



Curso 2023-2024
Trabajo de Fin de Grado

LA VÍA INTRAÓSEA Y LA
FARMACOTERAPIA COMO
ALTERNATIVA EN SITUACIONES DE
URGENCIA Y EMERGENCIA. UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA

Fernando Nieto Pac

Tutor/a: Luis Carlos Ramón Carreira

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi familia, en especial a mis padres y a mi hermana por aguantarme en el día a día y brindarme siempre la máxima tranquilidad posible.

A mi abuelo porque pese a su situación sigue dándome consejos y la fuerza necesaria para afrontar cualquier reto que esté por venir.

A mi novia, por darme ese cariño y ese apoyo incondicional no solo estos meses sino desde que empezamos juntos la carrera de Enfermería.

A mis amigos por ser ese lugar de desconexión necesario en cualquier ámbito de la vida para volver con más fuerzas.

Y, por último, agradecer a mi tutor, Luis Carlos Ramón Carreira, por la paciencia y la escucha antes las infinitas dudas que me ha ido generando el desempeño de este TFG y por ayudarme en esta etapa final de la mejor manera posible.

RESUMEN

Introducción: En una situación límite que requiere de una actuación rápida y resulta imposible canalizar una vía intravenosa, la vía intraósea es el acceso vascular de elección. El conocimiento de los distintos dispositivos para su colocación, los posibles lugares de inserción y la farmacoterapia que se puede administrar facilitará su abordaje y resolución.

Objetivo: Identificar los distintos fármacos, medicamentos, fluidos y hemoderivados que se pueden administrar través de la vía intraósea en una situación que suponga una urgencia y/o emergencia para el paciente, así como, sus potenciales complicaciones.

Material y métodos: Se ha llevado a cabo una revisión sistemática que trata sobre la farmacoterapia que se puede administrar a través de la vía intraósea en una situación de urgencia y emergencia. Se ha realizado en base a unos criterios de inclusión y exclusión, a través de las bases de datos de PubMed, Dialnet, Google Académico, Elsevier y Cinahl. Para construir la estrategia de búsqueda se empleó el lenguaje MeSH y las palabras claves expuestas a continuación con el operador booleano AND.

Resultados: Se obtuvieron 30 artículos sobre los que se centra el trabajo. Los cuales demostraron que la vía intraósea permite administrar cualquier fármaco alcanzando niveles séricos óptimos. Se trata de un acceso temporal de colocación rápida y con altas tasas de éxito que provoca mínimas complicaciones.

Conclusiones: La vía intraósea permite infundir cualquier tipo de fármaco tal como plasma, hidroxocobalamina, insulina o solución salina hipertónica. Se debe elegir el dispositivo adecuado y aportar la presión necesaria para obtener unos resultados eficaces y reducir complicaciones como la extravasación.

Palabras clave: Acceso intraóseo, urgencia y emergencia, farmacología, infusión intraósea, administración intraósea

ABSTRACT

Introduction: In a borderline situation where rapid action is required and an intravenous line is not possible, the intraosseous route is the vascular access of choice. Knowledge of the different devices for the placement, the possible insertion sites and the types of drugs that can be administered will facilitate its approach and resolution.

Objectives: To identify the different medicines, drugs, fluids and blood products that may be administered through the intraosseous route in an urgent and/or emergency situation for the patient, as well as potential complications.

Material and methodology: A systematic review has been carried out on pharmacotherapy that can be administered intraosseously in an urgent and emergency situation. It has been carried out based on inclusion and exclusion criteria, through the databases of PubMed, DialNet, Google Scholar, Elsevier and Cinahl.

To build the search strategy, the MeSH language and the keywords set out below were used with the boolean operator AND.

Results: 30 articles were obtained, and are the focus of the paper. They demonstrated that the intraosseous route allows any drug to be administered, reaching optimal serum levels. It's a temporary access that can be placed quickly and with high success rates that causes minimal complications.

Conclusions: The intraosseous route allows any type of drug to be infused, such as plasma, hydroxycobalamin, insulin or hypertonic saline. The right device must be chosen and the necessary pressure must be provided to obtain effective results and reduce complications how extravasation.

Key words: Access intraosseous, urgency and emergency, pharmacology, intraosseous infusion, intraosseous administration

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	6
4. OBJETIVOS	7
5. MATERIAL Y MÉTODOS	8
5.1 Diseño	8
5.2 Estrategia de búsqueda.....	8
5.3 Estrategia de selección.....	9
5.4 Herramientas para la evaluación de la evidencia.....	10
6. RESULTADOS	14
6.1 Farmacoterapia IO.....	14
6.2 Tasas de éxito y supervivencia.....	18
6.3 Complicaciones	20
6.4 Flujo	22
6.5 Cuidados de enfermería	23
7. DISCUSIÓN	24
7.1 Esquema DAFO	26
7.2 Implicación en la práctica clínica	26
7.3 Futuras líneas de investigación	27
8. CONCLUSIONES	28
9. BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema PICO.....	6
Tabla 2. Términos DeCS y MeSH empleados en esta revisión.	8
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión empleados en la búsqueda de artículos.	9
Tabla 4. Descripción y resultados de los artículos incluidos en esta revisión	11
Tabla 5. Profundidad de inserción correcta en mm en hombres y mujeres	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes dispositivos de acceso IO.	2
Figura 2. Representación de la estructura ósea.....	4
Figura 3. Diagrama de flujo del método de investigación.	10

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACVA: Accidente Cerebro-Vascular Agudo
AHA: American Heart Association
BHE: Barrera Hemato-Encefálica
BIG: Pistola de Inyección Intraósea
CPOT: Escala de valoración del dolor en cuidados críticos
CVC: Catéter Venoso Central
DeCS: Descriptores en Ciencias de la salud
ERC: Consejo Europeo de Resucitación
EVA: Escala Visual Analógica
FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos
FDP: Plasma Fresco Liofilizado
HTS: Solución Hipertónica
IO: Intraósea
IV: Intravenosa
LCR: Líquido Cefalorraquídeo
MeSH: Medical Subject Headings
PCEH: Paro cardíaco extrahospitalario
PCR: Parada Cardio-Respiratoria
ROSC: Recuperación de la Circulación Espontánea
SNC: Sistema Nervioso Central
SSF: Suero Salino Fisiológico
SSH: Suero Salino Hipertónico
TFG: Trabajo Fin de Grado

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de “urgencia” se refiere a aquella situación en la que se requiere actuar con la mayor brevedad posible, pero sin que suponga un riesgo para la vida del paciente como puede ser un dolor torácico. En este caso no precisa una atención inmediata ya que no amenaza de forma inminente la vida del propio paciente. Mientras que una “emergencia” hace referencia a aquella situación en la que se debe actuar de forma inmediata por la inestabilidad hemodinámica que presenta el paciente poniendo en riesgo su vida como es el caso de una parada cardiorrespiratoria (PCR). (1)

Los orígenes de la vía intraósea se remontan a 1922 cuando Drinker y Doan desarrollan la anatomía de la médula ósea y definen la vía intraósea (IO) como una “vena no colapsable”, para realizar diversas transfusiones sanguíneas en animales. Años más tarde se emplearía en humanos. Posteriormente, en los años 40 se empieza a utilizar para administrar fármacos y fluidos en enfermedades como la granulopenia en la que los granulocitos, un tipo de glóbulo blanco, se encuentran por debajo de los niveles normales. No obstante, aunque durante la Segunda Guerra Mundial se empleó para administrar barbitúricos, quedó relegada a un segundo plano por el creciente aumento de la vía endovenosa. En 1944 Hamilton y Bailey inventaron un dispositivo que permitía alcanzar el torrente sanguíneo a través del esternón. Sin embargo, la vía IO no alcanza su máximo esplendor hasta el año 1984 cuando Orlowski a través de un editorial propone como primera opción la vía endotraqueal o la vía IO. En 1995 se empezó a plantear la posibilidad de emplear esta vía en niños por su alta tasa de éxito. En la actualidad, tanto la American Heart Association (AHA) en sus recomendaciones sobre soporte vital avanzado pediátrico, como la European Resuscitation Council (ERC), consideran la vía IO como segundo método de elección para el acceso vascular en caso de fallo de la vía intravenosa (IV) y siempre antes que la vía endotraqueal. (2,3)

Podemos encontrar varios dispositivos entre los que destacan tres por su uso más extendido para la canalización IO. El más común y utilizado es el sistema Arrow EZ-IO, un taladro que presenta una aguja en su zona distal permitiendo

penetrar en el canal medular. En función del tipo de paciente y su peso se debe colocar una aguja de 15mm, 25mm o 45mm. Otro dispositivo empleado es la pistola de inyección ósea más conocida como Bone Injection Gun (BIG). Por último, tenemos el dispositivo FAST1 empleado principalmente para el esternón. Se trata de un dispositivo de un solo uso muy útil en accidentes de múltiples víctimas. Otro dispositivo manual menos habitual es la aguja tipo Dieckmann o aguja tipo Jamshidi biselada. Presenta una empuñadura para ejercer presión y unas aletas que permiten extraer el fiador una vez canalizada. Aunque se encuentra ya en desuso. (4)



Figura 1. Diferentes dispositivos de acceso IO.

En cuanto a los lugares de inserción, en el paciente adulto podemos considerar:

- La tibia proximal: Se debe colocar la pierna estirada y puncionar 2-3 cm por debajo de la tuberosidad tibial en la zona medial. La aguja debe seguir un ángulo de 90° y por el grosor del hueso se debe emplear un dispositivo eléctrico como el taladro.
- El húmero proximal: Se debe realizar una rotación interna para palpar la cabeza, para ello se coloca el brazo en aducción y la palma en pronación y se inserta en un ángulo de 45° con una aguja más larga, de 45 mm. Tiene como principal ventaja que se encuentra más próxima a la circulación central siendo clave en situaciones de shock o parada cardiorrespiratoria.
- Tibia distal: Indicada en pacientes obesos. Se localiza 3 cm proximal a la parte más prominente del maléolo interno o medio.
- Esternón: Empleado antiguamente en conflictos bélicos. Actualmente se inserta a través del sistema FAST1. (5)

Uno de los beneficios que presenta la vía IO es la rapidez y sencillez con la que se obtiene este acceso, independientemente del lugar de inserción y de la

situación fisiopatológica del paciente. Permite obtener muestras sanguíneas y proporciona seguridad al ser una vía no colapsable en situaciones de shock o PCR entre otros, resultando relativamente fácil localizar los puntos anatómicos donde se ha de puncionar. Además, en los últimos años se han desarrollado kits de vía intraósea que facilitan aún más todo este proceso. Otro beneficio importante es que no hace falta modificar las dosis de fármacos como ocurre con la vía endotraqueal, ya que son absorbidos en su totalidad por el parénquima óseo. (6)

Otro factor a tener en cuenta son las contraindicaciones que existen y que imposibilitan la colocación de este acceso. Aquí debemos diferenciar las absolutas, es el caso de infecciones, fracturas completas, presencia de prótesis, si ha habido una punción en el mismo hueso 24 horas antes o la inserción en extremidades inferiores en pacientes con traumatismo abdominal grave, y las relativas, tales como osteomielitis, osteoporosis, tumores óseos, quemaduras profundas y posibles interrupciones en el hueso. En estos últimos casos se debe valorar el riesgo-beneficio que provocaría la implantación de un acceso IO. Como punto negativo, resaltar que nunca pueden estar colocados más de 24 horas, tan pronto como sea posible se debe canalizar una vía intravenosa. En casos excepcionales en los que esto no fuera posible, su utilización se puede extender hasta las 48 horas. Del mismo modo se necesita cierta formación teórica y práctica por parte de los profesionales de enfermería que lo utilicen en su día a día. (7)

A la hora de canalizar una vía, se debe tener en cuenta la vía IO, un acceso vascular indicado tanto en niños (pediátricos, neonatos) como en adultos, que permite la administración de líquidos y fármacos de forma rápida y eficaz suponiendo una gran alternativa frente a la tradicional vía IV. No obstante, todavía existen ciertas dudas sobre la administración de ciertos fármacos, soluciones hipertónicas o hemoderivados en este tipo de pacientes y los niveles alcanzados en sangre. Ha de ser considerada en situaciones en las que se necesite actuar con la mayor brevedad posible. Las guías establecidas en 2021 por la ERC indican la colocación de la vía IO en adultos tras 3 intentos fallidos a la hora de canalizar una vía IV o tras más de 90 segundos en adultos. (8)

Se trata de un proceso doloroso valorado a través de la escala visual analógica (EVA). El proceso de administrar cualquier tipo de líquido a través de esta vía sin lidocaína se estima en un dolor de 7-8 puntos sobre 10 mientras que la implantación IO a través del sistema EZ-IO y la infusión de la medicación oportuna habiendo administrado previamente lidocaína, se estima en un dolor de 2-3 puntos sobre 10 en la escala EVA. Es por ello que se debe administrar lidocaína al 2% antes y después de administrar un bolo de suero salino para comprobar que está bien colocada. Esto se llevará a cabo en situaciones en las que el paciente esté consciente y siempre que la situación y el estado clínico del paciente lo permita. (9)

Es importante también conocer la estructura ósea con el fin de dominar el funcionamiento de este tipo de accesos, conociendo así su mecanismo de acción. La cavidad medular de los huesos largos como la tibia o el fémur está compuesta por una red de capilares sinusoides que drenan al seno venoso central, el cual comunica con el torrente sanguíneo, permitiendo así, el paso de cualquier líquido/fármaco a la sangre con la misma rapidez que la vía IV. (10)

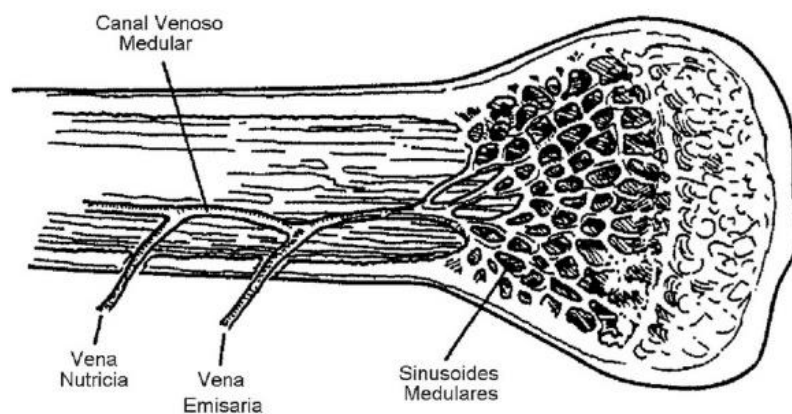


Figura 2. Representación de la estructura ósea

2. JUSTIFICACIÓN

En el día a día de un profesional de Enfermería se suceden diversas situaciones, tanto intrahospitalarias como extrahospitalarias, en las que se requiere la canalización de un acceso vascular con la mayor eficiencia y rapidez posible. En muchas ocasiones resulta difícil establecer un acceso venoso ya sea por colapso circulatorio o por haber sufrido algún tipo de complicación que pueda llegar a comprometer la vida como es el caso de una situación de shock, por lo que se ha de tener en cuenta otras alternativas como la vía IO.

Con esta revisión sistemática se pretende comparar la primera vía de elección, como es la vía IV y la segunda, como es la vía IO, ante una situación que requiere de la canalización de un acceso vascular. Para ello se va a dar a conocer el tipo de fármacos que podemos administrar, los flujos y volúmenes que contempla, los diferentes dispositivos empleados en diversos sitios de inserción, las complicaciones resultantes de todo este proceso y los cuidados de enfermería.

Sin embargo, pese a tener numerosos estudios y una evidencia científica firme y contrastada, sigue siendo una técnica poco utilizada en nuestro país, en gran parte por el desconocimiento y la falta de formación del personal. Una solución a este problema sería la implantación de cursos y/o talleres prácticos de forma rutinaria en los distintos centros de atención sanitaria de la nación. Incluso parte de los profesionales no lo contemplan como una intervención propia de enfermería pese a estar recogida en el NNNConsult, Nursing Interventions Classification (NIC) [2303]: Administración de medicación: intraósea: "Inserción de una aguja a través de la cortical ósea, en la cavidad medular, para la administración urgente de líquidos, sangre o medicamentos, en un corto período de tiempo".

En lo profesional este trabajo supone un recurso importante con el que se pretende dar a conocer un acceso vascular alternativo con el que poder afrontar diversas situaciones urgentes o emergentes, en las que la canalización venosa se hace dificultosa o inviable.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Para la elaboración de esta revisión sistemática se tiene en cuenta un problema que se presenta con mucha frecuencia en el ámbito sanitario. Por ello, tras valorar el tema, se ha realizado la siguiente pregunta de investigación:

¿Se puede infundir a través de la vía intraósea todo tipo de fármacos y fluidos en adultos en una situación de urgencia y emergencia?

Tabla 1. Esquema PICO.

P	Paciente	Aquellas personas adultas que se encuentran en situación de urgencia y/o emergencia que requieren de un acceso vascular para administrar medicación y es imposible canalizar una vía intravenosa.
I	Intervención	Infundir medicación a través de un acceso intraóseo en situaciones en las que se requiera una actuación rápida, tras no lograr un acceso intravenoso en 3 intentos o 90 segundos.
C	Comparación	Adultos a los que se les canaliza una vía intravenosa en una situación de urgencia y/o emergencia.
O	Resultado	Obtener un acceso vascular alternativo en caso de que se dificulte el acceso por vía endovenosa para poder administrar el tratamiento oportuno.

4. OBJETIVOS

Objetivo General: Identificar los distintos fármacos, fluidos y hemoderivados que se pueden administrar y aquellos que no, a través de la vía IO, en una situación que suponga una urgencia y/o emergencia para la vida del paciente, así como, sus potenciales complicaciones.

Objetivos específicos

- Comparar la vía IV y la vía IO en cuanto a la administración de líquidos y farmacoterapia.
- Describir localizaciones anatómicas de canalización de la vía IO definiendo posibles contraindicaciones que podemos encontrar.
- Reflexionar sobre la eficacia de este método de canalización.
- Conocer posibles complicaciones de la vía IO y cómo evitarlas.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Diseño

El presente trabajo de fin de grado (TFG), desarrolla una revisión sistemática elaborada a través de la búsqueda de artículos en diferentes bases de datos cuyo objetivo es dar respuesta a la pregunta PICO planteada junto con los objetivos generales y específicos, descritos con anterioridad. Esta búsqueda se ha llevado a cabo entre el 20 de Diciembre y el 15 de Mayo de 2024.

5.2 Estrategia de búsqueda

Con el objetivo de asegurar la evidencia y la calidad de los documentos seleccionados, se han consultado las siguientes fuentes bibliográficas o bases de datos de carácter científico: Pubmed, Scielo, Elsevier, Cinahl y Google Scholar.

Para la realización de la búsqueda bibliográfica y su posterior recogida de datos se utilizaron Medical Subject Headings (MeSH) con sus correspondientes Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS), recogidos en la tabla 2.

Además, se empleó el operador booleano AND con el fin de incluir ambos conceptos en los artículos, en este caso acceso intraóseo y medicación e intraósea y hemoderivados.

Las palabras clave empleadas en la búsqueda fueron las siguientes:

Tabla 2. Términos DeCS y MeSH empleados en esta revisión.

MeSH	DeCS
<i>Intraosseous</i>	Intraósea
<i>Access intraosseous and medication</i>	Acceso intraóseo y medicación
<i>Intraosseous administration</i>	Administración intraósea
<i>Access intraosseous</i>	Acceso intraóseo

<i>Intraosseous and blood products</i>	Intraósea y hemoderivados
<i>Intraosseous pharmacology</i>	Farmacología intraósea

Para completar la búsqueda y poder identificar otros artículos reseñables, se consultaron otras páginas adicionales como el Portal de Salud de la Junta de Castilla y León, la AHA y la ERC.

5.3 Estrategia de selección

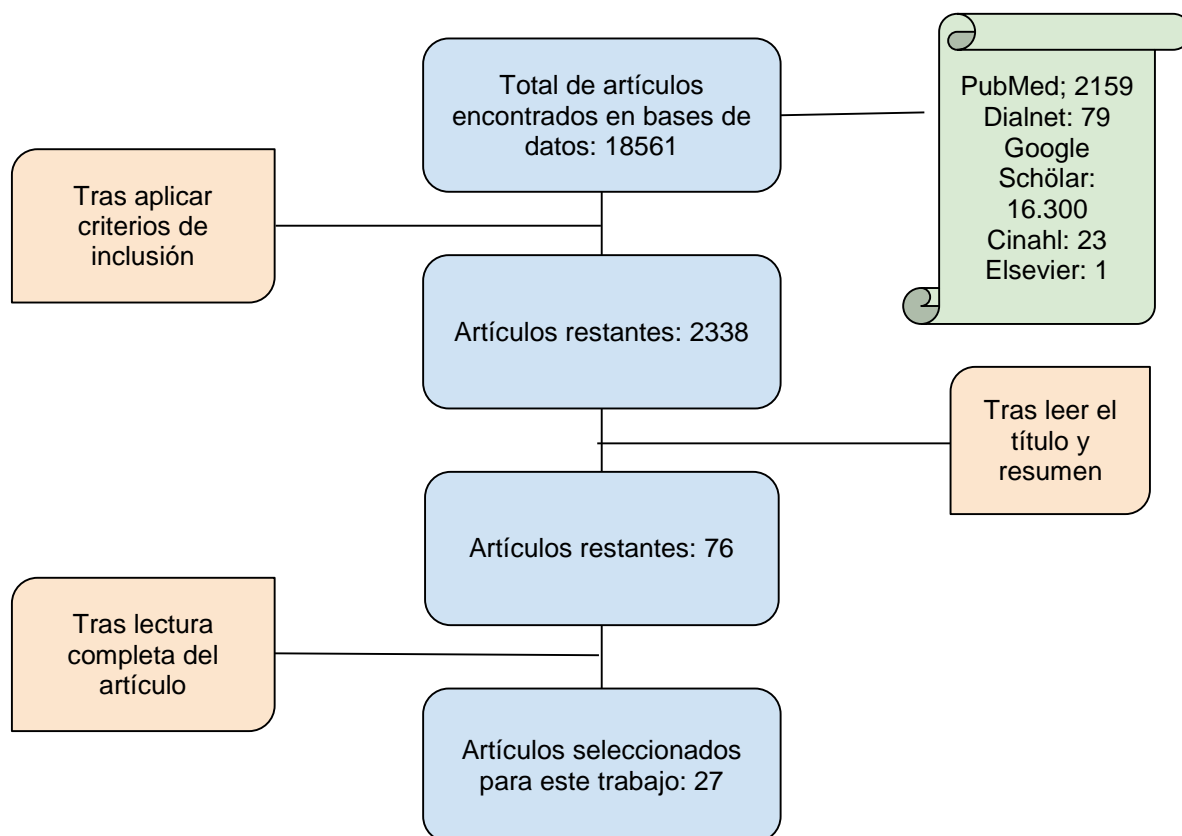
Para delimitar la búsqueda y acotar el número de artículos con el que se ha trabajado se han determinado una serie de criterios de inclusión y exclusión expuestos a continuación.

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión empleados en la búsqueda de artículos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Artículos cuya publicación haya sido en los últimos 5 años.	Artículos que no se pueda acceder de forma gratuita.
Con texto completo y gratis.	Artículos repetidos.
Idioma: Inglés o castellano	Artículos cuyo idioma difiere del inglés o castellano.
Artículos cuyo evidencia científica haya sido probada en humanos y/o animales.	Artículos cuya fecha de publicación sea superior a 5 años.

A continuación, se desarrolla a través del diagrama de flujo el procedimiento de elección de los artículos, en los que se ha ido seleccionando los artículos más idóneos tras aplicar los criterios de inclusión, tras leer el título y resumen del artículo y tras realizar una lectura completa del artículo. A partir de ahí, se ha llevado a cabo la exposición, discusión y posterior conclusión de la información obtenida en cada uno de esos artículos restantes.

Figura 3. Diagrama de flujo del método de investigación.



Se ha seleccionado un único artículo en Google Scholar en relación con los hemoderivados el que se usaron todos los criterios de inclusión anteriores salvo la fecha de publicación, que data de 2008, por la importancia que requería para esta revisión sistemática. Además, el artículo recogido de la base de datos de Elsevier y publicado en 2013 ha sido seleccionado fuera de los criterios de inclusión establecidos por su contenido. A mayores, se ha incluido la página web de Teleflex, que trata sobre el tema del dolor y la implantación IO por el aporte de conocimientos adicionales y de interés de cara a esta revisión.

5.4 Herramientas para la evaluación de la evidencia.

Al tratarse de una revisión sistemática, para evaluar la evidencia del presente trabajo se ha empleado la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (11)

Tabla 4. Descripción y resultados de los artículos incluidos en esta revisión

AUTOR Y REFERENCIA	DISEÑO	AÑO	PRINCIPAL RESULTADO
Mas Company E, Díaz Gómez M, Castejón-de la Encina ME. (12)	Revisión sistemática	2022	Es viable administrar vía IO cristaloides, vasopresores, heparina, lidocaína, atropina, fibrinolíticos, digitálicos... alcanzando tasas de flujo elevadas. Se puede extraer muestras sanguíneas y transfundir hemoderivados.
Chiveli Palacios M. (13)	Revisión bibliográfica	2021	No se observó relación entre la experiencia laboral y el número de vías IO canalizadas. Se detectó un bajo porcentaje de profesionales con un alto conocimiento de la vía IO, su técnica y sus dispositivos. Los profesionales se encuentran en disposición de ampliar conocimientos.
Nilsson FN, Bie-Bogh S, Milling L, Hansen PM, Pedersen H, Christensen EF et al. (14)	Estudio de cohorte retrospectivo	2023	La mortalidad es superior a los 30 días en víctimas que recibieron un acceso IO en comparación con el acceso IV en una situación de paro cardiaco extrahospitalario (PCEH).
Perkins GD, Couper K. (15)	Ensayo Aleatorio	2023	Se probó que el Calcio, Noradrenalina, vasopresina y corticoides se pueden infundir vía IO y se comparó la administración de cloruro de calcio y de sodio en pacientes con PCEH, asociando el calcio a unos peores resultados.
Burgert J. (16)	Caso clínico	2009	A través de una vía IO canalizada con el taladro EZ-IO se administró plasma, expansores plasmáticos, lidocaína, morfina y adrenalina.
Lawson T, Hussein O, Nasir M, Hinduja A, Torbey MT. (17)	Serie de casos prospectivos	2019	Se administró solución hipertónica (HTS) al 3% en pacientes con lesiones cerebrales agudas a través del húmero proximal y de la tibia proximal. Se alcanzaron niveles séricos de sodio adecuados prestando especial atención al efecto depósito.
Rittblat M, Gavish L, Tsur AM, Gelikas S, Benov A, Shlaifer A. (18)	Revisión sistemática	2022	La consistencia del plasma fresco liofilizado provocó complicaciones en un 73% de las víctimas que lo recibieron vía IO por la consistencia del producto.
Krähling H, Masthoff M, Schwindt W, Stracke CP, Schindler P. (19)	Caso clínico	2021	Se comprobó cómo se puede administrar el mismo caudal de medios de contraste inyectados de forma eléctrica vía IO en comparación con la vía IV para la realización de la tomografía computarizada.

Mastenbrook J, Zamihovsky R, Brunken N, Olsen T. (20)	Reporte de un caso	2021	La hidroxocobalamina se administró con éxito a través de una vía IO en un paciente que sufrió una intoxicación por humo. Se produjo la inhalación de cianuro que se revirtió con este antídoto.
Kang JH, Ko YT. (21)	Revisión sistemática	2023	Para que los fármacos alcancen el cerebro y atraviesen la barrera hematoencefálica (BHE), se ha diseñado un dispositivo que se implanta en la zona parietal de los ratones tras producirse un adelgazamiento e introducir una cánula guía para introducir una sonda de microdiálisis. Se administraron antipsicóticos, fármacos contra el Alzheimer, agentes anticancerígenos y productos biológicos para neuroprotectores.
Hooper A, Nolan JP, Rees N, Walker A, Perkins GD, Couper K.(22)	Estudio observacional	2022	Compara la vía IO e IV y atribuye una mayor de tasa de éxito y por la tanto la capacidad de administrar antes la medicación necesaria a la vía IO. Aunque la ROSC fue similar con ambos accesos.
Laney J, Friedman J, Fisher A.(23)	Revisión sistemática	2021	Recomienda el uso de la vía IO esternal para principiantes, si se requieren mayores tasas de flujo o si se prevé la administración de fármacos de carácter liposoluble.
Vallentin MF, Granfeldt A, Meilandt C, Povlsen AL, Sindberg B,Holmberg MJ et al. (24)	Ensayo Clínico Aleatorizado	2021	En pacientes con PCEH en los que se valoró la administración de Calcio IV o IO, se vio como no lograban la recuperación de la circulación espontánea (ROSC) antes que aquellos a los que se les administraba solución salina. Este estudio no respalda la administración de calcio.
Wang D, Deng L, Zhang R, Zhou Y, Zeng J, Jiang H. (25)	Revisión sistemática	2023	En pacientes traumatizados se produce una situación de shock grave e hipotensión, por lo que el acceso IO es idóneo para llevar a cabo el tratamiento con la mayor rapidez posible.
Miller C, Nardelli P, Hell T, Glodny B, Putzer G, Paal P. (26)	Revisión sistemática	2024	En adultos no existen diferencias en cuanto al sexo para la inserción IO de modo que la longitud de la aguja deberá basarse en el grosor de la cubierta de tejido blando y en el peso.
Mora Fernández M, Guerrero Fuertes P, Collados Pérez-Hiraldó MP, Alastrué Nuñez E, Esteban Lezcano A, García Tovar M. (27)	Revisión sistemática	2023	Se puede canalizar una vía IO en menos de 60 segundos, se produce una disminución del riesgo de infección y del dolor en comparación con el catéter venoso central (CVC) y mantiene la condición de vena no colapsable siendo útil en situaciones de compromiso vital.

Desai KK, Mann AJ, Azar F, Lottenberg L, Borrego R.(28)	Reporte de un caso	2023	Una de las complicaciones más graves de la vía IO es el síndrome compartimental. En este caso se tuvo que realizar una fasciotomía de liberación por mala colocación.
Cabañero Molina E, Madrigal Herrero P, Cuesta Brasero I, Martínez Banegas MD.(29)	Revisión sistemática	2020	El acceso IO presenta una biodisponibilidad similar a la vía IV. El sistema EZ-IO permite infundir fluidos de reanimación y anestésicos que alcanzan la circulación central de forma rápida y eficaz.
Valero Barrios S, Prieto Giménez C, Del Alba Gálvez Romero M, Casado Huerta J, Hernandez Loscertales P, Pablo Romero I.(30)	Revisión bibliográfica	2020	Con el taladro EZ-IO, un tercio de las infusiones presenta un flujo deficiente y requiere de un presurizador mientras que con el dispositivo FAST, el flujo fue adecuado, pero hubo fallo por parte del personal. Se debe aplicar una presión de 300 mm Hg para alcanzar una velocidad de flujo de 129 ml/min.

6. RESULTADOS

La AHA, ERC y la International Liaison Committee On Resuscitation recomiendan el uso de la vía IO en situaciones en las que resulta imposible canalizar una vía venosa tras 3 intentos fallidos o durante más de 90 minutos, en el caso de los adultos. El ERC afirma que se trata de la segunda vía de elección ante una situación de emergencia por delante incluso del catéter venoso central. (12,13)

6.1 FARMACOTERAPIA IO

Tras el estudio llevado a cabo por Mader TJ, Coute RA, Kellogg AR y Harris JL en el que se analizó la vía IO en animales porcinos, se observó cómo ante una situación de fibrilación ventricular que requería de reanimación durante más tiempo, se necesitaba una dosis más alta de adrenalina IO para alcanzar unos valores de presión de perfusión coronaria adecuados, evidenciando que la adrenalina IO no alcanza las mismas concentraciones que la vía IV. Se informó de diferencias en las concentraciones séricas alcanzadas por parte de ambas vías, siendo menor en la vía IO. (14)

Ante pacientes que sufren un paro cardíaco, el uso de vasopresores se vuelve fundamental. Por ello se ha visto cómo se pueden infundir tanto por vía IV como por vía IO fármacos como el calcio con efecto inotrópico y vasopresor, la noradrenalina, la vasopresina, los corticoides y la adrenalina. Además, Vallentin MF valoró la administración de 5 mmol de cloruro de calcio frente a 9 mg/ml de cloruro de sodio a través de un bolo rápido, tras infundir la primera dosis de adrenalina en pacientes con paro cardíaco extrahospitalario (PCEH). No se encontraron diferencias en cuanto a la recuperación de la circulación espontánea y a la supervivencia a los 30 días. (15)

Mas Company Elia, Díaz Gómez M, Castejón-de la Encina ME en un estudio realizado en 2022 describen como a través de la vía IO se pueden administrar fluidos cristaloides en pacientes críticos para la reposición de líquidos, infundir transfusiones sanguíneas sin producirse un aumento de la hemólisis y/o deterioro de los glóbulos rojos, aunque el tiempo de infusión puede ser mayor y

permite la extracción de analíticas para valorar parámetros como el hematocrito o iones tales como potasio, calcio, magnesio o sodio. Se ha demostrado como fármacos como la adrenalina, dopamina, dobutamina, adenosina, digoxina, heparina, lidocaína, bicarbonato sódico y relajantes musculares necesitan las mismas dosis que para la vía IV y alcanzan niveles plasmáticos similares. Igualmente, existe cierta evidencia para el uso de insulina IO en pacientes con cetoacidosis diabética logrando una mejora de la hiperglucemia y de la acidosis metabólica correspondiente. Se trata de una situación donde se produce una deshidratación brusca junto con una mala perfusión periférica por lo que la vía óptima sería la IO. (12)

Burgert J. en 2009 ya describe el uso y administración de fármacos en el caso de un paciente en situación de shock hemorrágico. En este caso, se decidió canalizar una vía IO en la tibia proximal con el taladro EZ-IO antes que un catéter venoso central. Primeramente y teniendo en cuenta el dolor que produce su implantación, se administró lidocaína al 1%, se pasó 10 ml de suero salino estéril y se volvió a pasar lidocaína al 1%, haciendo desaparecer ese dolor. Después, se administraron 500 ml de Hetastarch (un expansor plasmático coloidal para prevenir la hipovolemia) en un plazo de cinco minutos, con una bolsa de presión de 300 mm Hg, 50 microgramos de adrenalina que aumentaron su presión arterial sistólica a 90 mm Hg, un concentrado de hematíes durante seis minutos con la bolsa de presión y dos unidades de plasma fresco congelado. También se administraron líquidos cristaloides y coloides, y otros fármacos como fenilefrina (vasoconstrictor), ketamina (anestésico de acción rápida) y rocuronio (bloqueante neuromuscular). Este acceso supone una mayor capacidad de administración de líquidos, economiza tiempo y personal y permite que el éxito a la hora de canalizar posteriormente un catéter venoso central (CVC) sea superior por el volumen circulante perfundido previamente a través de la vía IO. (16)

En pacientes con lesiones cerebrales agudas, Lawson T, Hussein O, Nasir M, Hinduja A, Torbey MT. valoraron la administración de solución salina hipertónica a través de una serie de casos prospectivos. Este tipo de soluciones se emplean para disminuir el edema cerebral y minimizar el riesgo que puede existir de

producir una hernia cerebral por el aumento de la presión intracraneal. En este caso, el CVC retrasa la administración de medicación ya que tarda aproximadamente 10 minutos en colocarse y provoca complicaciones severas como neumotórax o infección del torrente sanguíneo y la vía IV no alcanza velocidades de infusión tan altas, por lo que lo ideal sería emplear un acceso IO. Se colocaron cinco vías IO en 5 pacientes, tres en el húmero proximal albergando unas tasas de flujo de 70-100 ml/minuto, y las otras 2 en la tibia proximal. Todos ellos recibieron una solución hipertónica al 3% a 25-100 ml/hora y 4 de ellos bolos a mayores de 250 ml solución hipertónica (HTS) al 3%. A través de la escala Critical-Care Pain Observation Tool se pudo observar como solo uno de esos pacientes tuvo dolor transcurridas 18 horas mientras que, por otro lado, los niveles séricos de sodio aumentaron en rangos normales tras administrar HTS al 3%. (17)

Otro componente empleado en este caso por las fuerzas de defensa israelíes fue el plasma liofilizado (FDP). Se trata del primer estudio en el que se evalúa el FDP vía IO. Ante cualquier paciente con síntomas de shock hemorrágico grave (taquicardia, hipotensión y ausencia de pulso radial) se administra ácido tranexámico (antifibrinolítico) y una unidad de FDP. Rittblat M, Gavish L, Tsur AM, Gelikas S, Benov A, Shlaifer A. realizaron una revisión sistemática en la que observaron como el equipo médico israelí atendió a 7223 víctimas, de las cuales 1744 recibieron acceso IV y 87 recibieron el acceso IO. El 77% de esos 87 heridos recibieron con éxito esta vía y solo en 15 casos se infundió FDP. De esos 15 casos 11, sufrieron complicaciones tras su administración, entre ellas la dificultad de proporcionar un flujo suficiente, debido a la consistencia del compuesto que requería aplicar una presión activa con jeringa. Este producto se reconstituye con 200 ml de agua estéril y se mezcla hasta que se disuelve con el polvo. Además, se administra desde un frasco de vidrio con una velocidad de infusión determinada por la gravedad con respecto a la altura del frasco. (18)

En el caso de accidentes cerebrovasculares, a veces se necesita realizar una prueba específica como es la tomografía computarizada (TC) con el objetivo de descartar un infarto o una hemorragia cerebral en pacientes que presentan una sintomatología neurológica aguda. Krähling H, Masthoff M, Schwindt W, Stracke

CP, Schindler P. en 2021 analizaron la administración de medios de contraste vía IO para poder realizar dicha prueba. El sujeto empleado para valorar esta infusión fue un varón que acudió a urgencias por una pérdida de conocimiento, con una escala de coma de Glasgow de 6, una hipoglucemia aguda que no recupera tras administrar glucosa, con anisocoria y que requiere de intubación. Se administraron medios de contraste, cuya cantidad y caudal fueron idénticos a los medios de contraste inyectados vía IV. No se produjeron efectos adversos y se obtuvo una imagen de alta calidad. Se evidenció que la vía IO es óptima para exámenes de TC neurológicos admitiendo altos caudales de hasta 5 ml por segundo a través de un inyector eléctrico. Antes de realizar la prueba es aconsejable realizar TC con dosis bajas para confirmar la colocación correcta dentro de la cavidad medular. Las complicaciones de esta administración van desde la extravasación del agente de contraste aplicado hasta embolias grasas u osteomielitis. Se puede ver como la vía IO es una opción rápida y segura para la inyección de medios de contraste ante una emergencia en la que se realiza una TC de un paciente con accidente cerebrovascular agudo (ACVA). (19)

Mastenbrook J, Zamihovsky R, Brunken N, Olsen T. describen la administración de hidroxocobalamina en un caso real de paro cardíaco en el que un herido se encontraba dentro de su casa en llamas. La inhalación de humo es la principal causa de intoxicación aguda por cianuro. La hidroxocobalamina es un precursor de la vitamina B₁₂, que se une al cianuro formando la cianocobalamina y se excreta por la orina. En este caso se obtuvo un acceso IO en la tibia y otro en el húmero y se infundieron 5 gramos de hidroxocobalamina desde el vial de vidrio en un tiempo medio de 17 minutos (la recomendación es que debe hacerse en un plazo de 15 minutos). Ya en el hospital se administró una segunda dosis de 5 gramos de hidroxocobalamina (lo normal es repetir una segunda dosis entre los 15 minutos y las 2 horas). Solo tuvo un efecto secundario conocido como fue la orina de color rojizo.

Sólo se ha registrado otro caso de administración IO de hidroxocobalamina con éxito en una niña de 9 meses. Se debe tener en cuenta que, si se aplica mucha presión, se forma espuma provocando que no se infunda la cantidad adecuada. (20)

En cuanto a la entrada de fármacos al cerebro de forma IO, el principal inconveniente que se encuentra es la barrera hemato-encefálica que presenta células endoteliales con uniones estrechas. Por ello, Kang JH, Ko YT. describieron, a través de una revisión sistemática, la implantación de un dispositivo en ratones macho en la zona parietal. Para ello se realizó un adelgazamiento del cráneo a través de una broca, anestesiando previamente con isoflurano a los roedores. Después se insertó una cánula que servía de guía para colocar un tubo de microdiálisis que se fijó con cemento. Para valorar la correcta colocación del dispositivo se aplicó verde de indocianina (un colorante con propiedades fluorescentes). La concentración cerebral de los nueve compuestos (antipsicóticos, fármacos para el Alzheimer, anticancerígenos y productos biológicos para neuroprotectores) que se administraron a través del dispositivo IO fue mayor que tras hacerlo por vía intravenosa, sugiriendo una ruta alternativa para llegar al cerebro en situaciones donde falla la vía venosa. Se pudo demostrar como la vía IO se podría utilizar para la infusión de fármacos cuya actuación requiera superar la BHE para poder desarrollar su acción a nivel del sistema nervioso central. (21)

6.2 TASAS DE ÉXITO Y SUPERVIVENCIA

Desde la publicación de las primeras pautas de reanimación en 1974, la vía IV fue el principal acceso empleado para administrar fármacos en pacientes con paro cardíaco. A lo largo de este tiempo se ha ido retirando la vía endotraqueal por su baja biodisponibilidad y la vía intramuscular por su mala absorción. En contraposición se respaldó la vía IO por primera vez en las guías de reanimación pediátrica en 1986 y posteriormente en las guías ya para adultos en 2005. En situaciones de paro cardíaco extrahospitalario (PCEH), los servicios de emergencias médicas prefieren la vía IO en la tibia proximal por tener un menor riesgo de desplazamiento y ser más fácil de percibir y localizar el punto de inserción en este tipo de situaciones. Para valorar el acceso idóneo para este tipo de situaciones se compararon la vía IO y la vía IV. Se observó cómo la tasa de éxito IO prehospitalaria es más alta que la vía IV aumentando las probabilidades de recibir adrenalina de forma más temprana. No obstante, el resultado inmediato en este caso fue la recuperación espontánea de la

circulación (ROSC) en el paro cardíaco con un resultado similar con ambos accesos. (22)

El estudio de cohorte retrospectivo realizado por Nilsson FN, Bie-Bogh S, Milling L, Hansen PM, Pedersen H, Christensen EF et al. en la población danesa analizó cómo la administración intraósea de fármacos en pacientes con PCEH tiene una mortalidad a los 30 días superior y es menos propensa a restablecer la circulación en comparación con la vía IV. Tuvo como principal limitación el no conocer si la vía intraósea fue empleada como primera opción o tras haber intentado la vía endovenosa. Pese a ello, las directrices sobre reanimación indican que se debe emplear la misma dosis en ambas vías independientemente del sitio de inserción. (14)

En cuanto al ROSC, Burgert JM, Johnson AD, O'Sullivan JC, et al. en su ensayo clínico no apreciaron diferencias significativas tras administrar, en un modelo porcino, adrenalina, seguida de 500 ml de albúmina al 5% entre los diferentes lugares de inserción IO e IV. Las ventajas que presenta la vía IO y en este caso el esternón, es que es fácilmente identificable, admite mayores caudales de flujo y requiere una menor presión. Podría beneficiarse de la acción que supone realizar las compresiones torácicas ya que supondría que el flujo administrado, alcance antes la circulación central. En situaciones de esternotomía está totalmente contraindicada. (23)

Vallentin MF, Granfeldt A, Meilandt C, Povlsen AL, Sindberg B, Holmberg MJ et al, comparan si la administración de calcio IV o IO mejora la ROSC en una situación de PCEH. Se administraron dos dosis de 5 mmol de cloruro cálcico o solución salina. La primera dosis después de administrar adrenalina. No se produjeron diferencias en cuanto a la administración del calcio o solución salina para el ROSC en el paro cardíaco ni en la supervivencia a lo largo de 30 días. Se evidencia como tanto el cloruro cálcico como la solución salina se pueden administrar vía IO. (24)

Desde sus orígenes se ha comparado la vía IO con la vía IV. Wang D, Deng L, Zhang R, Zhou Y, Zeng J, Jiang H. en un estudio realizado en 2023 valoraron la

eficacia de este acceso en la reanimación traumática y comprobaron cómo el tiempo medio, es decir, desde que se produce la apertura del kit intraóseo hasta que se aspira médula ósea, es menor y la tasa de éxito en su colocación, mayor. Cuanto menos tiempo transcurra entre la colocación IO y la administración de los distintos fármacos, más posibilidades hay de supervivencia. Aunque el lugar más habitual es la tibia proximal, también se ha empleado el esternón por alcanzar de forma más rápida la circulación central. Sin embargo, produce bastante dolor, provoca desplazamientos del acceso y es incompatible con la reanimación cardiopulmonar. El volumen administrado varía en función del dispositivo empleado, el sitio de inserción, el tipo de medicación y las características del equipo de infusión. En referencia al caudal, demuestran que es superior en la vía IV, sin embargo, la velocidad máxima es superior en la vía IO por esa condición que presenta de no colapso. Otro factor importante en este contexto es que los pacientes que llegaban a recibir esta vía estaban gravemente enfermos. Esta vía debe tenerse en cuenta en pacientes traumáticos que se encuentran con un shock hemorrágico por la posibilidad que ofrece de reposición de líquidos de forma rápida y segura. (25)

6.3 COMPLICACIONES

Para poder administrar la farmacoterapia de forma correcta y minimizar posibles complicaciones, antes se ha de disminuir el riesgo de fallo en la colocación IO. Para ello se ha de conocer la profundidad de inserción correcta. Miller C, Nardelli P, Hell T, Glodny B, Putzer G, Paal P. examinaron a los pacientes a través de una resonancia magnética o una TC. Se midió la profundidad que poseía la cubierta de tejido blando, el hueso cortical y el hueso esponjoso en la tibia distal y proximal y en el húmero proximal y se excluyeron aquellos pacientes que poseían un índice de masa corporal mayor de 50 kg/m² considerándose obesidad extrema. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Profundidad de inserción correcta en mm en hombres y mujeres

	Tibia Proximal	Tibia Distal	Húmero proximal
HOMBRES	20,5-42	16,5-34,5	26-56,5

MUJERES	32,5-45-5	14,5-30,5	27,5-52,5
---------	-----------	-----------	-----------

Analizando el coeficiente de correlación de Pearson para ambos sexos, se obtuvo una correlación casi lineal, demostrando que no hay diferencias relevantes en cuanto al sexo. Una de las complicaciones más frecuentes es la extravasación de líquidos cuando la inserción es demasiado superficial. La correcta profundidad de inserción no guarda relación con el sexo, de modo que la longitud de la aguja debe basarse en el grosor de la cubierta de tejido blando. Además, otro aspecto importante es el grosor del hueso esponjoso (más ancho en hombres), por lo que se debe tener especial cuidado de no perforar la corteza posterior. (26)

Otra de las preocupaciones que se plantean es el llamado efecto depósito, proceso a través del cual, ciertos fármacos como la ceftriaxona, fenitoína, tobramicina y vancomicina permanecen dentro de la cavidad medular haciendo que se consigan las concentraciones máximas de forma más lenta. Sin embargo, en el estudio realizado en pacientes con lesiones cerebrales agudas, se vió como los grandes volúmenes de esta solución hipertónica ayudaron a empujar el líquido hacia la circulación sistémica evitando este efecto. (17)

En el manejo e implantación de la vía IO, las principales complicaciones que podemos observar se clasifican en mecánicas (extravasación, dificultad para penetrar en el periostio, fracturas, síndrome compartimental), infecciosas (osteomielitis, celulitis provocada por el desplazamiento, dificultad para infundir fármacos) y embolismos. (27)

Desai KK, Mann AJ, Azar F, Lottenberg L, Borrego R comentaron un caso en el que la colocación inadecuada de la vía IO en la tibia proximal de una mujer provocó una extravasación de productos sanguíneos al tejido circundante y el desarrollo de un síndrome compartimental. Se retiró el catéter y se realizó una fasciotomía medio-lateral, realizando una incisión en la fascia para liberar la presión existente, y un desbridamiento y lavado de la extremidad. Esa extravasación se asoció a la infusión de líquidos a presión, no obstante, las tasas de extravasación son similares infundiendo farmacoterapia por gravedad y a

presión. Por ello, Cabañero Molina E, Madrigal Herrero P, Cuesta Brasero I, Martínez Banegas MD destacaron la importancia de una colocación adecuada de la aguja IO. Resaltan la necesidad de comprobar la pérdida de resistencia o “pop” al ingresar en la cavidad medular, que la aguja permanece vertical al momento de la inserción, que se administran con facilidad líquidos, que se aspira sangre o médula ósea y que se administran 2 ml de suero salino sin inflamación del tejido subcutáneo. Para minimizar complicaciones se podría hacer uso del ultrasonido o Doppler para visualizar y confirmar la ubicación adecuada y ver la funcionalidad del flujo, siempre que la situación lo permita. (28,29)

6.4 FLUJO

El flujo que permite infundir la vía IO es similar a la vía IV, pero depende del calibre de la aguja, la edad del paciente, el tamaño del hueso, la colocación o no de un presurizador y el tipo de dispositivo empleado. Con el taladro EZ-IO se observó sobre todo extravasación de líquidos y la no aspiración de contenido medular, y se vio como un tercio de las infusiones tenían un flujo deficiente, por lo que necesitaban un presurizador. Con el dispositivo FAST, el principal problema fue el fallo por parte del personal que realizaba la técnica y se obtuvo un flujo adecuado en un 85% de los pacientes. Para mantener un flujo óptimo de presión en el sistema se deben alcanzar los 300 mm Hg obteniendo una velocidad de 129 ml/min. De esta forma se vence la presión dentro de la cavidad medular y se permite la entrada del fármaco de forma más sencilla. (12,29,30)

Laney J, Friedman J, Fisher A. en una revisión de la literatura en 2021 destacaron el acceso IO esternal como otra opción empleada mayoritariamente en las guerras y conflictos bélicos. En el manubrio esternal, la sangre fluye hacia la vena torácica interna que a su vez drena hacia la subclavia desembocando en la circulación central. La ventaja que presenta es que se pueden canalizar dos vías IO simultáneas en manubrio y cuerpo esternal ya que no se encuentran comunicados. Las tasas de flujo que permite esta vía en el esternón son suficientes para administrar hemoderivados y líquidos para la reanimación. Se emplea para infundir fármacos liposolubles, ante fracturas en las extremidades que imposibiliten su colocación o si se requieren altas tasas de flujo. Después se

observó cómo el caudal que admite es superior, tanto si se administra presión como si no. Bjerkvig CK, Fosse TK, Apelseth TO, et al. documentaron una prueba en humanos que permitió administrar 450 ml de sangre, sin presión y con dos dispositivos esterales durante 11 minutos respaldando las dos afirmaciones anteriores. (23)

6.5 CUIDADOS DE ENFERMERÍA

Los cuidados de Enfermería se centran en la vigilancia del lugar de punción y de la piel circundante, valorando el dolor a la palpación en dicha zona, temperatura, enrojecimiento o coloración diferente a la habitual, lo que podría ser indicativo de infección. Además, no se debe colocar apósitos oclusivos que pudieran macerar y dañar la piel, se debe comprobar constantemente la permeabilidad del catéter, heparinizando el mismo durante el traslado al hospital. En el caso de su retirada, se debe desinfectar la zona con un antiséptico y aplicar presión durante 5 minutos con una gasa estéril. (4,29)

7. DISCUSIÓN

Tras la lectura de varios artículos acerca de la vía IO se muestra evidencia de que se trata de una vía que permite administrar la misma medicación que se puede infundir de manera intravenosa, y, a mayores, permite una actuación muy rápida que puede ser fundamental, ya no solo para administrar líquidos sino para poder canalizar con posterioridad otros accesos vasculares tales como una vía IV o un CVC. El tiempo supone un factor muy valioso en estas situaciones de emergencia con riesgo vital, donde la vía IO adquiere una crucial importancia, minimizando el tiempo hasta la obtención de un acceso vascular y la tasa de complicaciones en su canalización.

La vía IO permite infundir fármacos, líquidos y fluidos empleados en situaciones de urgencia, emergencia o necesidad en caso de imposibilidad de acceso venoso, pero también permite extraer muestras sanguíneas para conocer diferentes valores analíticos (hemograma, gases venosos, iones, coagulación...), sirve para la realización de pruebas complementarias tales como una TC al permitir inyectar medios de contraste por vía IO que permitan descartar posibles patologías tiempo-dependientes o para la reposición de fluidos en situaciones de shock hipovolémico provocadas por una complicación de carácter traumático.

Varios estudios emplean el dispositivo EZ-IO, canalizando una vía IO en el húmero o tibia proximal, a través del que se administra plasma, expansores plasmáticos, hemoderivados, lidocaína, morfina, adrenalina, fluidos de reanimación y anestésicos, sin embargo Valero Barrios S, Prieto Giménez C, Del Alba Gálvez Romero M, Casado Huerta J, Hernandez, Loscertales P, Pablo Romero I. refieren como un 33% de las infusiones que se realizan con este taladro presentan un flujo deficiente necesitando de un presurizador. Para mantener un flujo óptimo se debe aplicar una presión externa de 300 mm Hg lo que permite vencer la resistencia trabecular.

Hooper A, Nolan JP, Rees N, Walker A, Perkins GD, Couper K y Nilsson FN, Bie-Bogh S, Milling L, Hansen PM et al. en sus respectivos estudios cuentan que la vía IO presenta tasas ligeramente superiores de mortalidad en el PCEH, sin

embargo, presentan un sesgo importante, y es, que se desconoce si la vía IO se eligió como primera opción, o se colocó tras intentar la vía IV, lo que podría alterar los resultados. Además, se pudo objetivar que la mortalidad en un plazo de 30 días era ligeramente superior en aquellos pacientes a los que se les canalizaba la vía IO, pero que en la ROSC no se obtuvieron diferencias significativas empleando la vía IV y la vía IO, de modo que, ambas vías presentan una eficacia similar a la hora de reanimar a un paciente.

A la hora de elegir el sitio de inserción en una situación de emergencia se muestra como el sitio más idóneo el húmero proximal por su cercanía a la circulación central, aunque se debe valorar el peso y las características del paciente, ya que, en personas obesas, la localización del punto de inserción sería más sencilla en la tibia proximal. Además, el húmero permite un ritmo de infusión más elevado. En la revisión sistemática realizada, también se menciona el esternón por su posibilidad de albergar varias vías IO a la vez, y, por tanto, aportar un mayor volumen de líquidos en poco tiempo. En esta localización se emplea el dispositivo FAST, cuyo uso está limitado en la actualidad debido a que interfiere en situaciones de paro cardíaco que requieran de compresiones torácicas. Como novedad, Kang JH, Ko YT. describen un tipo de localización intraósea en el hueso parietal de roedores. De esta forma los fármacos atraviesan la BHE y llegan al cerebro.

Se debería recalcar la importancia que tiene este recurso ante situaciones urgentes y emergentes e incidir más en la farmacoterapia que permite administrar, los sitios de inserción con sus respectivos caudales y los diferentes dispositivos. Ahondando en las contraindicaciones absolutas y relativas que se pueden presentar y las complicaciones que pudieran surgir. El conocimiento de toda esta información va a facilitar el manejo enfermero ante una vía IO.

Las complicaciones con este acceso son mínimas, siendo la extravasación de líquidos la más frecuente, provocada en su mayoría por una mala colocación de la aguja. Por ello, es importante elegir el calibre adecuado en función del peso y el grosor de tejido blando que presente el paciente. Un estudio realizado por Rittblat M, Gavish L, Tsur AM, Gelikas S, Benov A, Shlaifer A. menciona las

ventajas que pueden suponer las compresiones en un paciente con vía IO esternal para que el fármaco llegue antes a la circulación. Sin embargo, esto supone un elevado riesgo de desplazamiento de la aguja, otra dificultad muy común dentro de este acceso. Por otro lado, Lawson T, Hussein O, Nasir M, Hinduja A, Torbey MT. mencionan el efecto depósito y la posibilidad de que ciertos antibióticos como la ceftriaxona, la vancomicina o tobramicina y antiepilépticos como la fenitoína, se adhieran a la estructura ósea impidiendo alcanzar concentraciones plasmáticas adecuadas. No obstante, el hecho de administrarse en muchas ocasiones junto a líquidos de reanimación como la HTS, permite su paso de forma correcta a la circulación.

La principal limitación hallada en esta revisión sistemática ha sido la falta de evidencia científica en humanos y la escasez de estudios científicos actuales relacionados con la vía IO y su farmacoterapia.

7.1 Esquema DAFO

Tabla 6. Esquema DAFO

DEBILIDADES	FORTALEZAS
Dificultad para organizar la bibliografía por la ausencia de un gestor bibliográfico.	Amplio rango de búsqueda. Tema innovador y emergente en la actualidad.
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
Pocos estudios con evidencia científica en humanos. Escasos artículos en relación con determinados fármacos, productos sanguíneos, líquidos...	Multitud de bases de datos. Variedad en cuanto el tipo de artículos: revisiones sistemáticas, casos clínicos, estudios retrospectivos.

7.2 Implicación en la práctica clínica

La vía IO supone una ruta alternativa para administrar farmacoterapia ante patologías, muchas de ellas tiempo-dependientes.

El conocimiento de todos los fármacos disponibles para esta vía, los lugares de inserción adecuados, el flujo necesario para administrarlos, los distintos

dispositivos que nos encontramos y el manejo de los cuidados de Enfermería, posibilita realizar esta técnica de forma exitosa y fortalece la autoestima de los profesionales a la hora de optar por este acceso.

La revisión expuesta con anterioridad sirve de guía para la práctica clínica permitiendo mejorar el manejo IO a través de la ampliación de conocimientos en materia farmacológica. Supone una técnica adicional a incorporar dentro de las habilidades enfermeras y personales de cada persona.

Este TFG supone un recurso formativo importante de cara a los profesionales sanitarios, en especial aquellos que trabajan en servicios de urgencias y/o emergencias por la frecuencia con la que se presentan estas situaciones.

7.3 Futuras líneas de investigación

Tras finalizar la realización de esta revisión sistemática relacionada con la vía IO y la posibilidad de admitir distintos tipos de farmacoterapia, se pueden establecer diversas líneas de investigación de cara al futuro tales como:

- Establecer nuevos dispositivos que disminuyan las complicaciones que puedan surgir de cara a la implantación de la vía IO.
- Realizar más investigaciones en humanos para poder crear una evidencia fuerte y fiable sobre la que respaldar la administración de medicación en situaciones que requieren de una atención rápida o urgente.
- Fomentar más cursos teórico-prácticos de formación en centros socio-sanitarios para instruir a nuevos profesionales sobre el acceso IO.
- Investigar más sobre el dolor que provoca tanto su implantación como la infusión de cualquier fármaco con o sin anestésico previo. Se trata de un aspecto que forma parte de la humanización de los cuidados orientados siempre a lograr una mayor calidad en el cuidado.

8. CONCLUSIONES

En respuesta a la pregunta de investigación planteada para este TFG, se ha demostrado cómo la vía IO permite la administración de todo tipo de fármacos y fluidos en adultos en situaciones que requieren de una rápida actuación.

La vía IO nos permite administrar soluciones cristaloides y coloides, soluciones salinas hipertónicas en pacientes con lesiones cerebrales, vasopresores, medios de contraste para la realización de pruebas complementarias, antídotos como la hidroxocobalamina, calcio, plasma fresco y hemoderivados, antipsicóticos, anestésicos como la ketamina y relajantes musculares como el rocuronio entre otros. En resumen, todos aquellos fármacos que podemos administrar de manera intravenosa con la diferencia de que en ocasiones se necesita recurrir a una bolsa de presión externa que permite vencer la resistencia ósea.

Si comparamos la vía IV y la vía IO observamos cómo esta última presenta unas elevadas tasas de éxito y un menor tiempo de canalización, lo que permite infundir la medicación de manera temprana. Permite alcanzar una concentración plasmática del fármaco prácticamente similar y en un tiempo parecido. No obstante, la vía IV se asocia con unos mejores resultados en cuanto a la supervivencia, la ROSC y el estado neurológico del paciente. También resulta un factor importante el hecho de que la vía IO se coloque de forma temporal hasta un máximo de 48 horas.

Aunque podemos encontrar una gran variedad de lugares de inserción IO, los más comunes en el día a día son el húmero proximal, la tibia proximal y la tibia distal. Otras opciones son la localización esternal, empleada sobre todo en conflictos bélicos y permitiendo canalizar simultáneamente dos vías a la vez y la localización parietal que permite la infusión de fármacos atravesando la BHE. Sin embargo, debemos tener en cuenta que, si se produce una fractura del hueso donde se quiere insertar el dispositivo IO, se ha colocado otra vía IO 24 horas antes en el mismo hueso o existe una prótesis, no se recomienda el uso de la vía IO en esa localización. Por su parte, si existe alguna quemadura, infección u osteopenia se debe valorar la colocación IO en función del riesgo/beneficio que vaya a tener.

Se ha comprobado cómo a través de esta vía se han obtenido resultados favorables, como la ROSC en pacientes en situaciones de paro cardíaco o traumatismos, se han revertido niveles elevados de cianuro en una intoxicación por humo, se han administrado hemoderivados o se ha revertido una situación de cetoacidosis diabética, corroborando la eficacia de este acceso en ese tipo de situaciones. Además, permite aportar grandes volúmenes de líquidos necesarios para revertir el shock hipovolémico y poder instaurar otros accesos vasculares cuando la situación hemodinámica del paciente mejore.

La vía IO presenta como complicación más común la extravasación de líquidos, que puede llegar a desencadenar otra más grave, como es, el síndrome compartimental. Para evitarlo es importante conocer el grosor de tejido blando de cada paciente y adaptarlo a la aguja del calibre más adecuado. Otras complicaciones que pueden aparecer son, la dificultad para penetrar en el periostio, la osteomielitis y las embolias, aunque estas últimas se dan en menor magnitud.

La vía IO supone el acceso de elección ante la imposibilidad de canalizar una vía IV, permitiendo suministrar al paciente cualquier fármaco necesario para la resolución de su patología.

9. BIBLIOGRAFÍA

01. Portal de Salud de la Junta de Castilla y León. [Internet] [Citado 28 enero 2024]. Disponible en: <https://www.saludcastillayleon.es/PacientesHCUV/en/urgencias>
02. Velo Ramírez S, Pérez Dionisio M. Uso de la vía intraósea en situaciones de urgencias. Ciberrevista enfermería de urgencias. [Internet] 2018 [Citado 28 enero 2024]. (58):1-3 Disponible en: <https://web-p-ebSCOhost-com.ponton.uva.es/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=0d2b7a8d-2bd5-4308-aa25-4fcf804d28d0%40redis>
03. Rodil Díaz JA, Taboada Martínez ML. Avances de la vía intraósea. NPunto. [Internet] 2019 [Citado 28 enero 2024]. 2(10). Disponible en: <https://www.npunto.es/revista/10/avances-de-la-via-intraosea>
04. Constante Pérez P, Gómez Barranco V, Felipe Carreras E, Cristobal Sangüesa J, Leal Campillo P, Benito López C. Manejo de la vía intraósea en situaciones de urgencia. Revisión sistemática. Revista sanitaria de investigación. [Internet]. 2021 [Citado el 29 enero 2024]. Disponible en: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/manejo-de-la-via-intraosea-en-situaciones-de-urgencia-revision-sistemica/>
05. Dornhofer P, Kellar JZ. Intraosseous Vascular Access. Statpearls. [Internet] 2023 [Citado 29 enero 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554373/>
06. Manrique Martínez I, Pons Morales S, Casal Angulo C, García Aracil N, Castejón de la Encina ME. Accesos intraóseo: revisión y manejo. Asociación Nacional de Pediatría Continental. [Internet] 2013 [Citado 30 Enero 2024]. 11(3):167-73. Disponible en: [file:///Users/fer/Downloads/S1696281813701343%20\(2\).pdf](file:///Users/fer/Downloads/S1696281813701343%20(2).pdf)
07. Denardi P, Ortiz V, Bornia J, Furiasse F, Flores C Cap, Fernandez JP. Acceso vascular intraóseo: evaluación de los conocimientos anatómicos de los sitios de abordaje en profesionales de la salud. Hospital Aeronáutico Central. [Internet] 2018 [Citado 31 enero 2024]. 13(2): 117-122. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/10/1021410/acceso-vascular-intraoseo-evaluacion-de-los-conocimientos-anat_Fk260eV.pdf
08. López Peirona N, López Peirona B, Manresa Martínez T, Trueba Serrano V, Mazano Díaz L, Sofía Vatamaniuc A. Acceso vascular alternativo en urgencias. Vía intraósea. Artículo monográfico. Revista Sanitaria de Investigación. [Internet] 2023. [Citado 1 febrero 2024]. Disponible en: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/acceso-vascular-alternativo-en-urgencias-via-intraosea-articulo-monografico/>
09. Guía de bolsillo: Sistema de acceso vascular intraóseo. Arrow EZ-IO. [Internet] 2016 [Citado 2 febrero 2024]. Disponible en: https://www.teleflex.com/la/product-areas/emergency-medicine/intraosseous-access/arrow-ez-io-system/literature/EZ-IO_Pocket_Guide_ES.pdf
10. Agudo Caballero JA, Lucena Porrás B, Calero Mercado N. Utilidad y manejo de la vía intraósea en las urgencias vitales [Internet] [Citado 2 febrero 2024]. Disponible en: <http://ciberoctubre2020.enfermeriadeurgencias.com/images/11.pdf>

11. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*. [Internet] 2021 [Citado 7 febrero 2024]. 74(9):790-799. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
12. Mas Company Elia, Díaz Gómez M, Castejón-de la Encina ME. Fármacos y fluidos administrados por vía intraósea en pacientes críticos: revisión sistemática. *Revista española de urgencias y emergencias*. [Internet] 2022 [Citado 13 febrero 2024]. 1(2):97-103. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8767344>
13. Chiveli Palacios M. Conocimiento y utilización del acceso intraóseo en el personal de enfermería en urgencias. *Colegio oficial de enfermería de valencia*. [Internet]. 2021 [Citado 13 febrero 2024]. 128. Disponible en: <https://www.enfervalencia.org/ei/128/ENF-INTEG-128.pdf>
14. Nilsson FN, Bie-Bogh S, Milling L, Hansen PM, Pedersen H, Christensen EF et al. Association of intraosseous and intravenous access with patient outcome in out-of-hospital cardiac arrest. *Scientific Reports*. [Internet] 2023 [Citado 12 Marzo 2024]. 13 (20796). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48350-8>
15. Perkins GD, Couper K. Improving vasopressor use un cardiac arrest. *Critical care*. [Internet] 2023 [Citado 20 Marzo 2024]. 27(81). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04301-3>
16. Burgert J. Intraosseous infusion of blood products and epinephrine in an adult patient in hemorrhagic shock. *AANA journal*. [Internet] 2009 [Citado 27 Marzo 2024]. 7(5) Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/James-Burgert/publication/38087721_Intraosseous_infusion_of_blood_products_and_epinephrine_in_an_adult_patient_in_hemorrhagic_shock/links/53d9a2bb0cf2a19eee8803f4/Intraosseous-infusión-de-productos-sanguíneos-y-epinefrina-en-una-paciente-adulto-en-shock-hemorragico.pdf
17. Lawson T, Hussein O, Nasir M, Hinduja A, Torbey MT. Intraosseous administration of hypertonic saline in acute brain-injured patients: a prospective case series and literature review. *The neurologist*. [Internet] 2019 [Citado 27 Marzo 2024]. 24 (6): 176-179. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/nrl.0000000000000248>
18. Rittblat M, Gavish L, Tsur AM, Gelikas S, Benov A, Shlaifer A. Intraosseous administration of freeze-dried plasma in the prehospital setting. *Israel Medical Association Journal* [Internet] 2022 [Citado 29 Marzo 2024]. 24 (9): 591-595 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36168178/>
19. Krähling H, Masthoff M, Schwindt W, Stracke CP, Schindler P. Intraosseous contrast administration for emergency stroke CT. *Neuroradiology*. [Internet] 2021 [Citado 29 Marzo 2024]. 63 (6): 967–970. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00234-021-02642-w>
20. Mastenbrook J, Zamihovsky R, Brunken N, Olsen T. Intraosseous administration of hydroxocobalamin after enclosed structure fire cardiac arrest. *BMJ case reports*. [Internet] 2021 [Citado 2 Abril 2024]. 14 (3): 239523. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-239523>

21. Kang JH, Ko YT. Intraosseous administration into the skull: potential blood-brain barrier bypassing route for brain drug delivery. *Bioengineering & Translational Medicine*. [Internet] 2022 [Citado 10 Abril 2024]. 8 (2): 10424. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/btm2.10424>
22. Hooper A, Nolan JP, Rees N, Walker A, Perkins GD, Couper K. Drug routes in out-of-hospital cardiac arrest: A summary of current evidence. *Resuscitation*. [Internet] 2022 [Citado 14 Abril 2024]. 181, 70–78. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.10.015>
23. Laney J, Friedman J, Fisher A. Sternal Intraosseous Devices: Review of the literature. *Western journal of emergency medicine*. [Internet] 2021 [Citado 17 Abril 2024]. 22 (3). Disponible en: <https://doi.org/10.5811/westjem.2020.12.48939>
24. Vallentin MF, Granfeldt A, Meilandt C, Povlsen AL, Sindberg B, Holmberg MJ et al. Effect of intravenous or intraosseous Calcium vs Saline on return of spontaneous circulation in adults with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. [Internet] 2021 [Citado 17 Abril 2024]. 326(22):2268-2276. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jama.2021.20929>
25. Wang D, Deng L, Zhang R, Zhou Y, Zeng J, Jiang H. Efficacy of intraosseous access for trauma resuscitation: a systematic review and meta-analysis. *World Journal of Emergency Surgery*. [Internet] 2023 [citado 20 Abril 2024]. 18(17). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13017-023-00487-7>
26. Miller C, Nardelli P, Hell T, Glodny B, Putzer G, Paal P. Sex differences in appropriate insertion depth for intraosseous access in adults: An exploratory radiologic single-center study. *The Journal of Vascular Access*. [Internet] 2022 [Citado 20 Abril 2024]. 25(2): 461–466. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/11297298221115412>
27. Mora Fernández M, Guerrero Fuertes P, Collados Pérez-Hiraldó MP, Alastrué Núñez E, Esteban Lezcano A, García Tovar M. Eficiencia de la técnica de inserción de la vía intraósea en pacientes politraumatizados. *Revista Sanitaria de Investigación*. [Internet] 2023 [Citado 25 Abril 2024]. 4(1):2660-7085 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8806631>
28. Desai KK, Mann AJ, Azar F, Lottenberg L, Borrego R. Compartment syndrome resulting from improper intraosseous cannulation: a case report. *Cureus*. [Internet] 2023 [Citado 28 Abril 2024]. 15 (12). Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.50248>
29. Cabañero Molina E, Madrigal Herrero P, Cuesta Brasero I, Martínez Banegas MD. Acceso intraóseo. El gran aliado de la enfermería extrahospitalaria. *NPunto*. [Internet] 2020 [Citado 28 Abril 2024]. 3(27): 101-107, 2603-9680. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8231209>
30. Valero Barrios S, Prieto Giménez C, Gálvez Romero MA, Casado Huerta J, Hernandez Loscertales P, Pablo Romero I. Vía intraósea, una vía alternativa. *Revista sanitaria de investigación*. [Internet] 2023 [Citado 1 Mayo 2024]. 4(3): 2660-7085. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8908548>