



Colombian Journal of Anesthesiology

Revista Colombiana de Anestesiología

www.revcolanest.com.co

OPEN

Wolters Kluwer

Comparación de la eficacia entre un catéter convencional y un catéter comercial manual: ensayo aleatorizado de simulación de acceso intraóseo en modelo biológico

Comparison of effectiveness between a conventional catheter and a manual commercial catheter: randomized trial of simulation of intraosseous access in a biological model

Palabras clave: Infusiones Intraóseas, Ensayos Clínicos como Asunto, Dispositivos de Acceso Vascular, Cuidados críticos, Eficacia

Keywords: Infusions, Intraosseous, Clinical Trials as Topic, Vascular Access Devices, Critical Care, Efficacy

William Andrés Prada-Mancilla^a, Anaderly Gutiérrez-López^b,
Marcela Durán-Torres^c, Alejandra Valencia-Castrillón^c,
Yury Bustos-Martínez^d

^a Residente de radiología e imágenes diagnósticas, Universidad de la Sabana, Fundación universitaria del área andina, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia

^b Facultad de Enfermería, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia

^c Estudiante de Medicina, Facultad de Medicina, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia

^d Centro de Simulación Clínica, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.

Resumen

Introducción: En los servicios de urgencias una acción de primordial importancia en pacientes críticamente enfermos es obtener un acceso vascular temprano. En los casos en que no se logra obtener un acceso venoso, se debe obtener una vía intraósea, o de lo contrario la mortalidad de estos pacientes críticamente enfermos asciende casi al 100%. En Colombia no se realiza el uso del acceso intraóseo por los altos costos de los dispositivos requeridos y la falta de entrenamiento del personal de salud para dicho procedimiento.

Objetivo: Determinar la eficacia de un dispositivo de bajo costo para el acceso intraóseo.

Materiales y métodos: Enfoque cuantitativo, diseño experimental en ambiente simulado con tarso-metatarso de pollo. Se realizó un análisis mediante tablas de frecuencia y medidas de tendencia central. Así mismo, se realizaron análisis mediante el test exacto de Fisher, ji cuadrado y test de Mann Whitney.

Resultados: El 99% de los procedimientos fueron exitosos con los dos catéteres. La mediana del tiempo para el acceso intraóseo fue de 6.6 segundos con el catéter Insyte 14[®] y de 4.7 segundos con el dispositivo Din 1515x Illinois Desch[®] (p=0.001). No se

Cómo citar este artículo: Prada-Mancilla WA, Gutiérrez-López A, Durán-Torres M, Valencia-Castrillón A, Bustos-Martínez Y. Comparison of effectiveness between a conventional catheter and a manual commercial catheter: randomized trial of simulation of intraosseous access in a biological model. Colombian Journal of Anesthesiology. 2019;47:92-99.

Read the English version of this article on the journal website www.revcolanest.com.co.

Copyright © 2019 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.). Published by Wolters Kluwer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Correspondencia: Carrera 14C No. 157-41. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: wpradamancilla@gmail.com

Colombian Journal of Anesthesiology (2019) 47:2

<http://dx.doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000101>

encontraron diferencias significativas en el número de intentos para lograr un acceso intraóseo exitoso con ambos dispositivos ($p=0.56$).

Conclusiones: No existe diferencia significativa entre el catéter Ci 14 y el Di 15 para lograr un acceso intraóseo exitoso en el tarso metatarso del pollo en un ambiente simulado.

Abstract

Introduction: In the emergency services an action of paramount importance in critically ill patients is to obtain an early vascular access. When vascular access is not established, an intraosseous route should be obtained; otherwise, the mortality of these critically ill patients is almost 100%. In Colombia, the intraosseous access is not used because of the high costs of the devices and the lack of training of the healthcare staff to conduct the procedure.

Objective: To determine the efficacy of a low-cost device to establish intraosseous access.

Materials and methods: Quantitative approach, experimental design in a simulated environment with chicken tarsus and metatarsus. An analysis was conducted using frequency tables and central tendency measurements. Likewise, further analyses were done using Fisher's exact test, χ^2 , and Mann-Whitney test.

Results: 99% of the procedures were successful with both catheters. The average time for intraosseous access was 6.6 seconds with Insyte 14 catheter and 4.7 seconds with Din 1515x Illinois Desch device ($p=0.001$). There were no significant differences in the number of attempts to secure a successful intraosseous access using any of the two devices ($p=0.56$).

Conclusions: There was no significant difference between the Ci 14 and the Si 14 catheter to establish a successful intraosseous access in the chicken tarsus and metatarsus in a simulated environment.

Introducción

En Colombia las primeras tres causas de muerte son la enfermedad coronaria, el trauma y las enfermedades cerebrovasculares.¹ Cuando alguna de estas entidades se presenta en el servicio de urgencias, es primordial tener un acceso vascular periférico para la administración de medicamentos.¹⁻⁴ Sin embargo, de todos los pacientes adultos que ingresan al servicio de urgencias en estado crítico, solo en el 60% se logra obtener un acceso vascular periférico permeable en los primeros minutos,⁵ y en el escenario donde no se logra obtener un acceso vascular, la mortalidad aumenta hasta un 92%.^{4,6,7} Por esto, se ha establecido un sistema de respuesta rápida integrado por personal entrenado en accesos vasculares de alta complejidad, entre los que se encuentran los accesos intraóseos y los accesos venosos centrales.^{7,8} Esto permite lograr un mejor y más efectivo manejo para disminuir la morbimortalidad del paciente crítico.

Dado que en los servicios de urgencias no se tiene disponibilidad de dispositivos intraóseos por su alto costo,

hay necesidad de tener otras opciones terapéuticas para la administración de medicamentos en el paciente crítico, a fin de poder disminuir la mortalidad con base en la calidad de la atención en salud y con equipos de respuesta rápida.⁹

Recientemente, en el entrenamiento de estudiantes de pregrado y posgrado en la práctica docente de la Universidad del Rosario, se ha usado un catéter convencional (catéter Insyte 14) para obtener un acceso intraóseo en un modelo biológico con reparos anatómicos similares, encontrándose una eficacia favorable. Ahora bien, la comparación de la utilidad de este dispositivo convencional con la de un dispositivo manual comercial no se ha efectuado todavía en la práctica clínica. Debido al contexto del problema clínico en pacientes críticos de urgencias, el mejor método inicial para hacer esta comparación es en un ambiente simulado. Así mismo, es necesario utilizar un modelo biológico que tenga similitud con las características anatómico-morfológicas del ser humano. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo comparar la eficacia del catéter Insyte 14® (Ci14) con la del dispositivo Din 1515x Illinois Desch® (Di15), para un acceso intraóseo exitoso en un modelo biológico (Figura 1).

Materiales y métodos

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, experimental, aleatorizado, con comparación cabeza a cabeza de dos dispositivos en un modelo de tarso-metatarso de pollo, con un diseño factorial, determinándose como factores esenciales el número de procedimientos por sesión, el número de docentes y el número de procedimientos por docentes. Esta investigación se desarrolló en el centro de simulación de la Universidad del Rosario (Bogotá, Colombia). Participaron los docentes del centro de simulación, los cuales tenían al menos un año de experiencia en el área de urgencias y no presentaban ninguna limitación física para la realización de los procedimientos. Así mismo, ninguno presentó conflictos de interés con la industria farmacéutica. Los modelos biológicos utilizados fueron del tarso-metatarso del pollo, que ha sido establecido como un modelo con alta eficacia para el acceso intraóseo en ambientes simulados.¹⁰

Se realizó una sesión de homogeneización con los docentes para el uso de los dos catéteres y el manejo seguro de los modelos biológicos. Posterior a esto, se realizó un entrenamiento para los investigadores que recolectaron los datos, hasta lograr un índice de concordancia mayor del 90% para el Ci 14 y el Di 15 (0.92, IC: 0.97-0.99; 0.98, IC: 0.93-0.99), respectivamente (Tabla 1).

Se realizó un análisis descriptivo donde se establecieron las medidas de tendencia central para las variables cuantitativas (tiempo de punción y número de intentos), y tablas de frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. Para el caso especial de las variables cuantitativas de tiempo de punción y número de intentos,

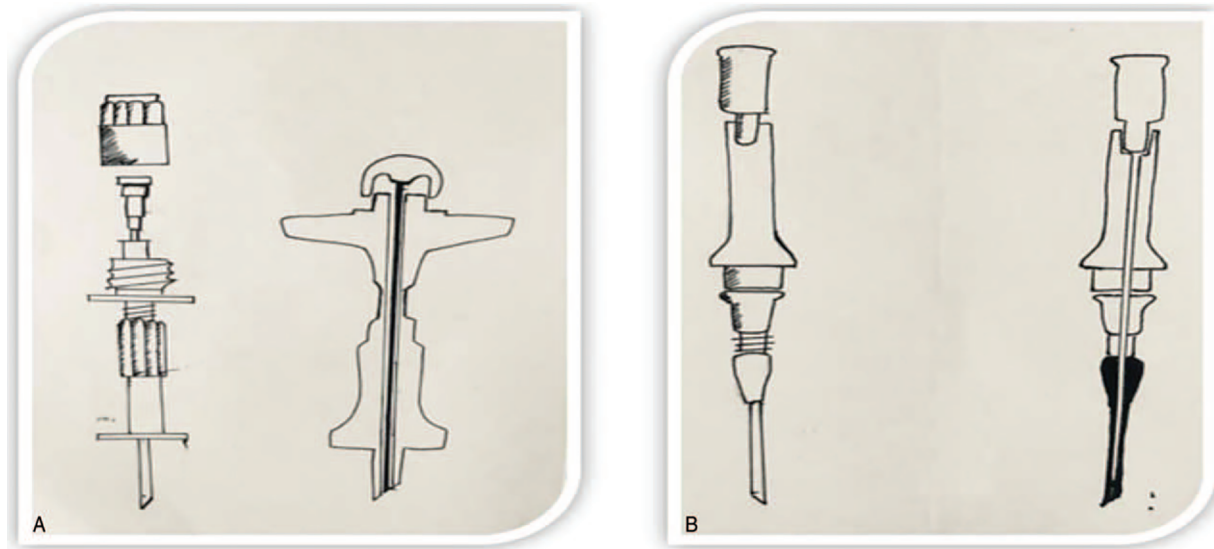


Figura 1. Esquema comparativo entre el Di 15 y el Ci 14. a) Catéter Di 15, dispositivo completo y corte coronal; b) catéter Ci 14, dispositivo completo y corte coronal.

Fuente: Autores.

se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para definir su distribución. El resultado de estas pruebas arrojó una distribución no normal, por lo que se presentaron las medidas de tendencia central de mediana e índices intercuantiles. Por otro lado, el análisis de muestras relacionadas se determinó por medio de la prueba de χ^2 de Mc Nemar asintótica para las variables de eficacia al primer intento y eficacia final, mientras que para las variables cuantitativas, como el número de intentos y el tiempo de punción, se realizó la prueba asintótica de rangos de Wilcoxon.

Se estableció, de acuerdo al artículo 11 de la Resolución 8430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que esta investigación se considera de riesgo mínimo; por ello, el proyecto fue expuesto en el comité de ética del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, donde se aprobó su realización mediante el acta No. 320, el 20 de junio de 2016. Los docentes que participaron en la investigación tenían, en su totalidad, cubrimiento de ARL, por lo que se garantizó el pago de los servicios asistenciales y las prestaciones económicas que determina la ley. Estos servicios debían ser ilimitados y tenían como propósito la rehabilitación y recuperación de los trabajadores, en caso de presentarse algún evento adverso. Todos

los docentes participantes firmaron el consentimiento informado. Así mismo, los modelos biológicos fueron obtenidos de un proveedor industrial, con el debido permiso sanitario expedido por la Secretaría de Salud y aprobado por el comité de ética.

Resultados

Desenlaces primarios

Para esta investigación se obtuvo el consentimiento informado de los cinco docentes invitados a participar. En cuanto a los modelos biológicos (tarso-metatarso de pollo), se obtuvieron 134, de los que se excluyeron 34 por presentar fracturas óseas. Así las cosas, se incluyeron 100 modelos en los cuales se realizó la punción con ambos catéteres de forma distal y proximal. En el seguimiento en minutos durante la realización del procedimiento intraóseo, no se excluyó ningún modelo, por lo cual se analizaron cien procedimientos con cada catéter asignado aleatoriamente (Figura 2).

Cuatro de los cinco docentes que realizaron los procedimientos fueron hombres. Así mismo, la mayoría de los docentes tenían entre 30 y 39 años, con más de dos años de experiencia clínica en el servicio de urgencias. Se encontró que solo dos de ellos tenían especialidad clínico-quirúrgica, al ser docentes especialistas en medicina de emergencias. La lateralidad de los docentes fue, en su totalidad, del lado derecho (Tabla 2).

Para lograr el éxito del acceso intraóseo se requirió de un solo intento en el 92% de los casos con ambos catéteres, mientras que la eficacia final permitida (menos de tres intentos) se produjo en casi la totalidad de los casos con los dos catéteres. En cuanto a los procedimientos, se encontró que solo uno de los realizados por los docentes se hizo con técnica inadecuada, siendo fallido con más de

Tabla 1. Comparaciones técnicas de los dos catéteres (2.5).

Catéter	Diámetro (G)	Punta	Flujo teórico (mL/min)	Reutilización
Di 15	14	Trocar piramidal	330	No
Ci 14	14	Biselada 35°	330	No

Fuente: Autores.

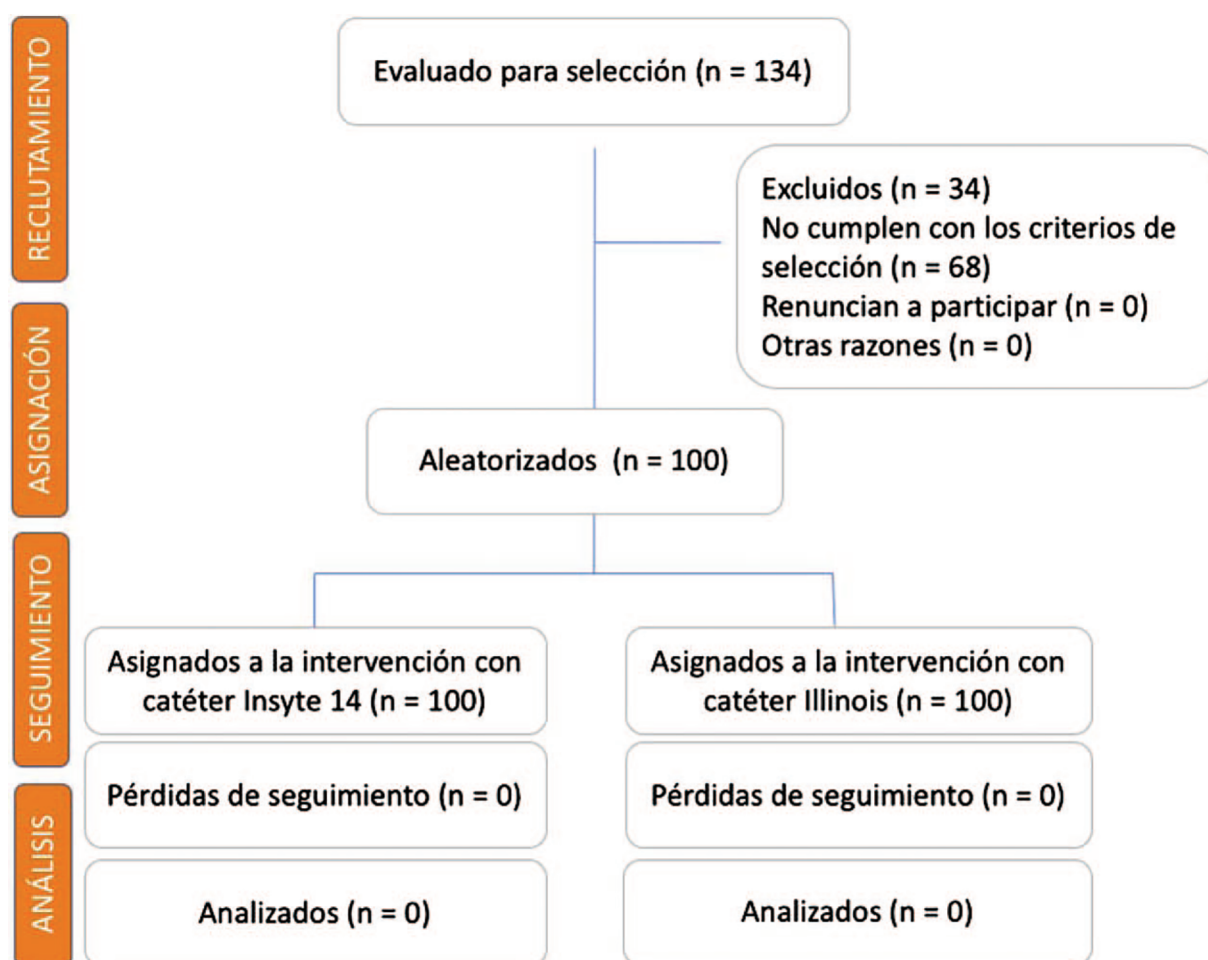


Figura 2. Diagrama de flujo del progreso a través de las fases de desarrollo del estudio.
Fuente: Autores.

tres intentos de punción (Tabla 3). El éxito del acceso intraóseo fue igual con los dos catéteres tanto en el primer intento como en el número de intentos finales permitidos (menores de 3) ($p=1$, $p=1$, respectivamente) (Figura 3). Por otro lado, la lateralidad del docente, tipo de especialidad, años de experiencia y complicaciones presentan asociación con la eficacia del procedimiento ($p=0.16$); es decir que realizar un acceso intraóseo exitoso en el tarso metatarso del pollo no depende del tipo de especialidad del docente, así como de los años de experiencia, siempre y cuando se tenga una técnica adecuada. Para las variables de sexo, edad y si el docente presentaba especialidad clínico-quirúrgica o no, se encontró que ninguna presenta asociación con la eficacia del procedimiento ($p=0.18$); es decir que el éxito del acceso intraóseo no depende del sexo ni de la edad del docente, ni tampoco de si el docente tiene una especialidad clínico-quirúrgica o no, siempre y cuando tenga experiencia clínica de al menos dos años en el área de urgencias.

Desenlaces secundarios

Tiempo de acceso intraóseo y número de intentos según dispositivo de punción. La mediana del tiempo para la obtención de un acceso intraóseo exitoso con el Di 15 fue

de 4.7 segundos, y para el Ci 14 fue de 6.6 segundos, encontrándose una disminución significativa de aproximadamente dos segundos en la obtención del acceso con el Di 15 ($p=0.001$). En cuanto al número de intentos, la mediana de los dos catéteres fue de un intento de punción para lograr el acceso intraóseo, por lo que el número de intentos necesarios para lograr el acceso exitoso en el tarso-metatarso del pollo fue igual con los dos dispositivos ($p=0.56$). (Tabla 4).

Complicaciones. En la obtención del acceso intraóseo en los modelos biológicos (tarso-metatarso de pollo) por parte de los docentes del centro de simulación, no se presentaron complicaciones en más del 90% de los casos; y cuando se presentaron, la mayor de ellas fue la extravasación en ocho procedimientos con el Di 15 y en cuatro con el Ci 14, siendo esta diferencia no significativa ($p=0.13$). El taponamiento del dispositivo se presentó en tan solo el 1% de los procedimientos, encontrándose solo en el Ci 14 (Tabla 3).

Discusión

En esta investigación se aclara, en principio, que la mayoría de los procedimientos fueron efectuados por

Tabla 2. Características sociales y demográficas según el tipo de dispositivo con el que se realizó el procedimiento intraóseo.

	Ci 14 Número de procedimientos	Di 15 Número de procedimientos
Sexo del docente		
Femenino	20	20
Masculino	80	80
Edad del docente en años cumplidos		
20 a 29	20	20
30 a 39	60	60
40 a 49	20	20
Lateralidad del docente		
Zurdo	0	0
Diestro	100	100
Ambidiestro	0	0
Años de experiencia sin incluir formación académica		
Menor de 1 año	0	0
1 a 2 años	0	0
2 a 3 años	20	20
4 a 5 años	20	20
Mayor de 5 años	60	60
Especialidad clínico-quirúrgica		
No	60	60
Sí	40	40
Tipo de especialidad		
Medicina general	40	40
Medicina de emergencias	40	40
Anestesiología	0	0
Administrativa	20	20

Fuente: Autores.

hombres, personal docente sin especialidad clínico-quirúrgica y con lateralidad derecha en su totalidad, sin limitaciones físicas para su realización. Como desenlace primario, no se encontró diferencia significativa entre los

Tabla 3. Resultados de desenlaces secundarios según el tipo de catéter.

	Ci 14 Número de procedimientos	Di 15 Número de procedimientos	Valor p
Técnica adecuada de la punción			
No	1	0	0.81
Sí	99	100	
Complicaciones			
Sin complicaciones	93	92	0.13
Extravasación	4	8	
Taponamiento del dispositivo	3	0	
Fractura de hueso	0	0	
Otras	0	0	
Eficacia al primer intento			
No	8	8	1
Sí	92	92	
Eficacia al final de los intentos			
No	1	0	1
Sí	99	100	

Fuente: Autores.

dos dispositivos en cuanto a la eficacia del acceso intraóseo en el modelo biológico.

En la revisión sistemática de la literatura no se encontró una comparación entre los dos dispositivos. Sin embargo, sí hay comparación entre el dispositivo comercial manual y el mecánico, donde se evidencia que el segundo es mejor que el primero.^{5,11,12} Pese a esto, por razones de costos, en la mayoría de los hospitales hay más disponibilidad del dispositivo manual.¹³ Por ese motivo, en nuestra investigación se realizó la comparación con un dispositivo manual y no con uno automático. Esto quiere decir que el Ci 14 es equiparable a los dispositivos comerciales manuales, pero no conocemos el resultado con dispositivos mecánicos. Por otro lado, cabe aclarar que esta investigación fue realizada con modelos biológicos y no con modelos de simulación, como antes se estableció. Así

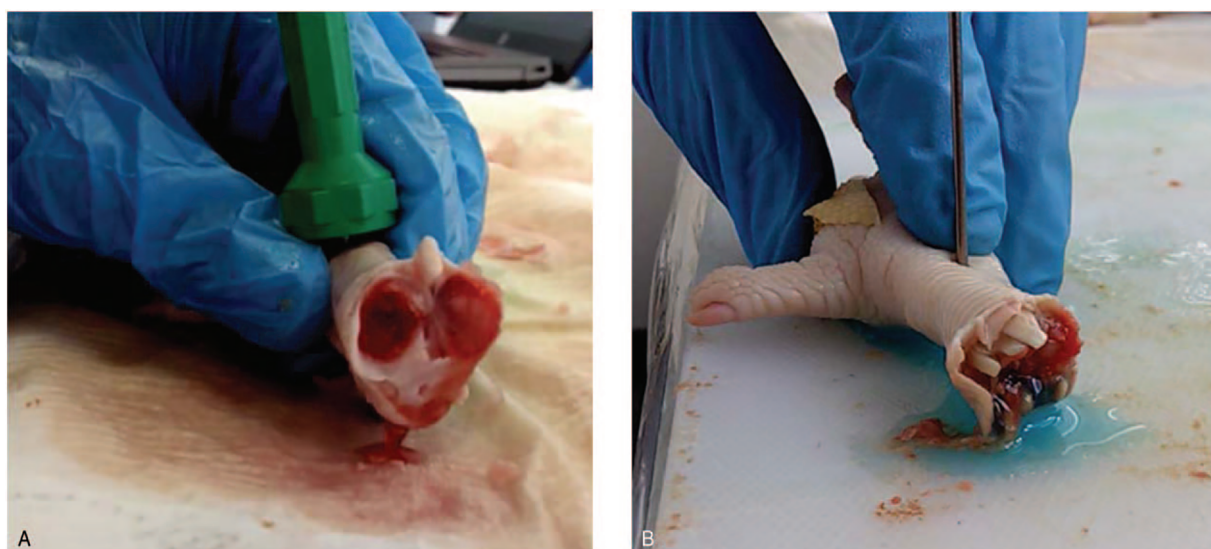


Figura 3. a) Acceso intraóseo exitoso con Di 15; b) acceso intraóseo exitoso con Ci 14.
Fuente: Autores.

Tabla 4. Medidas del tiempo de punción y número de intentos con cada dispositivo.

	Tipo de catéter		Valor de P*
	Ci 14	Di 15	
Tiempo de punción (s)			
Media	7.27	5.33	0.001
Máxima	22.19	18.69	
Mediana	6.6	4.79	
Mínimo	2.06	0	
Percentil 25	3.84	2.62	
Percentil 75	8.97	7.06	
Desviación estándar	4.16	3.587	
Número de intentos			
Media	1.08	1.13	0.56
Máxima	2	3	
Mediana	1	1	
Mínimo	1	1	
Percentil 25	1	1	
Percentil 75	1	1	
Desviación estándar	0.27	0.37	

* Prueba de rangos Wilcoxon.
Fuente: Autores.

mismo, en la técnica empleada no se realizó aspiración del dispositivo, lo cual podría modificar los resultados.

La investigación demostró que no existe relación del sexo con la obtención de un acceso intraóseo exitoso. Así mismo, no hay diferencia entre los docentes que presentaban una especialidad clínico-quirúrgica frente a los que no la tenían, siempre y cuando tuvieran como mínimo más de un año de experiencia en el ámbito clínico de urgencias.

Un análisis importante es la relación de las complicaciones con los dispositivos. Se halló una frecuencia de complicaciones muy baja, sin una diferencia significativa en cuanto a los dos dispositivos. A pesar de esto, el Ci 14 fue el único que presentó taponamiento en tres procedimientos, lo que se debe a que este catéter, a diferencia del Di 15, siempre tiene luz permeable, por lo cual, durante todo el tránsito del acceso, está expuesto a que se tapone con cualquier tipo de tejido (Figura 1). Por otro lado, si bien no hubo diferencia significativa en el número de extravasaciones, con el Di 15 se presentó el doble de estas. Como se trata de un dispositivo comercialmente diseñado para este fin, el personal docente ejerció mayor uso de la fuerza, lo que conllevó un mayor número de extravasaciones corticales. Así mismo, el Ci 14 es más complejo de manipular, ya que no posee estructura de atornillamiento, lo que provoca que el médico sea más cauteloso con su manipulación.

Para el análisis del tiempo, la literatura establece que, a medida que pasan los minutos y no se logra un acceso exitoso, el paciente aumenta su mortalidad de manera considerable.^{14,15} Este estudio evidenció que, frente al tiempo de acceso intraóseo, existe diferencia significativa entre los dos catéteres, siendo mejor el Di 15. Sin embargo, los investigadores establecieron que esta diferencia estadística de dos segundos en promedio no es clínicamente significativa para el éxito del acceso intraóseo y el

paso de medicamentos. No obstante, el estudio demostró que con personal entrenado el acceso puede llevar muy pocos segundos, a fin de establecer la presencia de fluidos dentro de la medula ósea, a diferencia de lo encontrado en estudios previos.^{5,16,17}

El número de intentos es un factor muy importante para la obtención de un acceso intraóseo, pues no solo puede influir en el retraso de la administración de medicamentos de crucial importancia para la supervivencia de los pacientes críticamente enfermos, sino también en la contraindicación de nuevos intentos en el mismo sitio anatómico y en el aumento de las complicaciones.^{6,18} Este estudio evidenció que no existe diferencia estadística ni clínicamente significativa en el número de intentos entre los dos dispositivos; es decir que al primer intento se puede lograr un acceso intraóseo con cualquiera de ellos en los modelos biológicos utilizados.

Limitaciones del estudio

Esta investigación fue realizada con el modelo biológico de tarso-metatarso del pollo por parte de docentes con experiencia clínica en el área de simulación, y por ello la inferencia de los resultados está limitada a este tipo de población. Debido a esto, los investigadores no pueden extrapolar los resultados al escenario clínico de los pacientes críticamente enfermos en el servicio de urgencias. Por otro lado, en la investigación la técnica fue determinada sin succionar medula ósea al inicio del procedimiento, lo que puede hacer que varíe la presencia de complicaciones. En consecuencia, es preciso realizar este tipo de estudios en personas críticamente enfermas para establecer la eficacia de estos dispositivos de bajo costo en el acceso intraóseo. Así mismo, sería interesante realizar estudios en ambientes simulados donde se compare la necesidad de succionar medula ósea al inicio del procedimiento, ya que esto puede determinar un cambio importante en la técnica de este acceso vascular.

Conclusiones

Este estudio permite concluir que, en un ambiente simulado con modelos biológicos de tarso-metatarso de pollo, la eficacia de un dispositivo de bajo costo Ci 14 es igual que la de un dispositivo comercial Di 15. Así mismo, el número de intentos para lograr un acceso intraóseo exitoso es igual con los dos dispositivos. Por otro lado, se puede concluir que el tiempo requerido para lograr el acceso intraóseo es menor con el Di 15. Sin embargo, esta diferencia de dos segundos en promedio no es clínicamente significativa.

Con base en esta investigación, se puede recomendar el uso de dispositivos de bajo costo como el Ci 14 en ambiente simulados, para el entrenamiento de habilidades clínicas en accesos intraóseos con modelos biológicos. Por otro lado, es necesario extrapolar este tipo de

estudios a un ambiente clínico y determinar la utilidad de estos dispositivos en pacientes críticamente enfermos.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de participantes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores han obtenido el consentimiento informado de los participantes referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Financiamiento

Los autores declaran que no recibieron financiamiento para la elaboración de este manuscrito.

Conflictos de interés

Los autores declaran, según la política universal del *International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE)*, que no presentan conflictos de interés para el desarrollo de esta investigación.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro asesor metodológico Milciades Ibáñez por su gran interés y orientación en el diseño metodológico de la investigación. Así mismo, a los docentes del centro de simulación por su colaboración en la obtención de los accesos vasculares y su disponibilidad para el desarrollo de la investigación. Por último, queremos agradecer a la Universidad del Rosario por su colaboración con los aspectos técnicos que permitieron desarrollar la investigación.

Referencias

- Restrepo BP. Así vamos en salud, Informe anual. Atención Primaria en Salud: avances y retos en Colombia 2014;(Citado 2018 Feb 2). Disponible en: <http://www.asivamosensalud.org/>.
- Benson G. Intraosseous access to the circulatory system: An under-appreciated option for rapid access. *J Perioper Pract* 2015;25 (7-8):140-143.
- Northey LC, Shiraev T, Omari A. Salvage intraosseous thrombolysis and extracorporeal membrane oxygenation for massive pulmonary embolism. *J Emerg Trauma Shock* 2015;8 1:55-57.
- McNally B, Robb R, Mehta M, Vellano K, Valderrama AL, Yoon PW, et al. Out-of-hospital cardiac arrest surveillance - Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005 - December 31, 2010. *MMWR Surveill Summ* 2011;60 8:1-19.
- Anson JA. Vascular access in resuscitation: is there a role for the intraosseous route? *Anesthesiology* 2014;120 4:1015-1031.
- Park HM, Kim ES, Lee SM, Lee YJ, Park KS, Cho KB, et al. Clinical Characteristics and Mortality of Life-Threatening Events Requiring Cardiopulmonary Resuscitation in Gastrointestinal Endoscopy Units. *Medicine (Baltimore)* 2015;94 43:e1934.

7. Lovett PB, Massone RJ, Holmes MN, Hall RV, Lopez BL. Rapid response team activations within 24 hours of admission from the emergency department: an innovative approach for performance improvement. *Acad Emerg Med* 2014;21 6:667-672.
8. Olausson A. Towards evidence-based emergency medicine: best BETs from the Manchester Royal Infirmary. Which intraosseous device is best in the prehospital setting? *Emerg Med J* 2011;28 8:717-718.
9. Olausson A, Williams B. Intraosseous access in the prehospital setting: literature review. *Prehosp Disaster Med* 2012;27 5:468-472.
10. Ota FS, Yee LL, Garcia FJ, Grisham JE, Yamamoto LG. Which IO model best simulates the real thing? *Pediatr Emerg Care* 2003;19 6:393-396.
11. Azer SA, Eizenberg N. Do we need dissection in an integrated problem-based learning medical course? Perceptions of first- and second-year students. *Surg Radiol Anat* 2007;29 2:173-180.
12. Day MW. Intraosseous devices for intravascular access in adult trauma patients. *Crit Care Nurse* 2011;31 2:76-89. quiz 90.
13. Phillips L, Brown L, Campbell T, Miller J, Proehl J, Youngberg B. Recommendations for the use of intraosseous vascular access for emergent and nonemergent situations in various healthcare settings: a consensus paper. *J Emerg Nurs* 2010;36 6:551-556.
14. Grabel Z, DePasse JM, Lareau CR, Born CT, Daniels AH. Intra-articular Placement of an Intraosseous Catheter. *Prehosp Disaster Med* 2015;30 1:89-92.
15. Bloch SA, Bloch AJ, Silva P. Adult intraosseous use in academic EDs and simulated comparison of emergent vascular access techniques. *Am J Emerg Med* 2013;31 3:622-624.
16. Helm M, Haunstein B, Schleichriemen T, Ruppert M, Lampl L, Gassler M. EZ-IO((R)) intraosseous device implementation in German Helicopter Emergency Medical Service. *Resuscitation* 2015;88:43-47.
17. Howarth D. Adult intraosseous access - experiences in a remote emergency department. *Aust Fam Physician* 2011;40 7:510-511.
18. Luck RP, Haines C, Mull CC. Intraosseous access. *J Emerg Med* 2010;39 4:468-475.