



Pontaje a órtico: un modelo experimental de entrenamiento microquirúrgico en la rata

Aortic bypass: an experimental model of microsurgical training in the rat

Víctor Manuel Rodríguez Sosa¹* <https://orcid.org/0000-0002-4755-2166>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. Facultad de Ciencias Médicas “Victoria de Girón”. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: victorm4357@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento en técnicas microquirúrgicas incluye la anastomosis termino-lateral. Esta se realiza en la rata de laboratorio mediante la elaboración de un modelo de pontaje a órtico.

Objetivo: Describir la técnica del pontaje a órtico en un modelo experimental en la rata.

Métodos: Se utilizaron 2 ratas Wistar (una como donante y la otra como receptora). La donante se aprovechó para hacer la extracción de la aorta abdominal el día del punto final de un proyecto de la facultad. A la receptora se le realizó el pontaje a órtico con la porción de la aorta extraída del donante mediante la realización de dos anastomosis termino-lateral. Ambas se anestesiaron con

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

tiopental sódico (60 mg/kg de peso) por vía intraperitoneal. Se emplearon gafalupas binoculares, instrumental microquirúrgico básico, microsuturas 10-0 de polipropileno y microclamps vasculares simples.

Resultados: La descripción de esta técnica permite que el residente y el especialista ejecuten este modelo de *bypass* aórtico con buenos resultados. Conlleva a alcanzar el tiempo estimado (menos de 30 - 45 min), a depurar esta técnica de sutura vascular y alcanzar la permeabilidad óptima de la anastomosis.

Conclusiones: La descripción de la técnica en este modelo de *bypass* aórtico es un excelente ejercicio para la adquisición de habilidades microquirúrgicas.

Palabras clave: anastomosis quirúrgica; *bypass*; ratas Wistar.

ABSTRACT

Introduction: Training in advanced microsurgical techniques includes end-to-side anastomosis, which is performed in laboratory rats using an aortic bypass model.

Objective: To describe the technique of aortic bypass in an experimental model in rats.

Methods: Two Wistar rats were used (one as the donor and the other as the recipient). The donor was used to harvest the abdominal aorta on the day of the end of a faculty project. The recipient underwent aortic bridge with the portion of the aorta harvested from the donor by creating two end-to-side anastomoses. Both were anesthetized with sodium thiopental (60 mg/kg of body weight) intraperitoneally. Binocular goggles, basic microsurgical instruments, 10-0 polypropylene microsutures, and simple vascular microclamps were used.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

Results: The illustrated description of this technique allows residents and specialists to successfully perform this aortic bypass model. It helps achieve the estimated time (less than 30-45 minutes), refine this vascular suturing technique, and achieve optimal anastomosis patency.

Conclusions: The description of the technique in this aortic bypass model is an excellent exercise for the acquisition of microsurgical skills.

Keywords: surgical anastomosis; bypass; Wistar rats.

Recibido: 21/04/2025

Aceptado: 25/7/2025

INTRODUCCIÓN

El bypass o pontaje vascular es una técnica quirúrgica de revascularización arterial que se realizó por primera vez en Francia en el año 1948 y ha resultado ser el método más eficaz de revascularización quirúrgica para tratar las enfermedades obstructivas agudas o crónicas. Consiste en derivar el flujo de sangre de un segmento arterial afectado por una obstrucción con el objetivo de restablecer el flujo, proximal o distal, del vaso sanguíneo, y restituir la perfusión vascular de los órganos o tejidos.⁽¹⁾

Es una técnica quirúrgica extendida en el mundo y utilizada por los cirujanos cardiovasculares, en aquellos pacientes que padecen de arterioesclerosis, en los que la formación de placas de ateromas provoca estrechamiento o la estenosis de los vasos, lo que puede obstruir su luz. Las zonas vasculares en las que con mayor frecuencia aparecen estas lesiones son las carótidas, coronarias y las arterias de las extremidades.⁽¹⁻³⁾

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

Cada vez más, se incorporan nuevos métodos quirúrgicos en la clínica humana para resolver problemas que antes no tenían solución. La microcirugía y de manera más reciente la supermicrocirugía, son las disciplinas que permiten emplear técnicas para la realización de procedimientos reconstructivos y terapéuticos de forma rutinaria.⁽⁴⁻⁶⁾

En el Centro de Cirugía Experimental de la Facultad de Medicina “Victoria de Girón”, desde la década de los años noventa se imparten los cursos de entrenamiento en microcirugía vascular y nerviosa experimental en dos modalidades: básico y avanzado, dirigido a residentes y especialistas de especialidades quirúrgicas como la cirugía plástica y reconstructiva, neurocirugía, cirugía cardiovascular, ortopedia, entre otras.⁽⁷⁾

El entrenamiento en técnicas microquirúrgicas de avanzada incluye entre los ejercicios a cumplimentar del programa, la anastomosis termino-lateral; esta se realiza en la rata de laboratorio mediante la realización de un pontaje o *bypass* aórtico, aunque existen otros modelos de sutura vascular que se emplean en centros o laboratorios de cirugía experimental del mundo.^(8, 9)

El objetivo del presente trabajo es describir la técnica del pontaje o bypass aórtico en un modelo experimental en la rata.

MÉTODOS

Se utilizaron 2 ratas machos de la línea Wistar suministradas por el Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) con su certificación sanitaria. Fueron mantenidas y tratadas según el programa de cuidado y uso de los animales de laboratorio y por personal calificado y competente en el Bioterio de la Facultad y en el Centro de Cirugía Experimental. Se cumplieron las normativas éticas nacionales e internacionales (Ley de las 3Rs).

Una de ellas (animal donante) formaba parte de un protocolo de investigación de uno de los

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

proyectos de la Facultad y el d á del punto final de la investigaci ón, que correspond á hacer la eutanasia para la toma de muestras de órganos, se realiz ó la extracci ón de la aorta abdominal. La eutanasia se realiz ó de acuerdo con las directrices internacionales.⁽¹⁰⁾

Los dos animales se anestesiaron con tiopental s ódico a raz ón de 60 mg/kg de peso corporal por v á intraperitoneal. Una vez dormidos se les rasur ó con m áquina el étrica la regi ón abdominal. Se aseptizaron ambas zonas con yodo alcoh ólico al 3 %. Se utilizaron dosis adicionales o de mantenimiento anest esico en el transoperatorio a la rata receptora, a raz ón del 25 % de la dosis inicial de inducci ón cuando fue necesario.

Se emple ó como medio de magnificaci ón, gafalupas binoculares 3x. tipo Galileo, instrumental microquir úrgico b ásico y microclamps vasculares simples. Para las anastomosis termino-laterales, se utiliz ó microsutura 10-0 de polipropileno con agujas 3/8 de curvatura y 5 mm de longitud.

Aspectos bio éticos

Fueron cumplidas las pautas establecidas para la protecci ón de los animales utilizados en experimentaci ón y el investigador actu ó con respeto, responsabilidad e integridad cient fica.

PRESENTACIÓN

Descripci ón de la t écnica

- Procedimiento I (animal donante)

Mediante una laparotom á xifopubiana y despu és de extraer los órganos de la rata donante, se procedi ó a extraer la aorta abdominal. De manera previa se ligaron las colaterales de esta, con microsutura 10-0 de polipropileno y se introdujo en una vasija con soluci ón salina fisiol ógica al 0,9 % para luego ser utilizada en la ejecuci ón del pontaje o bypass en la aorta del animal receptor. La eutanasia se realiz ó con la administraci ón de una sobredosis de tiopental s ódico de 500 mg v á

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





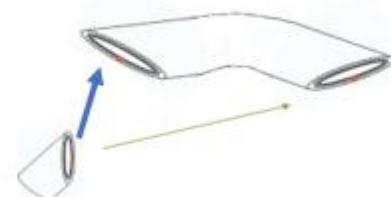
2025; 17: e981

intracardiaca con una jeringuilla de 5 ml con aguja hipodérmica 21G y 1 pulgada de largo. Se verificó el fallecimiento del animal.

La porción de la aorta se seccionó por ambos extremos de manera oblicua para facilitar las anastomosis termino-laterales en las bocas anastomóticas de la aorta donante (Foto y esquema 1).



Foto 1. Porción de arteria aorta donante



Esquema 1. Ambos extremos seccionados de manera oblicua

- Procedimiento II (animal receptor)

Se realizó una laparotomía xifopubiana. Se colocó un separador abdominal y se le extrajeron los órganos abdominales hacia la derecha, los cuales fueron protegidos con una gasa humedecida en solución salina fisiológica para evitar la desecación. Con las pinzas de microcirugía se comenzó a separar el retroperitoneo para visualizar los grandes vasos abdominales, la arteria aorta y la vena cava. A continuación, se inició la separación de la aorta de la vena cava, con el cuidado de no dañar esta última y evitar el sangramiento profuso. Una vez disecada la aorta y ligadas o electrocoaguladas las colaterales en una longitud suficiente, se pasó por debajo de esta una cinta de látex o silicona de color azul, verde o amarilla (una opción es una cinta hecha de un guante quirúrgico) que sirva de trasfondo (Foto 2).

A continuación, se colocaron los microclamps vasculares simples en la aorta, uno proximal y el otro distal y se procedió, con la tijera curva microquirúrgica, a tallar dos bocas anastomóticas de

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

diámetro semejante a los cabos terminales en la porción dorsal de la aorta donante (Foto 3). Se lavó la luz vascular con una solución heparinizada de suero fisiológico al 0,9 % con un irrigador 25G conectado a una jeringuilla de 2,5 ml.



Foto 2. Arteria aorta disecada y colocada la cinta de trasfondo

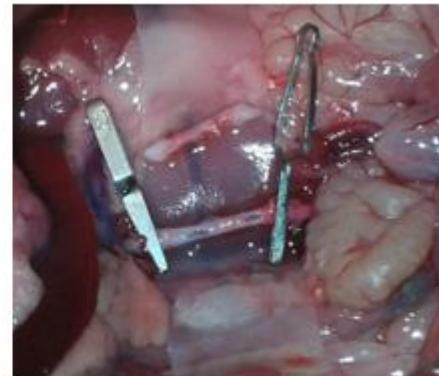


Foto 3. Bocas anastomóticas talladas en la aorta del receptor

Se comenzó la anastomosis termino-lateral suturando uno de los extremos de la porción de aorta donante en una de las bocas anastomóticas hechas en la aorta receptora, se dan 4 puntos gruesos equidistantes en sentido de la esfera del reloj (12, 3, 6 y 9) alrededor de los cuales se colocan el resto de los puntos hasta concluir toda la circunferencia. Esta misma maniobra se realiza con el otro extremo de la aorta donante en la correspondiente boca anastomótica de la aorta receptora y se finaliza el *bypass* (foto 4). Se retiraron las clamps vasculares, primero el distal y por último el proximal y se comprobó la permeabilidad, posibles puntos de sangramiento y si hay necesidad de dar algún punto adicional (foto 5).

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





Foto 4. Ambas bocas, proximal y distal de la aorta donante suturadas



Foto 5. Bypass concluido

Luego se realizó el test de permeabilidad o prueba de flujo (conocido también como *milking*, en inglés) con el objetivo de comprobar la estanqueidad de la anastomosis. En este caso se harán dos comprobaciones, pero antes se debe clampar o ligar para cerrar el flujo de la aorta donante intermedia entre ambas anastomosis del bypass para desviar de manera total el flujo por este.

Para la primera comprobación, se colocó una de las pinzas de microcirugía por encima de la sutura proximal del bypass en la aorta donante y se cerró esta con la oclusión de la luz vascular. La segunda pinza se colocó al lado de la primera y se arrastró o ordenó el contenido de sangre del segmento vascular del bypass, se cerró por delante de la sutura anastomótica de la porción de la aorta donante (bypass) distal y a continuación se abrió la primera pinza y se observó el relleno vascular que indicó que esa anastomosis estaba permeable (esquema 2).

Para comprobar la anastomosis distal se situó la primera pinza por delante de la sutura en la porción de la aorta donante (el bypass) y se cerró para ocluir el flujo. La segunda pinza, se colocó por detrás de la sutura en la aorta receptora y se arrastró o ordenó el contenido de sangre, desplazándola de manera más distal a esta y se ocluyó. Luego se abrió la primera pinza y se observó el relleno del bypass y de la aorta receptora. De esta manera se comprobó la anastomosis distal (esquema 3).

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons

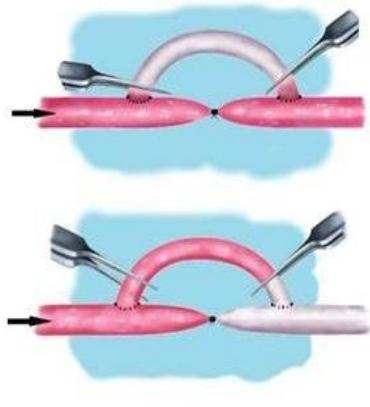




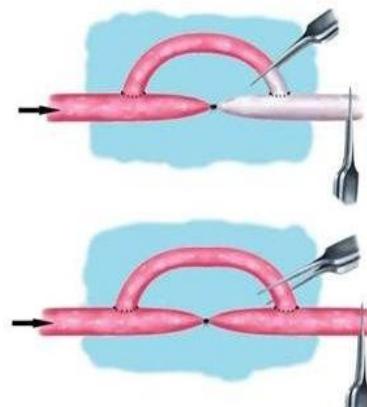
2025; 17: e981

La permeabilidad debe ser inmediata y si el relleno es insuficiente o no se efectúa, ha habido fallos técnicos o la presencia de un trombo en una u otra anastomosis realizada, según el resultado de la comprobación por partes.

Una vez concluido el ejercicio y las comprobaciones de flujo, se procedió a realizar la eutanasia del animal con el uso de una sobredosis de tiopental sódico que se administró por punción de la vena cava abdominal con una jeringuilla de 5 ml con aguja 25G ½ pulgada de largo. Se verificó la muerte del animal según los parámetros establecidos por las normas internacionales.



Esquema 2. Comprobación de la permeabilidad en la anastomosis proximal



Esquema 3. Comprobación de la permeabilidad en la anastomosis distal

Con la descripción de esta técnica y las ilustraciones que lo acompañan, bajo la supervisión del profesor durante el ejercicio, el residente o especialista es capaz de ejecutar este modelo de bypass aórtico en ratas, incluido en el programa de entrenamiento microquirúrgico de avanzada que se imparte en el Centro de Cirugía Experimental de la Facultad de Medicina “Victoria de Girón”. Esto conlleva a que los médicos, durante su rotación, se entrenen hasta alcanzar el tiempo

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

estimado (menos de 30-45 minutos), a depurar la técnica de sutura vascular y alcanzar la permeabilidad óptima de la anastomosis. Estos son los elementos primordiales en la curva de aprendizaje de la técnica de anastomosis termino-lateral con el uso de gafalupas binoculares 3x. Se ha constatado mediante la repetición de esta práctica durante el entrenamiento, que los resultados en cuanto a la adquisición de habilidades o destrezas necesarias son satisfactorios y suficientes para poder enfrentar los desafíos actuales en la clínica quirúrgica.

Son muchos los procedimientos que se emplean en los distintos cursos de entrenamiento microquirúrgico que se ofertan en el mundo en relación a los ejercicios que se utilizan para el aprendizaje de las anastomosis vasculares. Los más empleados han sido la interposición de la arteria femoral autóloga en la arteria carótida, el *shunt* porto-cava en la rata de laboratorio, la utilización de los vasos de la placenta humana, entre otros. No obstante, todos convergen en un mismo objetivo que radica en la obtención de las destrezas o habilidades por parte del residente o especialista. ^(5, 9, 11, 12)

El modelo de anastomosis termino-lateral que se incluye en este programa mediante la realización de un pontaje o *bypass* aórtico, también conocido como injerto aórtico heterólogo, y su repetición práctica durante el entrenamiento es factible de realizar por el cursista con resultados similares al de otros métodos empleados. Con él se logran tasas de éxito superiores al 95 % en profesionales que tienen una especialidad quirúrgica: residentes o cirujanos plásticos y reconstructivos, neurocirujanos y ortopédicos, los cuales ya una base previa en cirugía general.

Los ejercicios utilizados en el entrenamiento de microcirugía de avanzada favorecen la evaluación objetiva del desarrollo de habilidades y destrezas de los cirujanos en formación y a medida que avanzaban las actividades, permite valorar la pertinencia y el seguimiento de los ejercicios propuestos para lograr los objetivos del entrenamiento. ^(13, 14)

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





Agradecimientos

Al licenciado en enfermería Gabriel Rodríguez Corona por el diseño y realización digital de los esquemas que ilustran este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carbonell Cantí C. Reflexiones sobre una técnica quirúrgica: el bypass arterial. Discurso de recepción del académico electo. Real Academia de Medicina de la Comunidad Valenciana. Valencia, España [Internet]. 2012 [acceso: 22/03/2025]; 1-110. Disponible en: https://www.uv.es>III-03-Dr_Carbonell.pdf.
2. Gamero Medina V, Orgaz Alvarez M, Cedeño Poveda MF, Bautista Castro JJ, Cobos Alonso J. Complicaciones del Bypass Aórtico [Internet]. 2018. Disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/1290>
3. Camacho García, FJ, Ramírez León, JF, Rojas Galvis, MA, Cortés Barré, M, Cogua Cogua, LN. Guía de microcirugía en técnicas de entrenamiento en cirugía de mínima invasión [Internet]. Rev Colomb Ortop Traumatol. 2019 [acceso: 22/03/2025]; 33(52):18-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2019.07.007>
4. Lawton MT, Lang MJ. The future of open vascular neurosurgery: perspectives on cavernous malformations, AVMs, and bypasses for complex aneurysms [Internet]. J Neurosurg. 2019 [acceso: 22/03/2025]; 130(5):1409–25. Disponible en: <https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/130/5/article-p1409.xml>
5. Pérez Zabala J, Beldi F, Tovar A, Kuchlewska P, Nuñez M, Lozano G, Abojer L, Belziti H. Modelo integral de entrenamiento microquirúrgico y neuroendovascular con placenta humana [Internet]. Revista Argentina de Neurocirugía. 2020 [acceso: 22/03/2025]; 34(04). Disponible en: <https://www.ranc.com.ar/index.php/revista/article/view/149/113>
<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

6. Zapata Ospina A, Hoyos A. Técnica de microcirugía para entrenamiento en supermicrocirugía [Internet]. Rev Col Cirugía Plástica y Reconstructiva. 2023 [acceso: 22/03/2025]; 29(1):39-44 Disponible en: <http://www.ciplastica.com>
7. Rodríguez Sosa VM, Domínguez López HA, Zubizarreta Hernández I, Gutiérrez González A, Aliaga Aliaga Y. Entrenamiento básico de microcirugía. Centro de Cirugía Experimental, Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas “Victoria de Girón” [internet]. Rev Haban Cienc Méd. 2018 [acceso: 26/03/2025]; 18(1):17-29. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2228>
8. Pruthi N, Tyagi G, Gohil D. End-to-side microvascular anastomosis on rat femoral vessels using only 2-throw knot interrupted sutures—evaluation of feasibility and patency rates on rat femoral vessels model [Internet]. World Neurosurg. 2021; 148: e145–e50. DOI: [10.1016/j.wneu.2020.12.078](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.12.078)
9. Thamm OC, Eschborn J, Schäfer RC, Schmidt J. Advances in Modern Microsurgery [Internet]. J Clin Med. 2024; 13: 5284. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13175284>
10. American Veterinary Medical Association (AVMA) [Internet]. 2022. Human-animalbond.AVMA.org. Disponible en: <https://www.avma.org/kb/resources/reference/human.animalbond/pages/human.animal-bond-avma>.
11. Rusly Hariantana Hamid, AR. Optimizing microsurgery training for plastic surgery resident: A systematic review [Internet]. Neurologico Spinales Medico Chirurgico. 2022 [acceso: 29/03/2025]; 5(1):45-51 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/365374560_Optimizing_microsurgery_training_for_plastic_surgery_resident_A_systematic_review
12. Velayos M, Estefanía Fernández K, Muñoz Serrano AJ, Delgado Miguel C, Sarmiento Caldas MC, Moratilla Lapeña L, et al. Hacia un programa inicial de formación estandarizado en <http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e981

microcirugía experimental para cirujanos pediátricos [Internet]. Cir Pediatr. 2023 [acceso: 29/03/2025]; 36: 83-89 Disponible en: https://secipe.org/coldata/upload/revista/2023_36-2ESP_83.pdf

13. Javid P, Aydin A, Mohanna PN, Dasgupta P, Ahmed K. Current status of simulation and training models in microsurgery: A systematic review [Internet]. Microsurgery. 2019; 39 (7): 655-68. DOI: [10.1002/micr.30513](https://doi.org/10.1002/micr.30513)

14. Kania K, Chang DK, Abu-Ghname A, Reece EM, Chu CK, Maricevich M, et al. Microsurgery Training in Plastic Surgery [Internet]. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2020; 8(7): e2898. DOI: [10.1097/GOX.0000000000002898](https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000002898)

Conflictos de interés

El autor no refiere conflictos de interés.

Información financiera

El autor no recibió financiación para la realización de este trabajo.

Contribución de los autores

Autor único

Disponibilidad de datos

No hay datos asociados con este artículo.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons

