Hacia un programa inicial de formación estandarizado en microcirugía experimental para cirujanos pediátricos

M. Velayos, K. Estefanía-Fernández, A.J. Muñoz-Serrano, C. Delgado-Miguel, M.C. Sarmiento Caldas, L. Moratilla Lapeña, J. Serradilla, C. Largo Aramburu, M.V. López-Santamaría, F. Hernández-Oliveros

Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Universitario La Paz. Madrid. Instituto de Investigación. Hospital Universitario La Paz, IdiPAZ. Madrid.

RESUMEN

Objetivo. Describimos un programa de formación básica en microcirugía y analizamos la curva de aprendizaje a través del proceso, incluyendo la mejora en los tiempos operatorios y en el resultado funcional del procedimiento.

Material y métodos. Nuestro programa de aprendizaje incluye modelos básicos, de transición y experimentales. Dentro del modelo experimental se incluyeron: canulación de la vena de la cola, resección y anastomosis intestinal, disección, sección y anastomosis de la cava y la aorta. Se emplearon ratas Wistar (66,7% machos; 406,9±38,9 gramos), el programa se adhirió al principio de las 3R y obtuvo la aprobación del comité de bienestar animal.

Resultados. I tiempo medio de canulación de la vena de la cola fue de $2.4\pm1,2$ minutos. El tiempo medio de resección intestinal y anastomosis yeyunocólica de $14.8\pm2,7$ minutos y 10.4 ± 3 minutos, respectivamente. Todas las anastomosis fueron funcionalmente válidas. El tiempo medio de la disección de vasos fue de $22,9\pm7,7$ minutos, la anastomosis de la arteria aorta de $17,2\pm7,1$ minutos, mientras que la anastomosis de la vena cava fue de $25,9\pm7,3$ minutos. El 66,7% de las anastomosis de la vena cava fueron funcionalmente válidas en comparación con el 88,9% de la aorta. El tiempo requerido para todos los procedimientos disminuyó después del tercer intento, excepto para las anastomosis de vena cava, que se mantuvo similar en los 9 procedimientos.

Conclusiones. Nuestro modelo demostró que los procedimientos eran adecuados para la progresión del entrenador en términos de tiempo quirúrgico y resultado funcional. La formación microquirúrgica se beneficiaría de programas estandarizados para optimizar los resultados.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento de simulación; Microcirugía; Microdisección; Rata Wistar.

TOWARDS A STANDARDIZED INITIAL TRAINING PROGRAM IN EXPERIMENTAL MICROSURGERY FOR PEDIATRIC SURGEONS

ABSTRACT

Objective. To describe a basic training program in microsurgery and to analyze the learning curve through the process, including improvement in operating times and functional outcome.

Materials and methods. Our learning program included basic, transitional, and experimental models. The experimental model included tail vein cannulation, intestinal resection and anastomosis, dissection, division and anastomosis of the cava and aorta. Wistar rats (66.7% male; 406.9 ± 38.9 grams) were used. The program adhered to the 3R principle and obtained animal welfare committee approval.

Results. Mean tail vein cannulation time was 2.4 ± 1.2 minutes. Mean intestinal resection and jejunocolic anastomosis time was 14.8 ± 2.7 minutes and 10.4 ± 3 minutes, respectively. All anastomoses were functionally valid. Mean vessel dissection time was 22.9 ± 7.7 minutes, aortic artery anastomosis was 17.2 ± 7.1 minutes, and vena cava anastomosis was 25.9 ± 7.3 minutes. 66.7% of vena cava anastomoses were functionally valid vs. 88.9% for the aorta. The time required for all procedures decreased after the third attempt, except for vena cava anastomoses, which remained similar in all 9 procedures.

Conclusions. Our model demonstrated that the procedures were suitable for trainer progression in terms of surgical time and functional outcome. Microsurgical training would benefit from standardized programs to optimize results.

KEY WORDS: Simulation training; Microsurgery; Microdissection; Wistar rats.

DOI: 10.54847/cp.2023.02.07

Correspondencia: Dra. María Velayos López. Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Universitario La Paz. Paseo de la Castellana, 261. 28046 Madrid. E-mail: mvelayoslopez@gmail.com

Trabajo presentado en forma de comunicación oral en el IX Congreso Iberoamericano de Cirugía Pediátrica en Oporto del 27 al 30 de abril del 2022.

Recibido: Abril 2022 Aceptado: Marzo 2023

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y perfeccionamiento continuo en la comprensión del ser humano con y sin enfermedad, los métodos diagnósticos y la aplicación de los tratamientos, es un éxito compartido entre su estudio y realización inicial en el ámbito experimental y su posterior implementación en humanos⁽¹⁻³⁾. Además, los modelos de entrenamiento experimental en materia inerte y en animales vivos son fundamentales en la formación de los futuros cirujanos.

La preparación de los especialistas quirúrgicos es complicada y cada vez son más las dificultades a las que se enfrenta debido al cambio en el modelo de aprendizaje, cambio en el reparto de la casuística, aparición de nuevas tecnologías y a cambios en los turnos de los residentes. Una de las consecuencias, es que aquellos se gradúen sin sentirse preparados para ejercer con confianza y autonomía su labor diaria en la práctica clínica⁽⁴⁻⁷⁾. Desde mediados del siglo XX, la microcirugía experimental se ha desarrollado rápidamente y supone una valiosa herramienta para la adquisición de habilidades técnicas, lo que se traduce en un manejo más delicado de los tejidos y mayor destreza en el quirófano, a la vez que aumenta la seguridad del cirujano en formación⁽⁸⁻¹⁰⁾. Finalmente, esto no solo beneficiará a los aprendices, si no a las instituciones de investigación y lo más importante, a los pacientes. Teniendo en cuenta estas premisas, muchos centros han incluido programas de entrenamiento en microcirugía experimental para optimizar la formación de sus residentes con buenos resultados. No obstante, uno de los de los principales problemas es la falta de estandarización en el proceso de aprendizaje.

El objetivo principal de este estudio fue presentar nuestro programa de entrenamiento en microcirugía básica para residentes de cirugía pediátrica y que éste, se integre y sirva como ejemplo para otros y en otras especialidades. Como objetivo secundario analizamos la curva de aprendizaje a lo largo del proceso, incluyendo los tiempos operativos y el resultado funcional de los procedimientos.

Figura 1. Se muestran imágenes correspondientes a los módulos prácticos de diferentes niveles que integran el programa de entrenamiento en microcirugía experimental. Los cirujanos en formación realizarán primero el módulo básico con materia no viva (gasas, guantes de látex, sondas de silicona...), después el módulo de transición en aortas criopreservadas y, finalmente el módulo de transición en anima vivo (rata Wistar albina).

Módulo experimental en

animal vivo



En cooperación con el Instituto de Investigación de nuestro Centro, la aprobación del Comité de Ética Animal y bajo la directiva europea EU 63/2010, se elaboró un programa de entrenamiento integrado por una parte teórica inicial y varios módulos prácticos divididos en tres niveles (Fig. 1):

- Módulo básico: incluyó actividades de habilidad quirúrgica (manejo correcto del instrumental y microscopio, manipulación básica...) realizadas en material sintético (gasas, guantes de látex...).
- Módulo de transición: incluyó actividades de habilidad quirúrgica (colocación de nudos, principio de anudado, posición de los bordes, anastomosis, disección...) en aortas de rata criopreservada.
- Módulo de experimentación en animales vivos: incluyó actividades de habilidad quirúrgica básica en rata.

En lo que respecta a este estudio, decidimos centrarnos en describir y analizar el modelo de experimentación en rata Wistar albina. Tras una evaluación minuciosa, se incluyeron una serie de procedimientos básicos adecuados para un entrenamiento inicial. La actividad se realizó durante el mes de diciembre de 2021 por un único residente de cirugía pediátrica (5-6 horas al día de lunes a viernes, con un total de 9 sesiones) en una sala del laboratorio experimental. La sala estaba equipada con varios sistemas de anestesia general inhalatoria

con sevofluorano, poliuretano para inyección intraperitoneal como alternativa a la anestesia inhalada, microscopio, material de macro y microcirugía y hojas de registro (Fig. 2). Los animales se mantuvieron en jaulas, con agua y comida *ad libitum*, control de aire, luz y temperatura, y materiales para el enriquecimiento ambiental.

Módulo

básico

Módulo de

transición

Las sesiones se iniciaban con la preparación del campo y el material quirúrgico, seguidas de la anestesia de la rata, la retirada de pelo del abdomen y su colocación en posición supina. Tras verificar que el animal estaba adecuadamente anestesiado, se realizaban los procedimientos en el siguiente orden:

- Canalización de la vena de la cola: tras localizar y elegir el sitio de punción, se aplicaba antiséptico y, con un catéter Abbocath® de 24 G y en un ángulo de 30-45° se realizaba la punción. Se consideraron exitosas, aquellas punciones en las que se logró la extracción e infusión de 1.5 ml de sangre.
- Resección intestinal (yeyuno e íleon): se realizó laparotomía media de unos 5 cm de longitud seguida de la exteriorización del paquete intestinal. Se controló el meso y se seccionó el yeyuno a 1cm del ángulo duodenoyeyunal y, el íleon a 1cm del ciego. Los extremos se ligaron con monofilamento de 6/0 absorbible.

84 M. Velayos et al. CIRUGÍA PEDIÁTRICA

Nombre y apellidos:	Sesión/Rata número:					
Procedimiento	Canalización vena cola	Resección intestinal	Anastomosis intestinal	Disección cava y aorta	Anastomosis cava	Anastomosis aorta
Tiempo (minutos)						
Resultado funcional (Sí/No)						

Figura 2. Hoja de registro para cada sesión.

- Disección de aorta y cava: se delimitó la región de la cava y la aorta entre la salida de los vasos renales y la división en los vasos iliacos. La disección se consideró completa, cuando se podía colocar un clamp microquirúrgico proximal y otro distal con al menos una separación de un cm entre ambos.
- Sección y anastomosis de la aorta: colocamos dos clamps vasculares microquirúrgicos en la aorta, uno proximal bajo la salida de los vasos renales y otro distal justo antes de la división en los vasos iliacos. Tras asegurarlos, seccionamos el vaso en la parte media y se inició la anastomosis termino-terminal con sutura interrumpida monofilamento 9/0 no absorbible en dos caras (posterior seguida de anterior). Cuando se completó la sutura, se retiraron los clamps y se comprobó su permeabilidad y estanqueidad.
- Sección y anastomosis de la cava: colocamos dos clamps vasculares microquirúrgicos en la cava, uno proximal bajo la salida de los vasos renales y otro distal justo antes de la división en los vasos iliacos. Tras asegurarlos, seccionamos el vaso en la parte media y se inició la anastomosis termino-terminal con sutura interrumpida monofilamento 10/0 no absorbible en dos caras (posterior seguida de anterior). Cuando se completó la sutura, se retiraron los clamps y se comprobó su permeabilidad y estanqueidad.
- La permeabilidad y estanqueidad de las anastomosis se comprobó mediante la técnica propuesta por Acland. Para ello se colocaron dos clamps distalmente a las anastomosis, y se realizó una maniobra para vaciar la región central. Después, se soltaron las los clamps proximales y se comprobó si el espacio intravascular vacío se volvía a rellenar en sentido proximal a distal. Cuando esto ocurría se consideraban exitosas. Si no se lograba la funcionalidad de las mismas, se intentaba rehacer de nuevo la totalidad de la anastomosis. Si tras un segundo intento, no era válida, se consideraba el proceso como no exitoso. La estanqueidad se consideró exitosa cuando no se observó fuga sanguínea en la región de la anastomosis. Si existía ésta, se intentaba reforzar con puntos del mismo hilo que la anastomosis y, si no era posible, se rehacía la anastomosis.

• Anastomosis yeyunocólica: tras retirada de las ligaduras de los extremos intestinales, se realizó una anastomosis yeyuno-cólica termino-terminal con sutura interrumpida con monofilamento de 6/0 absorbible. Se comprobó su permeabilidad y estanqueidad con el paso de contenido intestinal a través de la anastomosis. Se reforzaron las zonas no estancas con puntos interrumpidos de monofilamento 6/0 cuando fue posible y se rehízo la anastomosis en los casos en los que fue no permeable.

Se recogieron datos sobre el sexo y el peso del animal, el tiempo total de la realización de cada proceso y su resultado funcional (permeabilidad y estanqueidad).

Todos los participantes estaban capacitados para el manejo de animales vivos de experimentación, se aplicaron los 3 principios básicos 3R (reemplazo, reducción, refinamiento), BPL (buenas prácticas de laboratorio) y 3C (currículo, competencia, rendimiento clínico), y se aseguró la ausencia de sufrimiento del animal comprobando el estado de anestesia cada 15 minutos, sus signos vitales y finalizando con la eutanasia del mismo.

RESULTADOS

Se realizaron nueve sesiones en ratas Wistar (66,7% machos) con un peso medio de 406,9±38,9 gramos. La media de los tiempos obtenidos en cada procedimiento y su resultado funcional (estanqueidad y permeabilidad) se muestran en la tabla I. Dentro de las anastomosis de los grandes vasos, experimentamos fallos en la permeabilidad y/o estanqueidad en las tres primeras anastomosis en la vena cava y, en la primera y la tercera anastomosis en la aorta; pudiéndose alcanzar una tasa de éxito del 100% en las seis últimas anastomosis de ambos vasos.

La variación en los tiempos de cada procedimiento se muestra en la figura 3. Se observó que a mayor número de procedimientos realizados el tiempo fue menor, excepto en las anastomosis de la vena cava que se mantuvieron un patrón similar en los 9 procesos, siendo considerado el procedimiento con una curva de aprendizaje más difícil. En la figura 4 podemos ver algunas imágenes de los procedimientos.

Tabla I. Media de los tiempos obtenidos en cada procedimiento (media ± desviación típica) y su resultado funcional (estanqueidad y permeabilidad) en porcentaje de éxito.

Procedimiento /	Canalización	Resección	Anastomosis	Disección	Anastomosis	Anastomosis
Mediciones	vía cola	yeyunoileal	yeyunocolica	grandes vasos	vena cava	aorta
Tiempo medio (minutos) Resultado funcional	$2,4 \pm 1,2$ 100	14,8±2,7	10,4±3 100	22,9±7,7	$25,9 \pm 7,3$ $66,7$	17,2±7,1 88,9

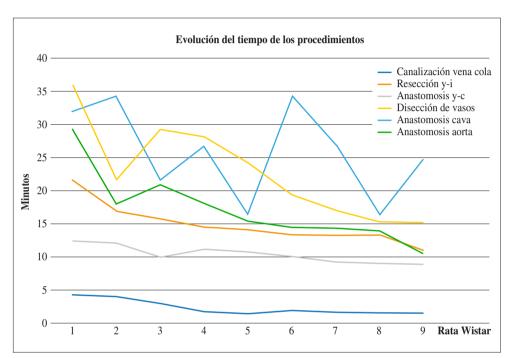


Figura 3. Curva tiempo-sesión. En la imagen podemos observar la evolución del tiempo consumido por cada procedimiento a lo largo de las diferentes sesiones. En el eje X se muestra el número de sesión (o rata Wistar empleada) y en el eje Y el tiempo en minutos.

DISCUSIÓN

Las intervenciones quirúrgicas en los recién nacidos, las que se realizan en pacientes pediátricos sobre tejidos débiles y frágiles, o las anastomosis vasculares, son procedimientos que suponen un gran reto a nivel teórico y práctico. Por su relativa infrecuencia, los cirujanos en formación tienen pocas o ninguna oportunidad para enfrentarse a ellas antes de convertirse en especialistas, generando una falta de confianza a la hora de realizar estos procedimientos con seguridad y autonomía. La práctica experimental, contribuye a la creación de una base sólida y segura, al simular de la manera más fidedigna posible los escenarios infrecuentes antes mencionados⁽¹¹⁾. Con este objetivo, diseñamos un programa de microcirugía experimental con animales vivos de pequeño tamaño para residentes de cirugía pediátrica. Inicialmente, elegimos un número pequeño de procedimientos cuyo objetivo era la adquisición inicial de habilidades como delicadeza, precisión y destreza en diversas técnicas básicas. Con los resultados obtenidos, posteriormente diseñaríamos e incorporaríamos nuevos procedimientos más complejos y con un mayor nivel de exigencia. En paralelo al dinamismo de esta idea, se recogieron los datos obtenidos por un residente de cirugía pediátrica, para en un futuro, registrar y comparar los datos obtenidos por otros residentes e incluso especialistas, como hacen Schimpke *et al.*⁽⁴⁾ o Lascar *et al.*⁽¹²⁾. Así, los resultados iniciales mostraron un modelo que parecía adecuado para la progresión del residente en términos de tiempo quirúrgico y resultado funcional, coincidiendo con los obtenidos por otros autores como Feijoo *et al.*, Juratli *et al.*, o Rodriguez *et al.* entre otros, que obtuvieron buenos resultados al aplicar programas de experimentación microquirúrgica en sus profesionales más noveles^(10,13-16). Incluso autores como Kim y *et al.*, muestran la mejoría en la técnica, la confianza e incluso la disposición de los especialistas a conceder un mayor nivel de participación y autonomía a los residentes tras un programa de experimentación⁽¹⁷⁾.

Además, la microcirugía experimental ofrece nuevas habilidades psicomotoras, perceptivas y visuoespaciales al practicar diferentes técnicas en el pequeño campo delimitado por la visión de un microscopio óptico. Esto proporciona ventajas en la coordinación mano-ojo y mano-mano, parte fundamental de la cirugía mínimamente invasiva que está tan presente en

86 M. Velayos et al. CIRUGÍA PEDIÁTRICA

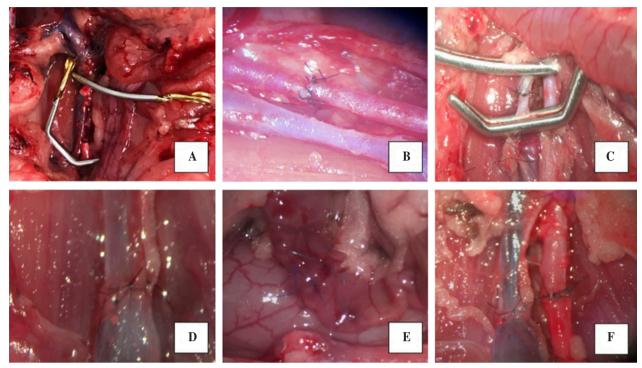


Figura 4. Imágenes sobre alguno de los procedimientos. A) Sección de aorta con clamps vasculares en la parte proximal y distal del vaso. B) Anastomosis termino-terminal de aorta con monofilamento 9/0 no reabsorbible, sutura interrumpida. C) Vena cava clampada antes de comprobar su permeabilidad y estanqueidad. D) Anastomosis termino-terminal de cava con monofilamento 10/0 no reabsorbible, sutura interrumpida. E) Anastomosis intestinal yeyuno-ileocólica termino-terminal con monofilamento 6/0 reabsorbible, sutura interrumpida. F) Anastomosis termino-terminal cava y aorta. Nótese que ambos vasos son permeables peor la anastomosis de la cava provoca la estenosis de la misma.

nuestros días⁽¹⁸⁻²⁰⁾. También, la realización de estos programas se incluye como parte de la actividad en investigación que, en muchos casos, está relegada a un segundo plano o incluso abandonada.

En consecuencia, los modelos experimentales permiten a los cirujanos cometer y reconocer errores para después intentarlos corregir dentro de un entrenamiento repetitivo de cada proceso, lo que se conoce como feedback. Issemberg et al. mencionan en su trabajo este feedback como una característica esencial de cualquier capacitación quirúrgica e incluso alegan que podría tener el impacto más significativo en el aprendizaje⁽²¹⁾. Por ejemplo, una disección insuficiente de los grandes vasos provocaría una anastomosis más complicada o incluso imposible y, por lo tanto, el residente recibiría esta retroalimentación inherente a la tarea que intentaría mejorar en el siguiente proceso. Por otro lado, Ericsson et al. o Gómez et al., ensalzan la práctica repetitiva para lograr el dominio del procedimiento^(22,23). Como observamos en la tabla y en la gráfica, a partir del tercer intento mejoraron los tiempos y el resultado funcional de los procedimientos, lo que puede traducirse en una mayor experiencia basada en la corrección de los errores cometidos previamente. No obstante, en la anastomosis de la vena cava no se vio clara esta progresión, lo que interpretamos como una técnica con mayor grado de dificultad que requiere más tiempo para su control y automatismo. Probablemente con periodos de evaluación más largos en el tiempo de práctica se pueda delinear mejor la curva de aprendizaje y obtener un programa óptimo y completo con diferentes grados de complejidad. El establecimiento de tácticas y técnicas quirúrgicas que permitan realizar el procedimiento con mayor facilidad aumentará la motivación, estimulará la continuidad y mejorará la calidad general del cirujano durante el entrenamiento⁽¹¹⁾.

Frente a todas estas virtudes, existen cuestiones limitantes como, el principio de las 3R, la ética o la asociación con problemas legales en algunos países, resultando que los modelos de microcirugía en material sintético se ofrezcan para sustituir a los anteriores⁽²⁴⁻²⁶⁾. Lejos de oponernos a esta idea, consideramos que todo programa de experimentación debería empezar por modelos en material sintético para terminar con modelos de animales vivos, ya que son los que más se asemejan a la cirugía humana y suponen un paso esencial que aporta seguridad y destreza técnica al cirujano^(4,10,27). Un inconveniente añadido, es el coste elevado de los mismos. Para ello, en la primera fase utilizamos gasas, guantes de látex y silicona, materiales fácilmente disponibles y adecuados para la iniciación. Posteriormente aorta de rata criopreservada, que obtuvimos de otros cursos donde los grandes vasos no eran necesarios(28). Y, finalmente, elegimos la rata, ya que es un animal con fácil mantenimiento, menos costoso y permite realizar un elevado número de procedimientos en un mismo espécimen.

En conclusión, proponemos este modelo de formación fácil, sencillo y reproducible, en el que los procedimientos parecen adecuados para la progresión del residente en términos de tiempo quirúrgico y resultado funcional. Debemos seguir esforzándonos por conseguir maximizar la eficacia de la educación quirúrgica a través de la mejora en las habilidades técnicas, la autonomía y la confianza de los residentes a la hora de practicar de forma segura su actividad profesional. Lo que, en última instancia, maximizará la seguridad del paciente. La formación microquirúrgica de los cirujanos pediátricos se beneficiaría de programas estandarizados para optimizar los resultados y la adherencia al principio de las 3R.

La principal limitación de nuestro estudio fue que los datos obtenidos pertenecían a un solo residente de cirugía pediátrica. En el futuro, ampliaremos la recogida y análisis de datos de otros residentes y especialistas, lo que nos servirá para perfeccionar el modelo, integrar procedimientos más complejos y adaptarlos al nivel de cada profesional para tener conclusiones más sólidas. Otra de las limitaciones, es el pequeño número de procedimientos notificados en nuestra serie que podría hacerlos insuficientes para interpretar el efecto de la curva de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer al Insituto de Investigación del Hospital La Paz (IdiPAZ) por su incondicional apoyo, permitirnos el uso de sus instalaciones y cuidar a nuestros animales.

BIBLIOGRAFÍA

- Di Cataldo A, La Greca G, Rodolico M, Candiano C, Li Destri G, Puleo S. Experimental models in microsurgery. Microsurgery. 1998; 18(8): 454-9.
- Di Cataldo A, Li Destri G, Trombatore G, Papillo B, Racalbuto A, Puleo S. Usefulness of microsurgery in the training of the general surgeon. Microsurgery. 1998; 18(8): 446-8.
- Zhang F, Dorsett-Martin W, Fischer K, Angel M, Buncke HJ, Lineaweaver WC. Role of medical students in microsurgery research. J Reconstr Microsurg. 2001; 17(2): 89-93.
- Schimpke SW, Larson BM, Veenstra BR, Myers JA, Wojtowicz A, Velasco JM. Do one, do one, teach one: Altering the dogma using simulation-based training to maximize efficiency of surgical resident education. J Am Coll Surg. 2020; 231(1): 140-8.
- Malangoni MA, Biester TW, Jones AT, Klingensmith ME, Lewis FR. Operative experience of surgery residents: Trends and challenges. J Surg Educ. 2013; 70(6): 783-8.
- Mattar SG, Alseidi AA, Jones DB, Jeyarajah DR, Swanstrom LL, Aye RW, et al. General surgery residency inadequately prepares trainees for fellowship: Results of a survey of fellowship program directors. Ann Surg. 2013; 258(3): 440-7.

- George BC, Bohnen JD, Williams RG, Meyerson SL, Schuller MC, Clark MJ, et al. Readiness of US general surgery residents for independent practice. Ann Surg. 2017; 266(4): 582-94.
- Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Melfi F, Ferrari M, Mosca F, et al. Distribution of innate ability for surgery amongst medical students assessed by an advanced virtual reality surgical simulator. Surg Endosc. 2014; 28(6): 1830-7.
- Moglia A, Morelli L, Ferrari V, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. Distribution of innate psychomotor skills recognized as important for surgical specialization in unconditioned medical undergraduates. Surg Endosc. 2018; 32(10): 4087-95.
- Feijoo PG, Benito FEC, Kalra N, Cárdenas GP, Alegre MS, Sánchez CV, et al. Seven microaneurysms: Description of an experimental rodent model for neurovascular training. Turk Neurosurg. 2021; 31(2): 217-22.
- Neto BF de M, Neto FV de O, Secanho MS, Carvalho LB, Moragas WR, Fernandes MS. Submerged vascular anastomosis. A technique for vascular suturing in experimental microsurgery. Acta Cir Bras. 2021; 36(8): e360807.
- Lascar I, Tortir D, Cinca A, Cortan S, Stefanescu A, Bratianu R, et al. Traininf program and learning curve in experimental microsurgery during the resindency in plastic surgery. Microsurgery. 2009; 504-6.
- Juratli MA, Becker F, Palmes D, Stöppeler S, Bahde R, Kebschull L, et al. Microsurgical training course for clinicians and scientists: a 10-year experience at the Münster University Hospital. BMC Med Educ. 2021; 21(1): 1-10.
- Rodriguez JR, Yañez R, Cifuentes I, Varas J, Dagnino B. Microsurgery workout: A novel simulation training curriculum based on nonliving models. Plast Reconstr Surg. 2016; 138(4): 739e-747e.
- Onoda S, Kimata Y, Matsumoto K. Iliolumbar vein as a training model for microsurgical end-to-side anastomosis. J Craniofac Surg. 2016; 27(3): 767-8.
- Zhou SJ, Li EC, Jun H, Weng G Bin, Yuan HX, Hou JQ. Staged microvascular anastomosis training program for novices: Transplantation of both kidneys from one rat donor. Chin Med J (Engl). 2014; 127(4): 712-7.
- Kim SC, Fisher JG, Delman KA, Hinman JM, Srinivasan JK. Cadaver-based simulation increases resident confidence, initial exposure to fundamental techniques, and may augment operative autonomy. J Surg Educ. 2016; 73(6): e33-41.
- Di Cataldo A, Latino R, Perrotti S, Di Franco G, Gianardi D, Morelli L. Use of experimental microsurgery to improve resident autonomy and training. J Am Coll Surg. 2020; 231(5): 606-7.
- Koskinen J, Torkamani-Azar M, Hussein A, Huotarinen A, Bednarik R. Automated tool detection with deep learning for monitoring kinematics and eye-hand coordination in microsurgery. Comput Biol Med. 2022; 141: 105121.
- Chainey J, Elomaa AP, O'Kelly CJ, Kim MJ, Bednarik R, Zheng B. Eye-hand coordination of neurosurgeons: Evidence of action-related fixation in microsuturing. World Neurosurg. 2021; 155: e196-202
- Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. Med Teach. 2005; 27(1): 10-28.
- Ericsson KA. Acquisition and maintenance of medical expertise: A
 perspective from the expert-performance approach with deliberate
 practice. Acad Med. 2015; 90(11): 1471-86.

88 M. Velayos et al. CIRUGÍA PEDIÁTRICA

- 23. Gomez M, Nicot C, Verdier J, Baldini N, Blancheton A, Bourry M, et al. Does the repetition over a short time of a microsurgical suture improve its reliability? Hand Surg Rehabil. 2019; 38(6): 348-52.
- 24. Camargo CP, e Silva DI de SB de C, Maluf FC, Morais-Besteiro J, Gemperli R. A non-living, effective model for microvascular training. Acta Cir Bras. 2017; 32(12): 1087-92.
- Safi AF, Safi S, Tayeh M, Timmer M, Goldbrunner R, Kauke M. A novel microsurgical anastomosis training model using gradually thawed cryopreserved microvessels of rat cadavers. J Cranio-Maxillofacial Surg. 2018; 46(7): 1126-31.
- Capkin S, Cavit A, Kaleli T. Microsurgery training with smartphone.
 Handchirurgie Mikrochirurgie Plast Chir. 2018; 50(6): 443-5.
- 27. Tolba RH, Czigány Z, Osorio Lujan S, Oltean M, Axelsson M, Akelina Y, et al. Defining standards in experimental microsurgical training: Recommendations of the European Society for Surgical Research (ESSR) and the International Society for Experimental Microsurgery (ISEM). Eur Surg Res. 2017; 58(5-6): 246-62.
- Kinshoku MR, Rodriguez CAL, Fidalgo R de S, Duran CCG, Leme PLS, Duarte I da S. Uso racional de modelos animais para pesquisa e ensino de microcirurgia. Rev Col Bras Cir. 2012; 39(5): 414-7.