

Uso del microscopio digital como alternativa al microscopio quirúrgico para entrenamiento de anastomosis microvasculares

Use of the digital microscope as an alternative to surgical microscope for microvascular anastomosis training

Alan M. LANGARICA ZÁRATE*, Ángela F. DELGADO LANGARICA**
Alejandro DUARTE y SÁNCHEZ***



Langarica Zárate A.M.

Resumen

Introducción y objetivo. El dominio de la microcirugía requiere el desarrollo de habilidades motoras, una curva de aprendizaje, y se mantiene con la práctica constante, por lo que es importante un entrenamiento continuo en anastomosis microquirúrgicas tanto para residentes quirúrgicos en formación como para cirujanos experimentados. Las desventajas del microscopio quirúrgico, como su costo elevado, el ser un equipo pesado y difícil de movilizar, así como el que el lugar donde se suele encontrar es el quirófano, escuelas y laboratorios de cirugía experimental, restringen su accesibilidad y dificultan el entrenamiento microquirúrgico. La búsqueda de un sustituto portátil, accesible y fácil de usar es esencial para facilitar la formación y proporcionar un medio de perfeccionamiento y preservación de habilidades microquirúrgicas.

El objetivo de este estudio es proponer el uso del microscopio digital como una alternativa al microscopio quirúrgico para el entrenamiento microquirúrgico.

Material y método. Empleamos un microscopio digital conectado a un teléfono inteligente, un soporte, una base de fibracel e instrumentos microquirúrgicos básicos y practicamos anastomosis vasculares en 14 alas de pollo.

Resultados. El microscopio digital nos permitió realizar anastomosis en vasos menores de 1 mm así como injertos de vena utilizando como material de sutura nylon monofilamento 10-0 y 11-0.

Conclusiones. En nuestra práctica experimental, el microscopio digital como sustituto del microscopio quirúrgico permitió gran magnificación, a la vez que es accesible, económico y portátil, lo que facilita su uso sencillo para disminuir la curva de aprendizaje por medio de una práctica continua de microcirugía.

Abstract

Background and objective. Mastering microsurgery requires the development of motor skills, a learning curve, and is maintained with constant practice; therefore, ongoing training in microsurgical anastomosis is important for both surgical residents in training and experienced surgeons. The disadvantages of the surgical microscope are its high cost, a heavy equipment that is difficult to move, and the places where it is found are usually operating rooms, schools, and experimental surgery laboratories, which restricts its accessibility and makes microsurgical training difficult. So the search for a portable, accessible and easy-to-use substitute is essential to facilitate training and provide a means of perfection and preservation of microsurgical skills.

The objective of this study is to propose the use of the digital microscope as an alternative to the surgical microscope for microsurgical training.

Methods. A digital microscope connected to a smartphone, a stand, a fiber cell base, and basic microsurgical instruments were used to perform vascular anastomoses in 14 chicken wings.

Results. The digital microscope allowed us to perform anastomosis in vessels smaller than 1 mm and vein graft using 10-0 and 11-0 monofilament nylon as suture material.

Conclusions. In our experimental practice, the digital microscope as a substitute for the surgical microscope had high magnification and is accessible, inexpensive and portable, which allows its use to reduce the learning curve through a continuous practice of microsurgery.

Palabras clave Microcirugía, Microscopio digital, Entrenamiento microquirúrgico.

Nivel de evidencia científica 5c Terapéutico
Recibido (esta versión) 15 julio / 2025
Aceptado 16 agosto / 2025

Key words Microsurgery, Digital microscope, Microsurgical training.

Level of evidence 5c Therapeutic
Received (this version) July 15 / 2025
Accepted August 16 / 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún interés financiero relacionado con el contenido de este artículo.
Financiación: No hubo fuentes externas de financiación para este trabajo.

* Médico Residente, Servicio de Cirugía Plástica Hospital Centro Médico 20 de Noviembre, Ciudad de México, México.

** Médico de Pregrado, Facultad de Medicina Universidad de Colima, México.

*** Profesor Titular del Curso Universitario (UNAM) de Postgrado de Cirugía Plástica, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, Ciudad de México, México.



Introducción

La microcirugía es la amplificación del campo operatorio por sistemas ópticos para la disección y reparación vascular, nerviosa o linfática, con mayor calidad y precisión,⁽¹⁾ lo que ha permitido un gran avance en la Cirugía Plástica con el advenimiento de los colgajos libres microquirúrgicos para la reconstrucción de defectos en diferentes partes del cuerpo, así como reimplantes de extremidades, o manejo de linfedema entre otras aplicaciones. El dominio de esta técnica requiere el desarrollo de habilidades motoras, una curva de aprendizaje y una práctica regular,⁽²⁾ por lo que es importante un entrenamiento continuo en anastomosis microquirúrgicas tanto para residentes quirúrgicos en formación como para cirujanos experimentados, que permita disminuir dicha curva de aprendizaje y mantener las habilidades obtenidas.

El componente más importante para el entrenamiento en microcirugía es el medio de amplificación que permite observar las estructuras magnificadas con alta calidad para poder realizar las anastomosis microquirúrgicas. El

medio de amplificación más utilizado es el microscopio quirúrgico, que produce una magnificación de hasta 40X para visualizar con una alta calidad estructuras como nervios, vasos sanguíneos y linfáticos; sin embargo, presenta varias limitantes como su costo elevado, ser un equipo pesado y difícil de movilizar, y el que suele encontrarse en quirófanos, escuelas y laboratorios de cirugía experimental,⁽³⁾ lo cual restringe su accesibilidad y dificulta el acceso frecuente a la enseñanza y al entrenamiento microquirúrgico. Es por todo ello que la búsqueda de un sustituto portátil, accesible y fácil de usar, resulte esencial para facilitar la formación y proporcionar un medio de perfeccionamiento y preservación de las habilidades microquirúrgicas obtenidas.

El microscopio digital es un dispositivo de mano con un zoom óptico continuo y un aumento que va desde 40X a 1000X. Este aumento se controla mediante un botón de ajuste de enfoque o por control manual en la pieza de mano; cuenta con ocho luces LED que proporcionan iluminación, su tamaño es pequeño, de 11.5 cm de altura x 3 cm de diámetro, con un peso aproximado de 90 g. Se conecta a un dispositivo inteligente que permite la

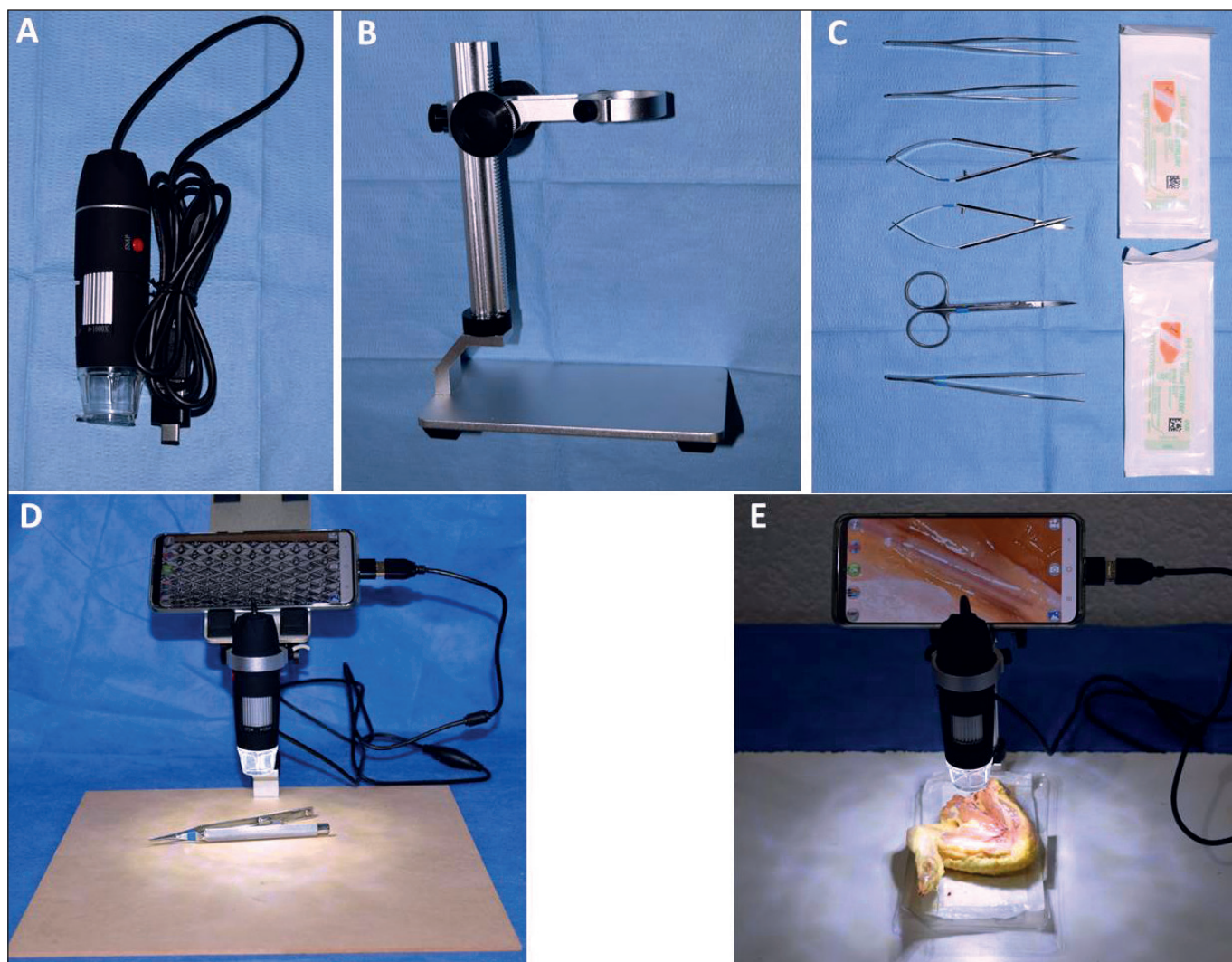


Figura 1. Componentes del modelo de entrenamiento microquirúrgico. A. Microscopio digital. B. Soporte universal. C. Instrumental microquirúrgico. D. Modelo armado. E. Aplicación del modelo.

transmisión en tiempo real y la toma de imágenes y video. Los microscopios digitales han sido utilizados durante mucho tiempo por científicos forenses, joyeros, en la industria de la impresión, para inspección industrial y, actualmente se aplica en el campo dermatológico y en la detección de células tumorales malignas.^(4,5)

El objetivo de este estudio es proponer nuestra práctica experimental de uso del microscopio digital como una alternativa sencilla y accesible al microscopio quirúrgico para el entrenamiento en microcirugía.

Material y método

Creamos una unidad de entrenamiento de anastomosis microquirúrgica constituido por un microscopio digital (YUMYM®, China) de 40X-1000X compatible con Mac OS, Windows, Android y Linux, con fuente de luz de 8 LED blancas, de 2 megapíxeles de resolución; un soporte universal ajustable (Jiusion® CO, LTD; China) con una longitud de 18.5 cm, una tabla de fibracel de 30x30 cm, y un teléfono inteligente Galaxy S20 (Samsung® Electronics, Seul, Corea del Sur) con sistema operativo Android. Empleamos la aplicación MScopes que permitió realizar captura de imágenes y video. Realizamos el armado de los componentes y empleamos la base original del soporte universal para sostener de forma se-

gura el teléfono inteligente.

Como instrumental quirúrgico empleamos 1 tijera iris curva, 1 pinza de disección con dientes, 2 pinzas de relojero n° 5, 2 tijeras Castroviejo curvas, 1 clamp doble y suturas microquirúrgicas calibre 10-0 y 11-0.

Utilizamos alas de pollo como modelo biológico *ex vivo* (Fig.1).

Para el manejo de los datos utilizamos el software SPSS Statistics 20.

En ala de pollo disecamos las arterias braquial, radial y el nervio braquial bajo visión directa; posteriormente completamos la disección bajo microscopio y realizamos varias anastomosis microquirúrgicas que incluyeron la término-terminal, término-lateral, látero-lateral, injerto de vena y coaptación nerviosa. Para comprobar la permeabilidad de los vasos anastomosados empleamos un catéter intravenoso de 22G.

Resultados

Realizamos anastomosis microvasculares y coaptaciones nerviosas en 14 alas de pollo, cada una de las cuales proporciona 3 arterias: 2 braquiales y 1 radial, 1 nervio (Fig. 2) y varias venas, lo que permitió realizar en cada ala de pollo una anastomosis término-terminal en la arteria radial, una término-lateral entre una arteria

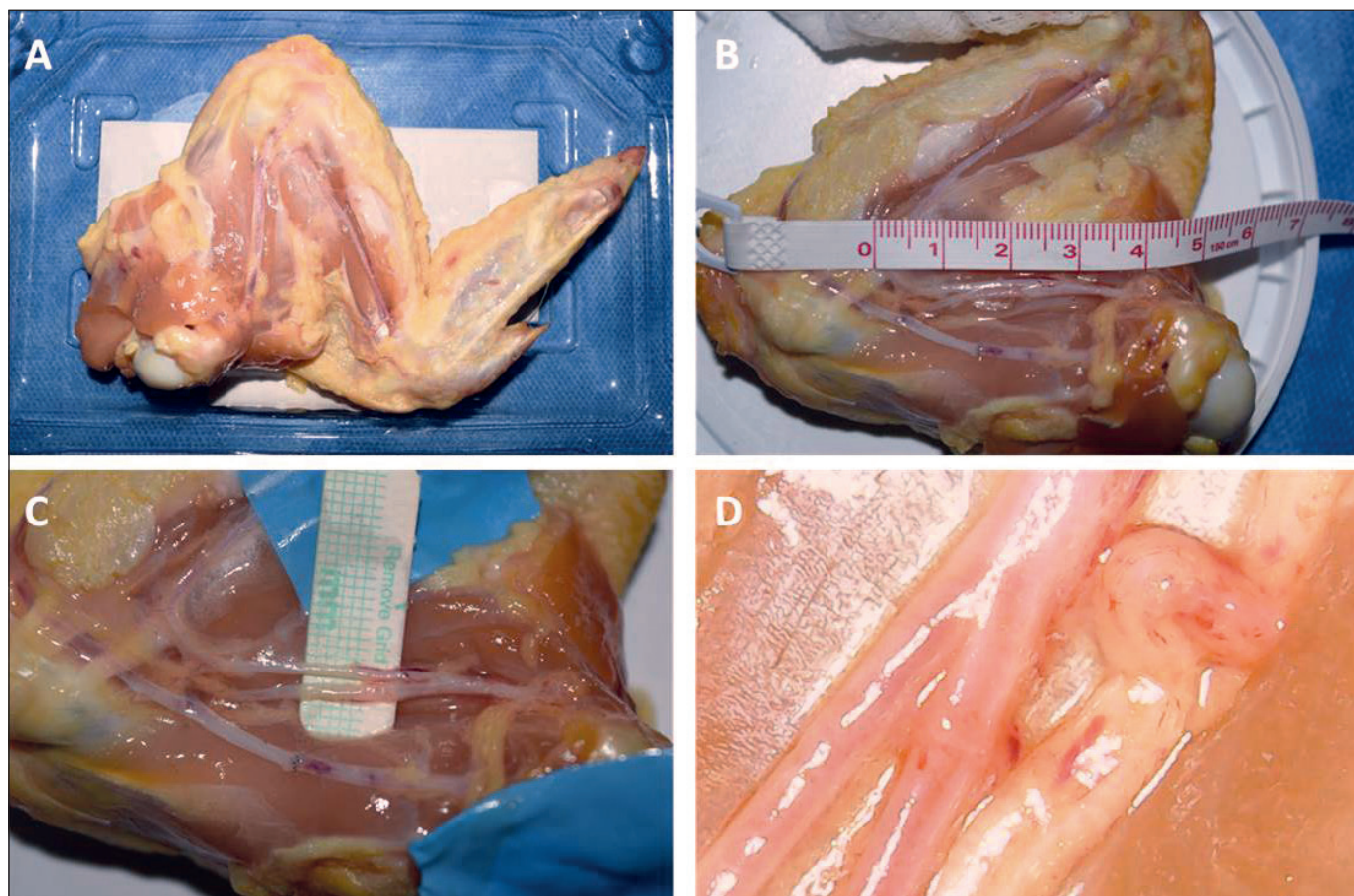


Figura 2. A. Ala de pollo preparada mostrando vena braquial y arteria radial. B. Arteria braquial disecada y su longitud. C. Arteria braquial y su diámetro. D. Arteria y nervio braquial disecados con aumento 40x.

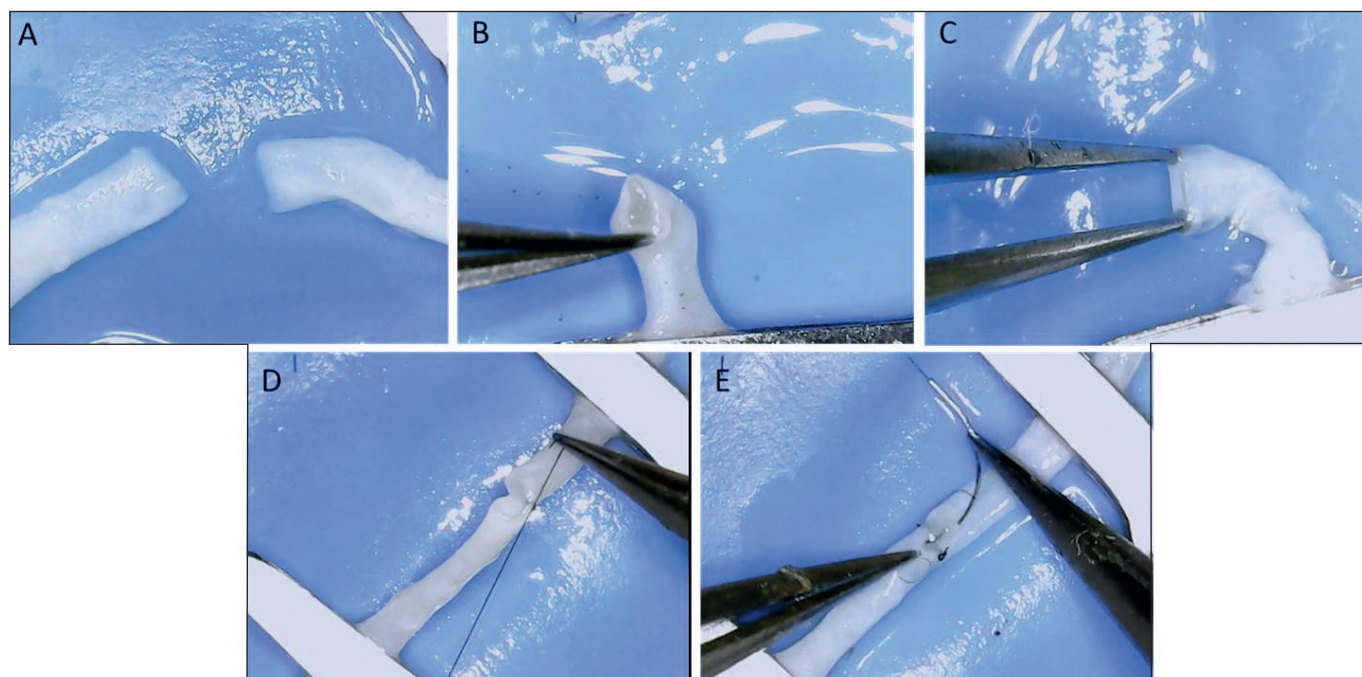


Figura 3. Técnica de anastomosis. A. Cabo proximal y distal. B. Irrigación de la luz. C. Dilatación. D. Suturas cardinales. E. Sutura anterior.

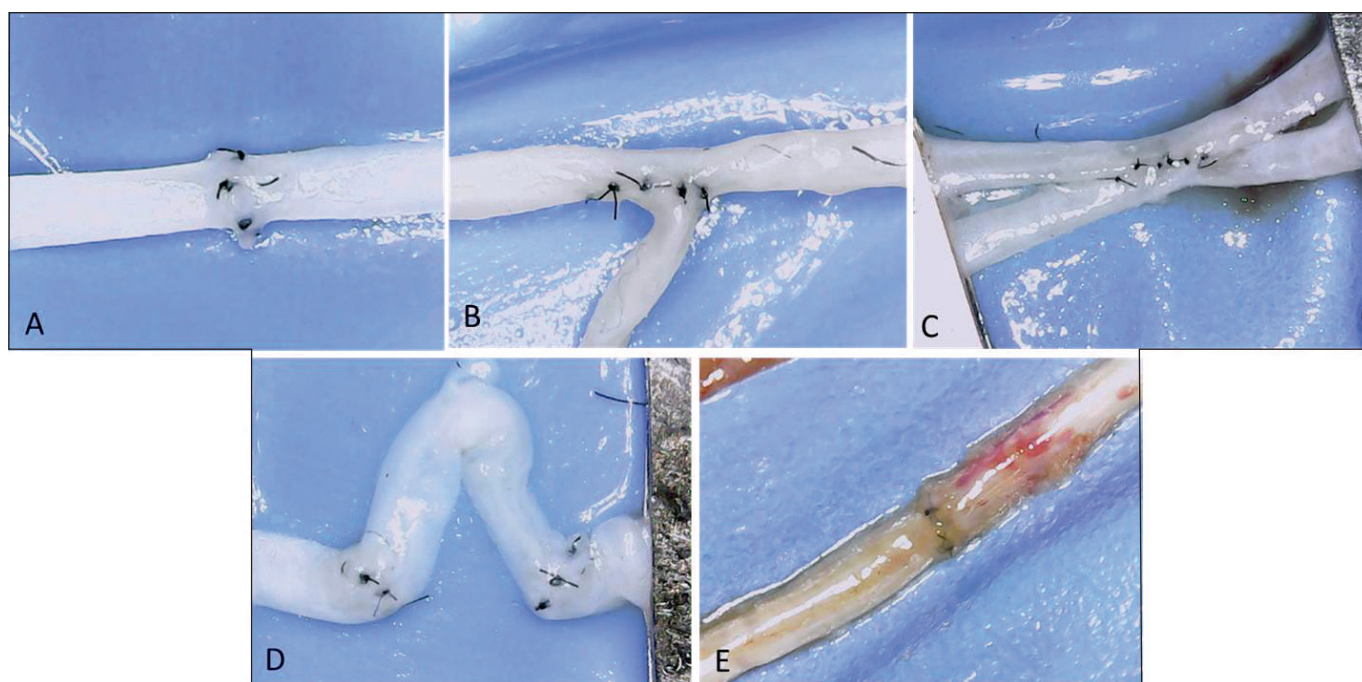


Figura 4. Anastomosis. A. Término-terminal. B. Término-lateral. C. Látero-lateral. D. Injerto venoso. E. Coaptación nerviosa.

braquial y la radial, una látero-lateral entre las 2 arterias braquiales, una coaptación nerviosa utilizando sutura microquirúrgica 10-0, y un injerto venoso utilizando sutura microquirúrgica 11-0 (Fig. 3 y 4).

El tiempo de preparación del ala de pollo para exposición de las arterias braquial y radial sin uso de microscopio fue de 4.52 ± 0.55 minutos; el tiempo de disección de las arterias bajo microscopio fue de 6.81 ± 0.44 minutos. La longitud de la arteria braquial es de 4.31 ± 0.21 cm y se bifurca a los 2 cm aproximadamente, dando 2 arterias con diámetros de 1.08 ± 0.07 y 0.97 ± 0.04 mm, mientras que la arteria radial presenta una longitud de 4.15 ± 0.18 cm, con un diámetro promedio de 0.94 ± 0.06 mm.

Por su parte, la longitud del nervio braquial fue de 4.52 ± 0.26 cm, con un diámetro promedio de 1.15 ± 0.08 mm. (Tabla I).

El tiempo promedio en que realizamos la anastomosis término-terminal fue de 25.98 ± 2.41 minutos; para la término-lateral fue de 34.05 ± 4.4 minutos; para la látero-lateral de 40.23 ± 3.44 minutos; el tiempo promedio para el injerto venoso fue de 61.04 ± 2.1 minutos; mientras que el tiempo de coaptación nerviosa fue de 17.09 ± 1.45 minutos (Tabla II).

El microscopio digital propuesto nos permitió realizar las anastomosis microvasculares y nerviosas con una gran nitidez de las imágenes y tomar además vi-

Tabla I. Características del ala de pollo.

Características generales	Número
Número de alas de pollo	14
Tiempo de preparación no microquirúrgica	4.52 (± 0.55)
Tiempo de preparación microquirúrgica	6.81 (± 0.44)
Longitud arteria braquial	4.31 (± 0.21)
Longitud arteria radial	4.15 (± 0.18)
Diámetro arteria braquial 1	1.08 (± 0.07)
Diámetro arteria braquial 2	0.97 (± 0.04)
Diámetro arteria radial	0.94 (± 0.06)
Diámetro del nervio braquial	1.15 (± 0.08)

Tabla II. Tiempo requerido para las anastomosis microquirúrgicas

Anastomosis	Tiempo
Termino-terminal	25.98 (± 2.41)
Termino-lateral	34.05 (± 4.4)
Latero-lateral	40.23 (± 3.44)
Injerto venoso	61.04 (± 2.1)
Coaptación nerviosa	17.09 (± 1.45)

deos de alta calidad en arterias de hasta 0.5 mm, con adecuada visualización de las estructuras vasculares y nerviosas que permitió utilizar sutura microquirúrgica de hasta 11-0 (Fig. 5). Comprobamos la permeabilidad de las anastomosis vasculares por medio del paso de sangre ya que las alas de pollo, al ser frescas, y a pesar del desangrado, pueden contener sangre o líquido plasmático en las arterias y venas que queda atrapada debido a lo difícil de la extracción por lo distal del ala. También con el mismo fin empleamos un catéter venoso 22G (Fig. 6).

El coste total del equipo utilizado, exceptuando el teléfono inteligente, fue de \$1050 pesos mexicanos (menos de 50 dólares americanos) y todo se puede adquirir fácilmente por medio de compra electrónica (en nuestro caso se hizo a través de Amazon®). El coste del modelo biológico *ex vivo* fue de 20 pesos por 3 alas de pollo en el supermercado.

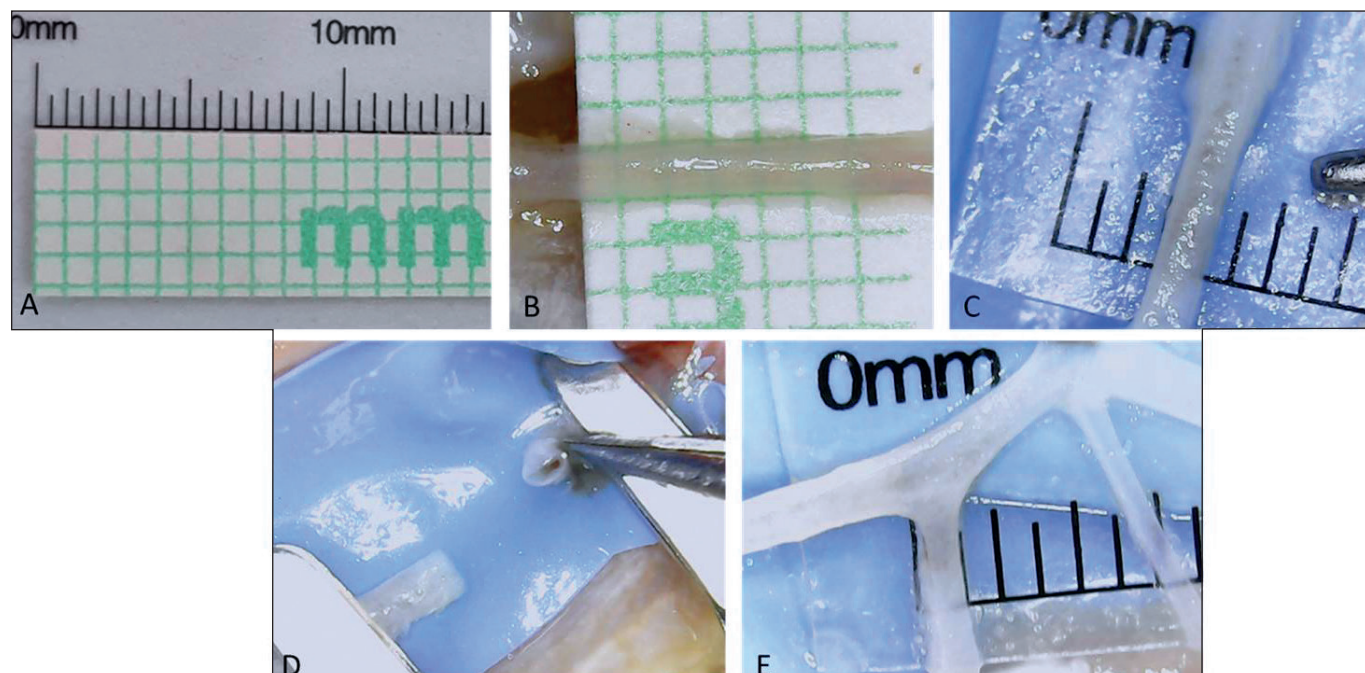


Fig. 5. A. Escalas métricas utilizadas. B. Diámetro de la arteria radial. C. Diámetro de la arteria metacarpiana. D. Arteria metacarpiana seccionada y mostrando su luz. E. Ramas de la arteria metacarpiana.

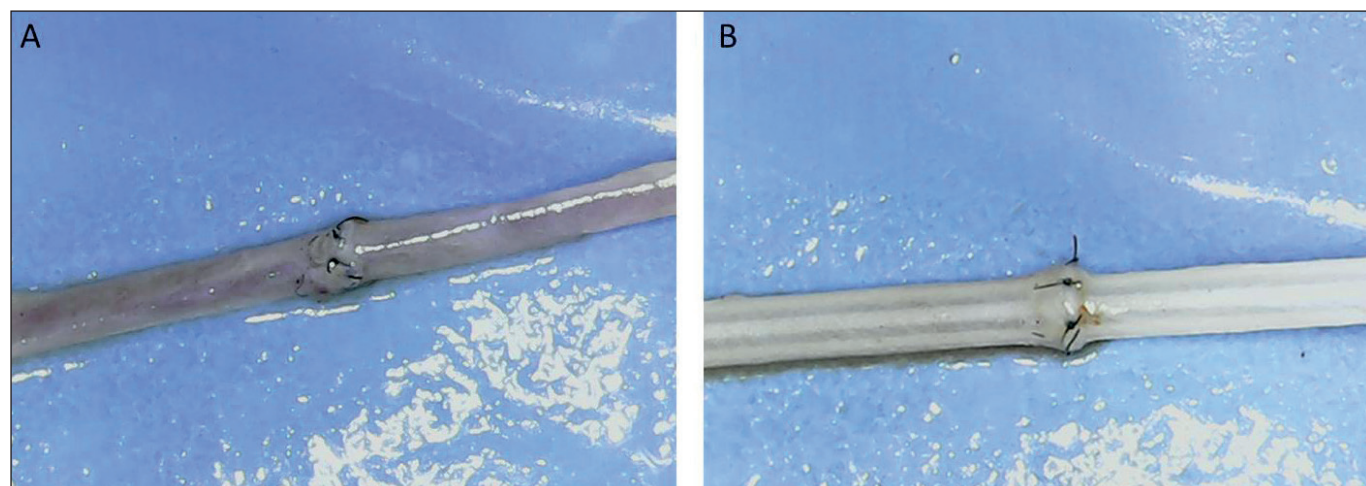


Figura 6. Permeabilidad de la anastomosis. A. Sangre en el interior. B. Uso de catéter venoso 22G.

Discusión

En los últimos años se han propuesto varias alternativas al uso del microscopio quirúrgico para el entrenamiento microquirúrgico, entre las que se encuentra el laparoscopia propuesto por Ramakrishnan y col.⁽⁶⁾ que permitió mejorar la postura y disminuir la fatiga del cirujano al ser videoasistido. Sin embargo, sus desventajas fueron su alto costo, el no contar con función de magnificación y el que para lograr el aumento adecuado se necesita colocar la lente a una distancia de 1 cm de la anastomosis, lo que dificulta los movimientos del cirujano; además, el diámetro de los vasos que permite anastomosar fue en este estudio de 2 mm. Posteriormente, Kim y col.⁽⁷⁾ en una carta al editor, fueron los primeros en destacar la posibilidad de utilizar un teléfono inteligente como reemplazo de las lupas y el microscopio quirúrgico en la formación básica en microcirugía. Utilizando 2 teléfonos inteligentes que fueron el Iphone® 5S y el Galaxy® S4, realizaron anastomosis en vasos sintéticos facilitando que los instructores observaran en tiempo real el campo de operación, lo que permitió una retroalimentación al poder capturar imágenes y video. Las desventajas encontradas en este uso fueron que el máximo aumento alcanzado por estos equipos fue de 3X y 4X respectivamente, lo que permitió realizar anastomosis en vasos mayores de 2 mm utilizando sutura de 8-0. Años después, Karakawa y col.⁽⁸⁾ en otra carta al editor, proponen el uso de un teléfono inteligente adherido a una computadora portátil para suplir el microscopio convencional como alternativa en la práctica de residentes, realizando anastomosis vasculares en un modelo *ex vivo* de ala de pollo mientras observaba videos de anastomosis hechas por cirujanos expertos que se reproducían al mismo tiempo en la computadora para poder así repetir sus movimientos. La desventaja de esta técnica fue la posición incómoda del cirujano al tener que mantener los brazos abiertos para rodear la computadora donde se encuentra el teléfono inteligente adherido con cinta, lo que aumenta la distancia del cirujano con el modelo *ex vivo*, además de que el ángulo agudo de la cámara, por su posición y la luz, impide una adecuada visualización de las estructuras y de su profundidad. Otro modelo usando un teléfono inteligente fue el propuesto por Elena⁽⁹⁾ que utilizó un Iphone® 8S plus sostenido por un soporte lateral como sustituto del microscopio. Como modelo biológico empleó el muslo de pollo, que proporciona vasos de más de 2 mm de diámetro,^(10,11) usando suturas de calibre 8-0, 9-0 y 10-0 para las anastomosis. Además, empleó otro dispositivo para visualizar tutoriales de forma simultánea a la práctica. Las desventajas que presentaba este modelo fue la magnificación alcanzada por el te-

léfono inteligente, que se limitó a 10X, lo que permitió realizar anastomosis de vasos mayores de 1.5 mm de diámetro, y el que el soporte lateral utilizado para sostener el teléfono inteligente no permite regular el enfoque o el aumento según se requiera.

A pesar de las desventajas encontradas en estos estudios que emplean teléfonos inteligentes como complemento al microscopio, lo que sí está claro es que permiten una mejora en el entrenamiento microquirúrgico, destacando el apoyo visual que proporcionan que permite una mejor postura y mayor comodidad del cirujano, así como la observación en tiempo real de la práctica por parte de un instructor, y la posibilidad de capturar imágenes y video, que a través de una plataforma en línea, como proponen Cifuentes y col.,⁽¹²⁾ pueden permitir el realizar un programa de entrenamiento microquirúrgico a distancia sin la presencia física de un instructor.

En todo caso, la limitante de la magnificación no ha podido ser sustituida hasta el momento por estos dispositivos. Nuestra propuesta de utilizar el microscopio digital como sustituto del microscopio quirúrgico, permite una magnificación de 40X que facilita la realización de anastomosis sin perder nitidez además de poder regular la magnificación sin afectar la distancia para poder realizar una anastomosis microvascular de forma cómoda y práctica, de vasos con diámetros de hasta 0.5 mm, diámetro que se encuentra dentro de la descripción de Koshima y col.⁽¹³⁾ como supermicrocirugía. Por otra parte, el soporte permite regular de forma manual el enfoque, lo que ofrece practicidad. Otro aspecto importante es el bajo coste de la unidad de entrenamiento que proponemos, que sin incluir el teléfono inteligente es menor de 50 dólares, además de la accesibilidad para conseguir cada una de las partes que la componen a través de tiendas en línea.

El uso de modelos *ex vivo* como el ala de pollo para la práctica cuenta con varias ventajas, como coste reducido y proporcionar varios vasos, tal y como describen Andrades y col.,⁽¹⁰⁾ cuyos resultados se corresponde con los nuestros: el diámetro de la arteria braquial y radial que encontramos fue de 1.08 ± 0.07 y de 0.94 ± 0.06 en relación a lo reportado en la literatura.⁽¹⁴⁾ Esto permite realizar varias anastomosis microquirúrgicas en vasos con características similares a las arterias digitales y corticales humanas.^(15,16) El tiempo de disección y preparación es fácil y rápido, con un promedio total entre la preparación y disección microquirúrgica de las arterias braquial y radial de 11.33 minutos; y el ala de pollo se puede conseguir fácilmente en supermercados, a diferencia del modelo biológico vivo estándar que es la rata, que presenta limitantes como su coste por unidad y la obligación de cumplir con los lineamientos generales de uso y cuidado de animales de laboratorio⁽¹⁷⁾.

Bibliografía

1. **Padilla L, Tapia Jurado J, Goldberg J et al.** Unidad de Microcirugía: 30 años de experiencia clínica, entrenamiento continuo e investigación. *Cirujano General*. 2011;33(3):196-202.
2. **Hino K.** Training in microvascular surgery using a chicken wing artery. *Neurosurgery*. 2003;52(6):1495-1498.
3. **Serletti JM, Deuber MA, Guidera PM et al.** Comparison of the operating microscope and loupes for free microvascular tissue transfer. *Plast Reconstr Surg*. 1995;95:270-276.
4. **Coates D, Bowling J.** The USB microscope—a new tool for dermatologic imaging?. *J Am Acad Dermatol*. 2013;69:820-821.
5. **Hasan MM, Alam MW, Wahid KA et al.** A Low-Cost Digital Microscope with Real-Time Fluorescent Imaging Capability. *PLoS ONE* 11;2016(12):e0167863.
6. **Ramakrishnan VV, Villafane O, Southern S.** Video microsurgery: a substitute for the operating microscopy?. *Br J Plast Surg*. 1997;50(4):294.
7. **Kim DM, Kang JW, Kim JK et al.** Microsurgery training using a smartphone. *Microsurgery*. 2015;35(6):500-501.
8. **Karakawa R, Yoshimatsu H, Nakatsukasa S.** A new method for microsurgery training using a smartphone and a laptop computer. *Microsurgery*. 2018;38:124-125.
9. **Elena-Scarafon E.** Uso del teléfono inteligente para facilitar el aprendizaje en Microcirugía. *Cir. plást. iberolatinoam*. 2019;45(4):405-412.
10. **Andrades P, Erazo C, Loo M et al.** El laboratorio de microcirugía – *Microsurgery training center*. *Rev. Chilena de Cirugía*. 2005;57(5):366-372.
11. **Hii-Sun J, Min-Seon M, Hyoung-Sulk K et al.** Microsurgical Training With Fresh Chicken Legs. *Ann Plast Surg*. 2013;70(1):57-61.
12. **Cifuentes IJ, Dagnino B, Pérez ME et al.** Entrenamiento microquirúrgico a distancia. *Cir. plást. iberolatinoam*. 2018;44(4):409-415.
13. **Koshima I, Yamamoto T, Narushima M et al.** Perforator Flaps and Supermicrosurgery. *Clin Plastic Surg*. 2010;37:683-689.
14. **Soon-Sung K, Jae-Hoon J, Hak C et al.** Training of microanastomosis with chicken wing brachial artery. *J. of Korean Soc of Plast and Reconstr Surg*. 2007;34(2):274-277.
15. **Olabe J, Olabe J.** Microsurgical training on an in vitro chicken wing infusion model. *Surgical Neurol*. 2009;72(6):695-699.
16. **Couceiro J, Ozyurekoglul T, Sanders S et al.** Microsurgical training regimen with nonliving chicken models. *Microsurgery*. 2013;33(3):251-252.
17. **Tamayo Pérez G, Parada Gasson R, Cataño Calatayud R et al.** Enseñanza y desarrollo de habilidades en microcirugía: Modelo pollo. *Cirujano General*. 2006;28(4):225-229.
18. **Krishnan K, Dramm P, Schackert G.** Simple and viable in vitro perfusion model for training microvascular anastomoses. *Wiley InterScience*. 2004; 24(4):335-338.

Conclusiones

El microscopio digital que proponemos como sustituto del microscopio quirúrgico para entrenamiento de anastomosis microquirúrgicas a través de la descripción de una práctica experimental, presenta como ventajas una adecuada magnificación además de ser accesible y económico, mientras que el teléfono inteligente nos permite además tomar videos y capturas de imagen durante la práctica que luego servirán como retroalimentación en el aprendizaje. Por su parte, el soporte empleado permite regular la distancia para un enfoque adecuado, sin movimiento del microscopio, además de que todas sus partes son portátiles, lo que permite usarlo tanto en casa como en el laboratorio.

En cuanto al material empleado como espécimen *ex vivo*, el ala de pollo es un producto de bajo costo, accesible, de fácil disección, con diámetros vasculares útiles para el entrenamiento microquirúrgico avanzado.

Todo ello en conjunto, consideramos que puede ser de utilidad para facilitar el aprendizaje y la práctica habitual y de esta manera disminuir la curva de aprendizaje por medio de una práctica continua en microcirugía.

Dirección del autor

Dr. Alan Mijail Langerica Zárate
Correo electrónico: surgeonamlz@gmail.com

