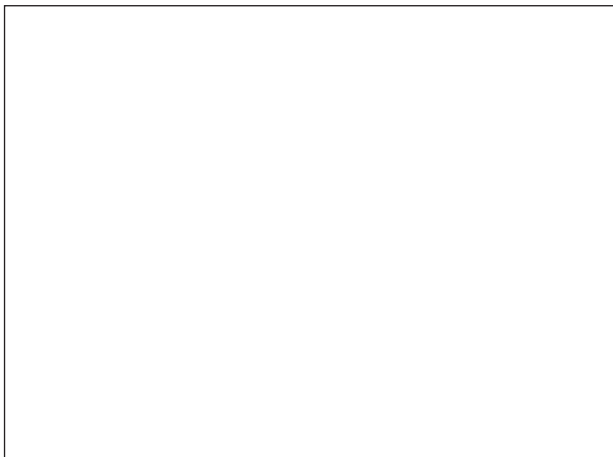


Figura 4. *Aguja de punción lumbar fijada a la extremidad inferior mediante pinza de Kocher.*

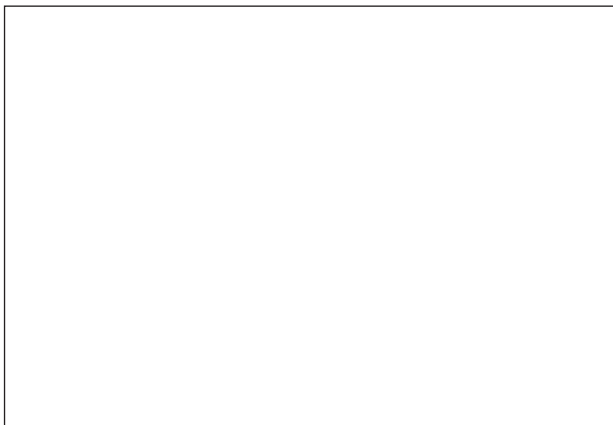


Figura 5. *Corte transversal del tórax a nivel esternal.*

camente por estar cubierta por músculo y grasa), el lugar de inserción se encuentra situado a 2-3 cm por encima del cóndilo externo. La aguja debe seguir una dirección hacia la cabeza del niño formando un ángulo de 10-20° con respecto a la vertical y con el propósito de evitar el cartílago de crecimiento. Diversos autores estiman que éste no debe ser el primer lugar de elección (fig. 3) ^(35,38,46). Una vez cerciorados de la correcta posición de la aguja se inyectará suero salino heparinizado para evitar la coagulación de la vía.

Una vez insertada la aguja en el miembro inferior, procederemos a la fijación de la misma, para una mayor seguridad, con una pinza de Kocher aplicada a la base de la aguja y junto a la piel del paciente y siguiendo su eje longitudinal. La pinza se fijará a la pierna del paciente mediante material elástico (fig. 4).

Por último no queda más que asegurarse de la correcta inserción de la aguja intraósea y la ausencia de fracturas tras punción, mediante unas radiografías en 2 proyecciones.

Otros lugares de elección son el esternón y la cresta ilíaca.

Esternón

El esternón como zona de punción intraósea debería desestimarse como lugar de elección en el niño dado el poco espesor del mismo y las relaciones anatómicas próximas del corazón y los grandes vasos (fig. 5). En el adulto podría utilizarse siempre y cuando no esté previsto realizar masaje cardíaco. La justificación de dicho hueso como lugar de elección para la vía intraósea en el adulto se sustenta en base a la tardía conversión de la medula esternal en medula grasa, lo que minimiza los riesgos de embolismo.

El punto elegido se sitúa a nivel del 2.º o 3.º espacio intercostal. Localizado el punto, la aguja se introduce a 1 cm de la línea media del esternón. La cavidad medular se encuentra a 2-5 mm por debajo del periostio.

Cresta ilíaca

En la cresta ilíaca, el lugar que debe elegirse está situado en la cara inferior de la espina ilíaca. El niño se debe colocar en decúbito lateral. Se procederá a la desinfección amplia de la zona y su anestesia si fuera necesario. Localizada la cresta ilíaca se procede a la introducción de la aguja en el hueso ilíaco mediante movimientos rotatorios. La cavidad medular se encuentra a unos 5 mm por debajo del periostio.

Insertada y fijada la aguja, conectaremos un sistema de gotero con una llave de tres pasos comprobando nuevamente la correcta entrada de líquido y proseguiremos con la introducción de los líquidos requeridos o

la medicación que precise. El otro acceso de la llave de tres pasos la conectaremos a una alargadera que permita una fácil administración de líquidos sin que se precise la manipulación de la aguja (fig. 6).

COMPLICACIONES

Las complicaciones son raras y suelen ocurrir a consecuencia de la impericia e inexperiencia del profesional. Así las podríamos clasificar en: mecánicas, infecciosas, embolismos e histológicas.

Mecánicas

- Infiltración subcutánea (extravasación) ^(29,30,35,37,42,47,49) debido a la mala colocación de la aguja. Esta complicación puede derivar en síndrome compartimental ⁽⁵⁸⁻⁶⁰⁾ o necrosis de la piel ⁽⁶¹⁾. Estas complicaciones aumentan con la perfusión de líquidos a presión.
- Fracturas óseas (tras varias tentativas de colocación).
- La perforación completa del hueso.
- Lesiones de los grandes vasos o del corazón en el caso de colocación a nivel esternal.
- Punción articular ⁽⁶²⁾.

Infecciosas

- Celulitis.
- Abscesos subcutáneos.
- Osteomielitis (se describe en un 0,6 % de los casos). La frecuencia de aparición aumenta con el tiempo de permanencia de la vía ⁽²⁸⁾.

Embolismos

- Embolia grasa (teóricamente, pero no descrita clínicamente).

Histológicas

- Se puede producir una hipocelularidad con edema celular, necrosis celular y adelgazamiento del periostio en los casos de administración de soluciones hipertónicas. En cualquier caso la suspensión en la administración de estas soluciones sería suficiente

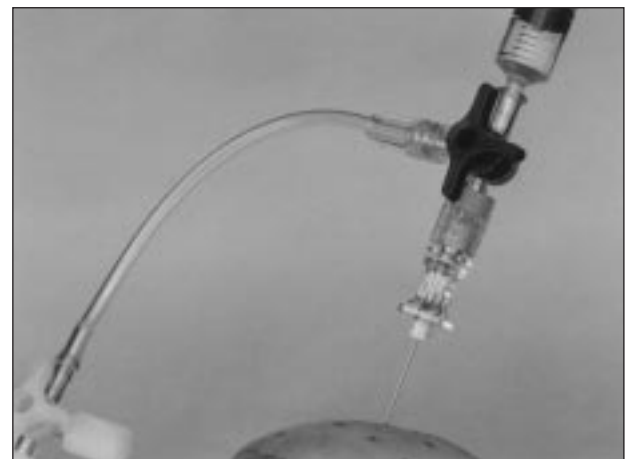


Figura 6. Fotografía de aguja de punción lumbar conectada a jeringa y alargadera mediante llave de tres pasos.

para la regresión de los síntomas y en un tiempo relativamente corto la medula se regeneraría.

- La afectación del cartílago de crecimiento es un riesgo teórico que no parece probable a raíz de estudios en animales.

En estudios realizados con pacientes que habían recibido tratamiento a través de una vía intraósea se llegó a la conclusión de que no existían diferencias clínicas ni estadísticas significativas en las longitudes tibiales entre los miembros ⁽⁶³⁾.

Tras la administración de contraste yodado para diagnósticos radiográficos se ha descrito la existencia de un aumento de la densidad radiográfica en las epífisis tibiales donde se encontraba insertada la aguja y cuya explicación sería la de una transitoria retención de contraste radiográfico dentro de los sinusoides medulares. Este aumento de la densidad radiográfica podría agregar cierta confusión a la interpretación de las radiografías de estas zonas ^(52,53).

En los grandes quemados no debería presentar ninguna complicación si la zona elegida fuese cuidadosamente limpiada, desinfectada y estuviera exenta de lesión.

CUIDADOS

Básicamente son los mismos que cualquier vía venosa ⁽⁴⁶⁾.

38 Cuidados de la aguja y lugar de punción

Una vez insertada la aguja y comprobado su buen funcionamiento, aplicaremos un apósito estéril seco alrededor de la aguja y sujeto al miembro del paciente con material elástico. Si la vía se mantuviera por espacio de varias horas, la zona de punción deberá desinfectarse periódicamente (cada 4-6 h) con povidona yodada colocando un nuevo apósito estéril seco; aprovecharemos la maniobra para inspeccionar los tejidos circundantes al punto de punción. Así mismo cambiaremos el apósito si se moja o mancha de sangre. No debemos cubrir la zona de punción con apósitos oclusivos transparentes pues, aunque la vía se mantendrá el mínimo tiempo posible, este tipo de apósitos favorecen la maceración de la piel y facilitan la penetración de gérmenes en la zona. La adecuada posición de la aguja y la integridad de la estructura ósea se revisarán mediante radiografías periódicas según el tiempo de colocación.

Valoración y observación de signos de complicaciones

Para detectar la aparición de síndrome compartimental debe vigilarse periódicamente el aspecto de la piel y el volumen de las masas musculares midiendo la circunferencia de la pierna y comparando las dimensiones con las de la otra pierna si es posible. Se deberá confirmar la presencia constante de pulso.

Debemos vigilar así mismo la temperatura del miembro en que está insertada la aguja comparándola con el otro miembro ya que puede aparecer celulitis o absceso subcutáneo.

Mantendremos las alarmas de presión de las bombas de perfusión en su límite inferior.

Cuidados de la retirada de la aguja

Debido a que es una técnica de uso temporal limitado, algunos autores no aconsejan prolongar su uso más de 24 h, llegando algunos a limitarlo a un máximo de 12 h⁽⁵⁸⁾. Cuando se retire la vía, se desinfectará con povidona yodada y se mantendrá una presión sobre el

punto de inserción con un apósito estéril un tiempo no inferior a 5 min. Posteriormente dejaremos tapada la zona con un apósito estéril seco y la vigilemos periódicamente⁽³⁰⁾ (por lo menos cada 8 h durante las siguientes 48 h).

Cuidados generales y comodidad para el paciente

La presencia de dolor a nivel de la punción indicará que el flujo de líquidos es elevado⁽³⁰⁾. Si a pesar de reducir el flujo de líquidos el dolor persiste y/o aparece parestesia del miembro utilizado, deberá retirarse la aguja.

Es fundamental una adecuada inmovilización del miembro en que está insertada la vía. En el supuesto de obstrucción de la vía deberá lavarse con suero salino heparinizado (fig. 6). Debemos hacer constar en nuestros registros de enfermería la fecha y hora de inserción de la vía.

Cuando el paciente esté consciente deberá conocer la finalidad de la aguja intraósea, recibiendo información veraz acerca de ella, comprensible y adecuada a su edad.

CONTRAINDICACIONES

La colocación de una vía intraósea está contraindicada en aquellos huesos fracturados o perforados con anterioridad, así como en la extremidad con una interrupción vascular traumática o quirúrgica (disección venosa). En estos casos debe tenerse en cuenta que los líquidos administrados seguirán la vía de menor resistencia por lo que se saldrían por estos orificios o grietas. Está absolutamente contraindicado cuando exista una infección^(12,29,30,33), celulitis o quemadura^(28,29,33,48) en el lugar elegido para la punción.

En los casos de osteogénesis imperfecta^(29,48), osteoporosis y osteopetrosis (huesos de mármol)^(30,33).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. D. Roberto Reig Saenz, Jefe del Departamento de Cuidados Intensivos Pediátricos. Servicio de Medicina Inten-

siva del Hospital General Universitario de Alicante, por su contribución y revisión del presente artículo.

A la Dra. Dña. Rosario Perales Pastor, Supervisora del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital General Universitario de Alicante, por su apoyo a la realización de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Drinker CK, Drinker KR, Lund CC. The circulation in the mammalian bone marrow. *Am J Physiol* 1922; 62: 1-92.
2. Josefson A. A new method of treatment: intraosseal injections. *Acta Medica Scand* 1934; 81: 550-564.
3. Tocantis LM. Rapid absorption of substances injected into the bone marrow. *Proc Soc Exp Biol Med* 1940; 45: 292-296.
4. Tocantis LM, O'Neill JF. Infusions of blood and other fluids into the general circulation via the bone marrow: technique and results. *Surg Gynecol Obstet* 1941; 73: 281-287.
5. Tocantis LM, O'Neill JE, Jones HW. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow. *JAMA* 1941; 117: 1229-1234.
6. Tocantis LM, O'Neill JE, Price AH. Infusion of blood and other fluids via the bone marrow in traumatic shock and other forms of peripheral circulatory failure. *Ann Surg* 1941; 114: 1085-1092.
7. Tocantis LM, Price AH, O'Neill J. Infusions via the bone marrow in children. *Penn Med J* 1943; 46: 1267-1273.
8. Papper EM. The bone marrow route for injecting fluids and drug into the general circulation. *Anesthesiology* 1942; 3: 307-313.
9. Arbeiter HI, Greengard J. Tibial bone marrow infusions in infancy. *J Pediatr* 1944; 25: 1-12.
10. Meola F. Bone marrow infusions as a routine procedure in children. *J Pediatr* 1944; 25: 13-16.
11. Gunz FW, Dean RFA. Tibial bone-marrow transfusions in infants. *Br Med J* 1945; 1: 220-221.
12. Quilligan JJ, Turkel H. Bone marrow infusions and its complications. *Am J Dis Child* 1946; 71: 457-465.
13. Heinild S, Sondergaard T, Tudvad F. Bone marrow infusion in childhood. *J Pediatr* 1947; 30: 400-412.
14. Elston JT, Jaynes RV, Kaump DH et al. Intraosseous infusions in infants. *Am J Clin Pathol* 1947; 17: 143-150.
15. Gimson JD. Bone marrow transfusion in infants and children. *Br Med J* 1944; 1: 748-749.
16. Valdes MM. Intraosseous fluid administration in emergencies. *Lancet* 1977; 11: 1235-1236.
17. Turkel H. Intraosseous infusions. *Am J Dis Child* 1983; 137: 706.
18. Orłowski JP. My kingdom for an intravenous line. [editorial] *Am J Dis Child* 1984; 138: 803.
19. Berg RA. Emergency infusion of catecholamines into bone marrow. *Am J Dis Child* 1984; 138: 810-811.
20. Rosetti V, Thompson BM, Aprahamian C, Darin JC, Mateer JR. Difficulty and delay in intravascular access in pediatric arrests. *Ann Emerg Med* 1984; 13: 406.
21. McNamara RM, Spivey WH, Unger HD, Malone DR. Emergency applications of intraosseous infusion. *J Emerg Med* 1987; 5: 97-101.
22. Rosetti V, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985; 14: 885-888.
23. Fiser DH. Intraosseous infusion. *N Engl J Med* 1990; 322: 1579-1581.
24. Glaeser PW, Hellmich TR, Szewczuga, D Losek JD, Smith DS. Five-year experience in prehospital intraosseous infusion in children and adults. *Ann Emerg Med* 1993; 22: 1119-1124.
25. Neish SR, Macon MG, Moore JW, Graeber GM. Intraosseous infusion of hypertonic glucose and dopamine. *Am J Dis Child* 1988; 142: 878-880.
26. Walsh-Kelly CM, Berens RJ, Glaeser PW, Losek JD. Intraosseous infusion of phenytoin. *Am J Emerg Med* 1986; 4: 523-524.
27. Katan BS, Olshaker JS, Dickerson SE. Intraosseous infusion of muscle relaxants. *Am J Emerg Med* 1988; 6: 353-354.
28. Cano España J. Vías para la administración de líquidos y drogas. En: Calvo Macías C, Ibarra de la Rosa J, Pérez Navero J, Tovaruela Santos A, eds. *Emergencias pediátricas*. Madrid: Argón; 1999. p. 233-240.
29. Carbajal R, Paupe A, Lenclen R, Blanc P, Olivier-Martin M, Simon N. Perfusion intraosseuse chez l'enfant. *Arch Pédiatr* 1995; 2: 339-342.
30. Dumillard C, Suze N, Duquesne JM, Petri S, Lode N, Maupetit B et al. Dispositif intraosseux de perfusion. *Cahiers d'Anesthésiologie* 1996; 44 (1): 71-76.
31. Ellemunter H, Simma B, Trawöger R, Maurer H. Intraosseous lines in preterm and full term neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1999; 80: F74-F75.
32. Evans RJ, Jewkes F, Owen G, McCabe M, Palmer D. Intraosseous infusion—a technique available for intravascular administration of drugs and fluids in the child with burns. *Burns* 1995; 21 (7): 552-553.
33. Hurren JS, Dunn KW. Intraosseous infusion for burns resuscitation. *Burns* 1995; 21 (4): 285-287.
34. Martino Alba R, Ruiz Lopez MJ, Casado Flores J. Use of the intraosseous route in resuscitation in a neonate. *Intensive Care Med* 1994; 20: 529-533.
35. Monleón Luque M. Alternativas a la vía intravenosa. En: Casado Flores J, ed. *Niño críticamente enfermo*. Madrid: Díaz de Santos; 1996. p. 221-225.
36. Nasimi A, Gorin P, Berthier M, Boussemart T, Follet-Bouhamed C, Oriot D. Utilisation de la voie intraosseuse chez un prématuré. *Arch Pédiatr* 1998; 5: 414-417.
37. Orłowski JP. Opciones de urgencia respecto del acceso intravenoso: farmacoterapia intraósea, intratraqueal, sublingual y en

- 40 otros sitios. *Clinicas Pediátricas de Norteamérica* 1994; 6: 1179-1193.
38. Oriot D, Cardona J, Berthier M, Nasimi A, Boussebart T. La voie intraosseuse, une voie d'abord vasculaire méconnue en France. *Arch Pédiatr* 1994; 1: 684-688.
39. Rodríguez Núñez A, Martínez Soto I, Martínón JM. Elective use of intra-osseous infusions in paediatrics. *Eur J Pediatr* 1995; 154 (9): 755.
40. Stovroff M, Teague WG. Intravenous access in infants and children. *Pediatric Clinics of North America* 1998; 45 (6): 1373-1393.
41. Waisman M, Waisman D. Bone marrow infusion in adults. *J Trauma* 1997; 42 (2): 288-293.
42. Zabala Argüelles JI, Marañón Pardillo R, González Serrano P, Serina Ramírez C. Acceso vascular prioritario en situaciones de extrema urgencia: la infusión intraósea. *An Esp Pediatr* 1992; 37 (6): 489-492.
43. Tormo Calandín C, Calvo Macías C, Delgado Domínguez MA, López-Herce Cid J, Rodríguez Núñez A, Loscertales Abril M et al. Soporte vital en pediatría. En: Ruano M, Perales N, eds. *Manual de Soporte Vital Avanzado*. Comité Español de RCP. Barcelona: Masson; 1996. p. 111-134.
44. Guy J, Haley C, Zuspan SJ. Use of intraosseous infusion in the pediatric trauma patient. *J Pediatr Surg* 1993; 28 (2): 158-161.
45. Goldstein B, Doody D, Briggs S. Emergency intraosseous infusion in severely burned children. *Pediatric Emergency Care* 1990; 6 (3): 195-197.
46. McDonald M, Wiebe RA. Intraosseous infusions. En: Levin D, ed. *Essentials of Pediatric Intensive Care*. New York: Churchill Livingstone 1997; 1249-1253.
47. Parra Vázquez FJ, Domínguez Morales J, Ayuso Baptista F, Castro García S, Vázquez Martínez FA. Infusión intraósea: una alternativa. *Medicina Intensiva* 1999; 23 (4): 167-173.
48. Clarke P. Intraosseous infusion. *Nursing Times* 1991; 87 (1): 40-41.
49. Maguer D, Delaporte B, Godde F, Amusini P. Voie intraosseuse: autre abord vasculaire dans l'urgence. *Arch Pédiatr* 1995; 2: 704-705.
50. Claudet I, Fries F, Bloom MC, Lelong-Tissier MC. Etude retrospective de 32 cas de perfusion intraosseuse. *Arch Pediatr* 1999; 6 (5): 516-519.
51. Helm M, Breschinski W, Lampl L, Frey W, Bock KH. Intraosseous puncture in preclinical emergency medicine. Experiences of an air rescue service. *Anaesthetist* 1996; 45 (12): 1196-1202.
52. Geller E, Crisci KL. Intraosseous infusion of iodinated contrast in an abused child. *Pediatric Emergency Care* 1999; 15 (5): 328-329.
53. Cambray EJ, Donaldson JS, Shore RM. Intraosseous contrast infusion: efficacy and associated findings. *Pediatr Radiol* 1997; 27: 892-893.
54. Herman MI, Chyka PA, Butler AY, Rieger SE. Methylene blue by intraosseous infusion for methemoglobinemia. *Ann Emerg Med* 1999; 33 (1): 111-113.
55. Friedman FD. Intraosseous adenosine for the termination of supraventricular tachycardia in an infant. *Ann Emerg Med* 1996; 28 (3): 356-358.
56. Martino R, Ruiz López MJ, García Jiménez JL, Martínez Azagra A, Casado Flores J. La vía intraósea en las situaciones de urgencia vital en niños. *Medicina Intensiva* 1995; 19 (1): 15-19.
57. McCarthy G, Buss P. The calcaneum as a site for intraosseous infusion. *J Accid Emerg Med* 1998; 15 (6): 421.
58. Wright R, Reynolds SL, Nachtsheim B. Compartment syndrome secondary to prolonged intraosseous infusion. *Pediatric Emergency Care* 1994; 10 (3): 157-159.
59. Ribeiro J, Price C, Knapp R. Compartment syndrome of the lower extremity after intraosseous infusion of fluid (a report of two cases). *J Bone Joint Surg* 1993; 75-A: 430-433.
60. Burke T, Kehl DK. Intraosseous infusions in infants. *J Bone Joint Surg* 1993; 75-A: 428-429.
61. Chirstensen DW, Vernon DD, Banner W, Dean JM. Skin necrosis complicating intraosseous infusion. *Pediatric Emergency Care* 1991; 7 (5): 289-290.
62. Claudet I, Alberge C, Bloom MC, Fries F, Lelong-Tissier MC. Intraosseous infusion in children. *Ann Fr Anesth Reanim* 1999; 18 (3): 313-318.
63. Fiser RT, Walker WM, Seibert JJ, McCarthy R, Fiser D. Tibial length following intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis. *Pediatric Emergency Care* 1997; 13 (3): 186-187.