

Desarrollo y evaluación de modelo *ex vivo* para entrenamiento de anastomosis intracorpórea en hemicolectomía derecha laparoscópica

Cristián Jarry T.¹, Martín Inzunza A.¹, Felipe Bellolio R.², Carlo Marino C.^{1,3}, Pablo Achurra T.^{1,3}, Julián Varas C.¹ y José Tomás Larach K.²

Development and assessment of an *ex vivo* simulated model for intracorporeal anastomosis training in laparoscopic right hemicolectomy

Introduction: Although intracorporeal anastomosis has demonstrated clinical benefits over extracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy, its application has been limited due to its technical difficulty and longer learning curve. The present study aims to develop and evaluate a simulated model to train this procedure. **Materials and Method:** An *ex vivo* tissue model was developed with porcine colon and bovine small bowel mounted in a laparoscopic simulator. This was subsequently modified based on semi-structured interviews to experts until the final model was achieved. To evaluate appearance and reaction to the model, the participants performed an ileocolic mechanical anastomosis in the model and answered a survey. **Results:** Twelve subjects participated. Four colorectal surgeons, 4 colorectal surgery fellows, 2 residents of general surgery, 1 general surgeon and 1 upper digestive surgeon. Of all subjects, 91.6%, 83.3% and 75% deemed ergonomics achieved, the use of instruments, and the anatomical relationship between structures as similar to reality, respectively. All participants deemed the model useful to train laparoscopic manual suturing, while 91.6% and 83.3% of them considered it useful to train enterotomies and the use of an endostapler, respectively. All declared that the model allows to understand the proposed technique. **Conclusion:** This model would be useful to train critical skills to perform an intracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy. Its incorporation into an advanced simulated laparoscopy training program could help shorten the learning curve of this procedure.

Key words: simulation training; surgical anastomosis; colorectal surgery; laparoscopy.

Resumen

Introducción: Si bien la anastomosis intracorpórea (AI) ha demostrado beneficios clínicos sobre la anastomosis extracorpórea (AE) en la hemicolectomía derecha laparoscópica (HDL), su aplicación ha sido limitada por su dificultad técnica y curva de aprendizaje más larga. El presente estudio busca desarrollar y evaluar un modelo simulado para entrenar este procedimiento. **Materiales y Método:** Se desarrolló un modelo en base a tejido *ex vivo*, con colon porcino e intestino bovino, montados en un simulador de laparoscopia. Este se modificó sucesivamente en base a entrevistas semiestructuradas a cirujanos hasta lograr el modelo final. Para evaluar apariencia y reacción al modelo, coloproctólogos, cirujanos y residentes previamente expuestos a entrenamiento simulado, realizaron una ileotransverso anastomosis mecánica en el modelo y luego contestaron una encuesta. **Resultados:** Doce sujetos participaron. Cuatro coloproctólogos, 4 residentes de coloproctología, 2 residentes de cirugía general, 1 cirujano general y 1 cirujano digestivo. El 91,6% valoró positivamente la ergonomía lograda, mientras que el 83,3% y 75% valoraron positivamente el uso del instrumental y la relación anatómica entre estructuras, respectivamente. Todos los participantes consideraron el modelo útil para entrenar sutura manual laparoscópica, el 91,6% para entrenar enterotomías y 83,3% para entrenar el uso de endograpadora. Todos declararon que el módulo permite entender y reflexionar sobre la técnica propuesta. **Conclusión:** Este modelo desarrollado sería útil para entrenar habilidades críticas para realizar una AI en HDL. Su incorporación a un programa de entrenamiento en laparoscopia avanzada podría contribuir a acortar la curva de aprendizaje de este procedimiento. **Palabras clave:** entrenamiento simulado; anastomosis quirúrgica; cirugía colorrectal; laparoscopia.

¹Centro de Simulación y Cirugía Experimental, Pontificia Universidad Católica de Chile.

²Unidad de Coloproctología, Departamento de Cirugía Digestiva, Pontificia Universidad Católica de Chile.

³Departamento de Cirugía Digestiva, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Recibido el 2 de mayo de 2019 y aceptado para publicación el 3 de junio de 2019.

Correspondencia a: Dr. José Tomás Larach K. jtllarach@uc.cl

Introducción

La hemicolectomía derecha laparoscópica (HDL) se considera difícil por las relaciones anatómicas del colon y mesocolon derecho y transverso; pero, especialmente por la mayor variabilidad de la anatomía vascular en comparación al colon izquierdo¹. En la mayoría de los centros a nivel mundial, la reconstrucción en la HDL se realiza de manera extracorpórea, a través de una minilaparotomía periumbilical (cirugía laparoasistida). Esto, porque la anastomosis intracorpórea (AI) agrega mayor dificultad al procedimiento, entre otras cosas, por la necesidad de realizar sutura intracorpórea para el cierre de las enterotomías, lo que se asocia a una curva de aprendizaje más larga para el cirujano¹.

Especialmente en la última década, la AI se ha desarrollado gracias al cúmulo de experiencia en cirugía laparoscópica, la estandarización de la técnica en la colectomía laparoscópica y el desarrollo de la cirugía asistida por robot (que facilita la sutura intracorpórea). Además, actualmente contamos con evidencia que demuestra ventajas de la AI sobre la anastomosis extracorpórea (AE), como por ejemplo, elegir el sitio de extracción de la pieza operatoria, una incisión de menor tamaño^{2,3}, recuperación más precoz de la función gastrointestinal⁴⁻⁶, disminución de la estadía hospitalaria^{4,7}, menor tasa de infecciones de herida operatoria^{2,7}, y complicaciones a corto plazo^{3,7}, además de una menor tasa de hernias incisionales a largo plazo². A pesar de estas ventajas, la AI no ha penetrado significativamente en el ámbito de la cirugía colorrectal por asociarse a mayor dificultad técnica y una curva de aprendizaje más larga que la AE¹.

La simulación quirúrgica durante los últimos años se ha convertido en un área de progresivo desarrollo^{8,9} y surge como una opción para acortar las curvas de aprendizaje. Existen hoy modelos sintéticos simples y modelos complejos construidos en base a tejido *ex vivo* que permiten recrear situaciones quirúrgicas con alta fidelidad^{10,11}. Estos avances han hecho posible demostrar que mediante la práctica deliberada, *feedback* efectivo y modelos validados, sujetos en etapas iniciales de formación pueden lograr destrezas comparables a las de expertos¹²⁻¹⁴. Además, programas de simulación han reportado acortar curvas de aprendizaje, reducir los costos de entrenamiento quirúrgico y las complicaciones asociadas a error médico¹⁵⁻¹⁹.

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo simulado de tejido *ex vivo* que permita el

entrenamiento de una AI en HDL. Además, evaluar su apariencia y la reacción de los participantes al entrenamiento en el modelo.

Materiales y Método

Diseño de estudio

Estudio descriptivo de investigación en educación quirúrgica basada en simulación. El presente estudio fue aprobado por el comité de ética de nuestra institución.

Desarrollo del modelo simulado

Se construyó un modelo de aprendizaje simulado en base a tejido *ex vivo* y material doméstico de bajo costo. El proceso de desarrollo siguió una metodología Lean²⁰. Esta metodología, frecuentemente utilizada en el desarrollo de tecnologías, consiste en realizar un producto mínimo viable y realizar mejoras consecutivas en base a evaluación constante por parte de potenciales usuarios finales. Participaron de este proceso coloproctólogos, residentes de coloproctología, residentes de cirugía general y cirujanos generales con experiencia en simulación quirúrgica. Se recogió la opinión respecto de los modelos consecutivos en base a encuestas *online*, focus groups y entrevistas semi-estructuradas breves.

Durante el proceso de desarrollo, se analizó un registro en video de HDL con AI en el modelo simulado. Además, se obtuvo registro en vivo de AI en HDL en pacientes reales para la descripción de la ergonomía del cirujano y la posición de los trocares.

Se utilizó simulador laparoscópico, previamente validado²¹, con cámara de video en resolución 1080p y con 4 puertos para instrumental laparoscópico.

Procedimiento de evaluación

Se definió la realización de una anastomosis latero-lateral, isoperistáltica, mecánica, como el estándar a realizar en el modelo simulado. La técnica sugerida fue presentada a los sujetos de estudio mediante un video de un experto realizando el procedimiento.

Evaluación de apariencia y reacción

Para evaluar apariencia y reacción al modelo, se citó a coloproctólogos, residentes de coloproctología y residentes de cirugía general a efectuar la anastomosis en el modelo, todos ellos con experiencia previa en simulación. Previo a realizar

el ejercicio, todos vieron un video tutorial y un ayudante resolvió dudas cuando fue necesario. El desempeño de todos los participantes fue video-grabado directamente desde el simulador y se almacenó codificado. Una vez finalizada la sesión, se solicitó a los participantes contestar una encuesta sobre experiencia quirúrgica basal previa y su impresión respecto al modelo en términos de similitud con la realidad quirúrgica y utilidad para el entrenamiento.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva.

Resultados

Desarrollo del modelo simulado

Se desarrolló un primer modelo en base a colon porcino e intestino bovino, montados sobre carpeta de papel, la que se dispuso al interior de simulador laparoscópico. Se utilizó para este primer modelo, ambos trocares inferiores, separados por una distancia de 21,2 cm. Este fue evaluado por 1 coloproctólogo, 3 residentes de cirugía colorrectal y 1 residente de cirugía general. El 80% (n = 4) reportó que el tejido representaba de manera fidedigna la realidad quirúrgica y el 80% (n = 4) que la disposición del instrumental y ergonomía con la que se enfrentaba el procedimiento era similar a la realidad en pabellón. Mediante entrevistas semiestructuradas, se recibieron críticas en términos de disposición y angulación del instrumental y respecto a la tensión y peso ofrecido por los tejidos, a causa de no existir un “meso” (Figura 1).

Después de esta primera etapa, se desarrolló un segundo modelo (M2) también en base a tejido *ex vivo*, al cual se agregó un paño esponjoso para simular la tracción del mesocolon transverso. Este modelo fue evaluado por un coloproctólogo del equipo de investigación y en base a las sugerencias se optimizó el meso simulado y la ubicación del instrumental para crear un tercer modelo (M3).

Este M3 consistió en un colon porcino, con una esponja y solución jabonosa en su interior, lo cual le dio peso y consistencia, dispuesto al costado de un intestino bovino suturado a una esponja (lo que replicó la tensión y altura obtenida una vez que el meso es traccionado para comenzar la anastomosis). Además, se dispuso el simulador de manera perpendicular al cirujano, de manera de hacer uso de los trócares dispuestos en flanco izquierdo del simulador a una separación de 11,5 cm (Figuras 2, 3, 4 y 5).

Evaluación de apariencia y reacción al modelo

Se citó a realizar la AI sobre el tercer modelo a un total de 12 sujetos. Cuatro (33,3%) de ellos coloproctólogos, 4 (33,3%) residentes de cirugía colorrectal, 2 (16,7%) residentes de cirugía general, 1 (8,3%) cirujano general y 1 (8,3%) cirujano digestivo. El 83,3% (n = 10) de ellos, con entrenamiento previo formal en sutura intracorpórea. El 91,6% (n = 11) con más de 200 procedimientos laparoscópicos realizados como primer cirujano. En la Tabla 1 se describe la experiencia quirúrgica basal previa del grupo de estudio. La totalidad de los sujetos completaron la tarea quirúrgica. Se obtuvo su impresión respecto del modelo mediante encuesta *online*.

Respecto a la fidelidad del modelo, el 91,6% (n = 11) valoró positivamente la similitud con el colon y la ergonomía lograda, 83,3% (n = 10) el uso del instrumental y 75% (n = 9) la relación anatómica entre las estructuras (Figura 6). El 100% (n = 12) consideró útil el modelo para el entrenamiento, de sutura manual laparoscópica; 91,6% (n = 11) para entrenar la realización de una enterotomía y 83,3% (n = 10) para entrenar el uso de endograpadora lineal (Figura 7). Todos los participantes declararon que el módulo permite entender y reflexionar sobre la técnica quirúrgica propuesta.

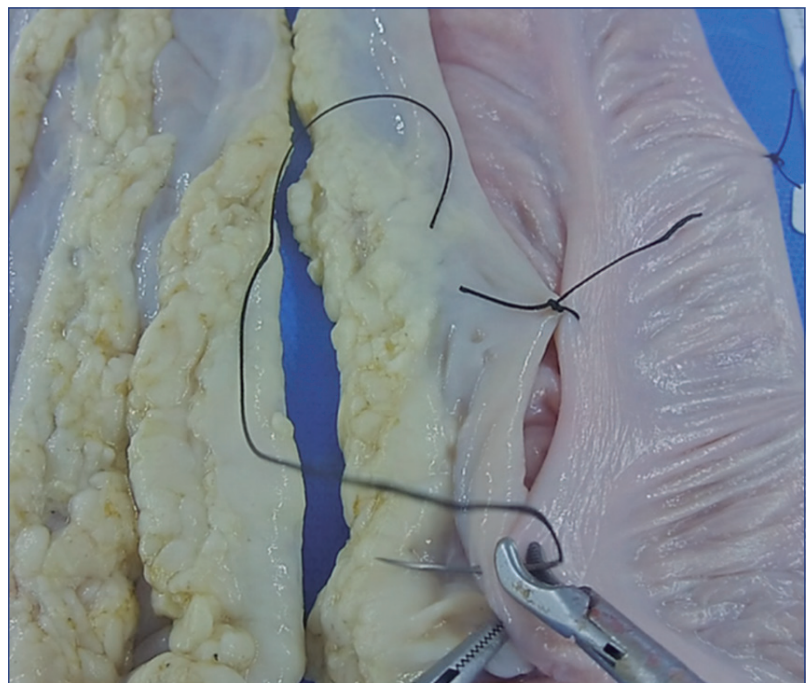


Figura 1. Modelo inicial o “producto mínimo viable”.

ARTÍCULO ORIGINAL

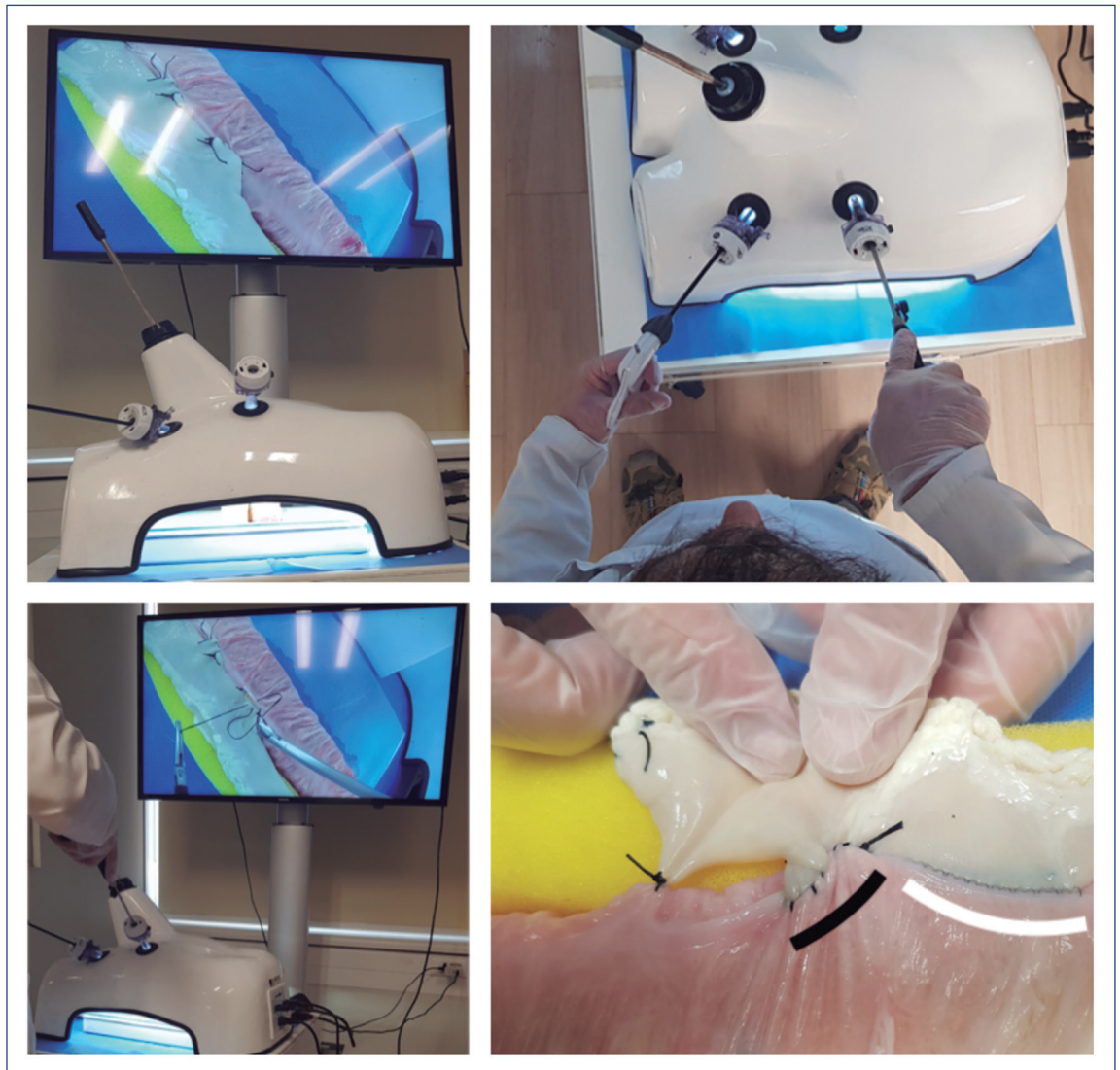


Figura 2. Disposición del modelo y simulador. A derecha, inferior, revisión de anastomosis. Inferior derecha, resultado final: cierre de enterotomía (línea negra); cierre por endograpadora (línea blanca).

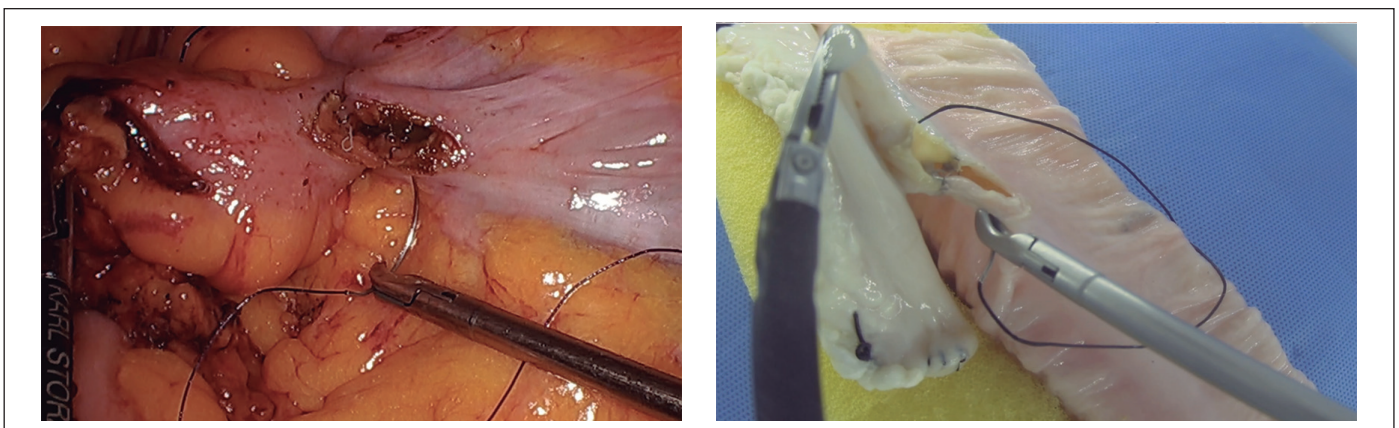


Figura 3. Ángulo inferior mediante punto reverse en intraoperatorio y Modelo 3.

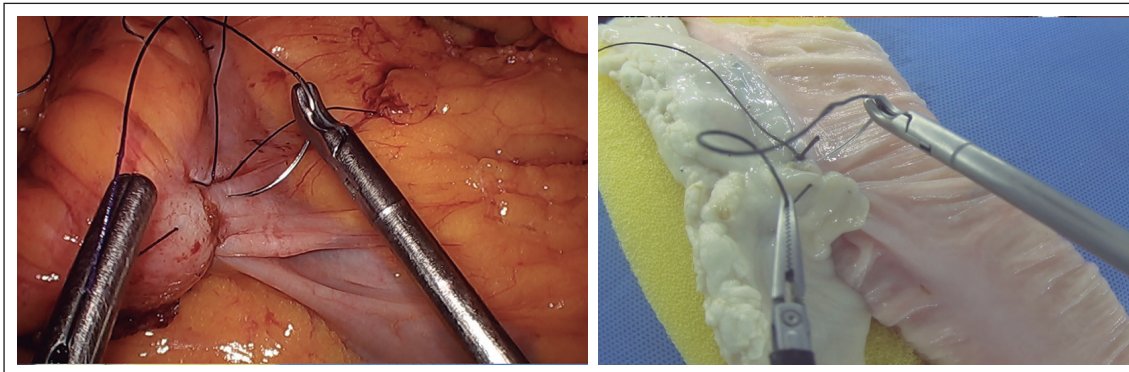


Figura 4. Punto en cara anterior (cierre de enterotomía producida por endograpadora) en intraoperatorio y Modelo 3.

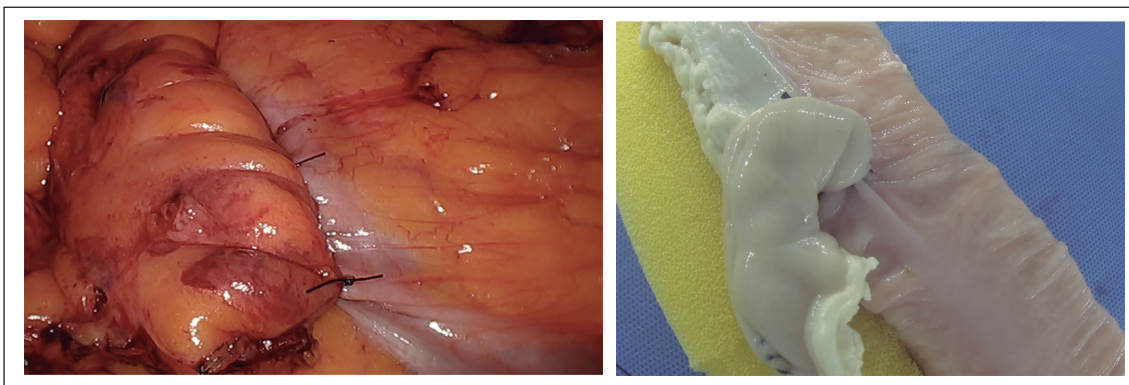


Figura 5. Anastomosis terminada en intraoperatorio y Modelo 3.

Tabla 1. Descripción de la muestra. Se muestra porcentaje (número absoluto)

Descripción de la muestra		
Nivel de formación	Residente cirugía general	16,7 (2)
	Cirujano general	8,3 (1)
	Residente de cirugía colorrectal	33,3 (4)
	Cirujano digestivo	8,3 (1)
	Cirujano colorrectal	33,3 (4)
Entrenamiento laparoscópico previo (en escenario simulado)	Nivel básico (FLS o equivalente)	83,3 (10)
	Nivel avanzado (entrenamiento en anastomosis manual)	83,3 (10)
	Cursos abreviados/Workshops	8,3 (1)
	Ninguno	8,3 (1)
Procedimientos laparoscópicos (1 ^{er} cirujano)	> 200 casos	75 (9)
	100-199 casos	16,7 (2)
	10-99 casos	8,3 (1)
Procedimientos laparoscópicos en cirugía colorrectal (como 1 ^{er} cirujanos o 2 ^o cirujano/ayudante)	> 200 casos	33,3 (4)
	100-199 casos	16,7 (2)
	10-99 casos	41,7 (5)

ARTÍCULO ORIGINAL

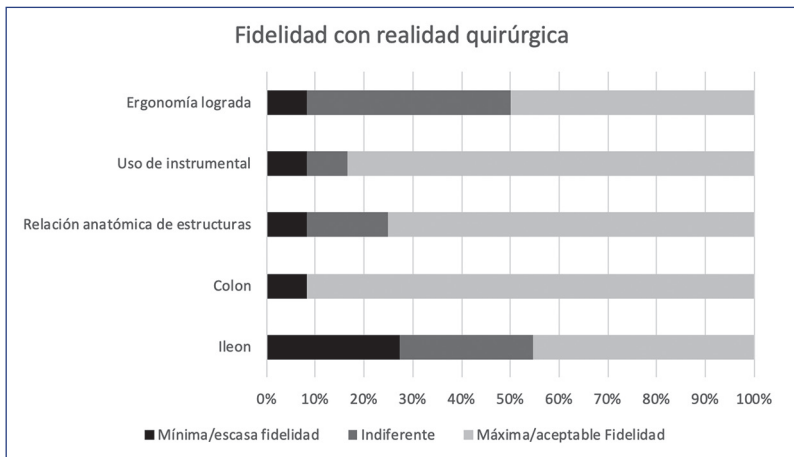


Figura 6. Fidelidad con la realidad quirúrgica.

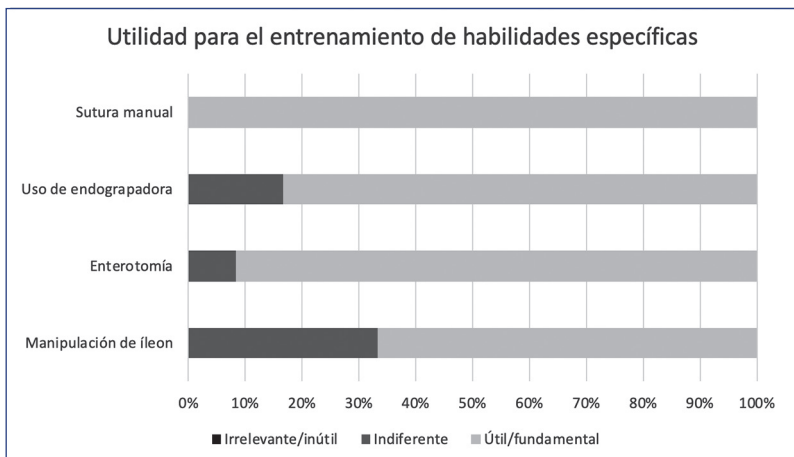


Figura 7. Reacción al entrenamiento.

Discusión

La simulación como herramienta educacional ha adquirido un rol fundamental como complemento educacional de los programas quirúrgicos a lo largo del mundo. El desarrollo y validación de entrenamientos en escenario simulado ha presentado un crecimiento sostenido y cada vez más procedimientos son susceptibles de ser aprendidos bajo esta modalidad. A la fecha, algunas propuestas de simulación en HDL han sido presentadas, sin embargo, no se reporta validación ni un rol de esta herramienta en el entrenamiento de sutura intracorpórea²². Otros modelos se han publicado, principalmente haciendo uso de cadáveres, modelos animales vivos anestesiados y realidad virtual²³⁻²⁵. Sin embargo, estos últimos no permitirían un entrenamiento constante

dadas las implicancias logísticas y los elevados costos asociados.

El modelo presentado, tiene un parecido aceptable con la realidad quirúrgica a juicio de cirujanos que se exponen frecuentemente a HDL. Sus componentes permiten el entrenamiento de las habilidades necesarias para el desarrollo de una ileotransverso-anastomosis intracorpórea en contexto de una HDL. Otra ventaja que presenta el modelo es su bajo costo y facilidad de ensamblado; aspectos que le permiten ser fácilmente reproducible.

Las principales dificultades que identificamos en el desarrollo de este modelo, es el bajo número de expertos que en nuestro país realizan AI en HDL, y en consecuencia, el bajo número de coloproctólogos que evaluaron la similitud con la realidad quirúrgica. Sin embargo, consideramos que la metodología utilizada (Lean) permitió perfeccionar un prototipo inicial priorizando la evaluación repetitiva de los modelos propuestos por un equipo pequeño de expertos, por sobre evaluaciones únicas realizadas por un gran equipo, como es reportado frecuentemente el desarrollo de modelos simulados en la literatura.

Desde el punto de vista educacional, el objetivo de este estudio no sólo fue obtener un modelo similar a la realidad quirúrgica, sino además evaluar la reacción de potenciales educandos a una sesión de prueba (nivel 1 para evaluar la efectividad de un programa de entrenamiento según el psicólogo Kirkpatrick²⁶). Si bien es fundamental obtener opiniones de expertos en esta etapa de desarrollo, incorporamos a nuestra muestra profesionales de distintos niveles de formación, ya que consideramos relevante objetivar una reacción positiva respecto a la instancia de aprendizaje propuesta por parte de los alumnos que serán susceptibles a ésta. Cabe destacar, que la validez de apariencia es actualmente un concepto controversial, ya que no sería un elemento que efectivamente entrega validez a un constructo o *test*. Es por ello, que presentamos los resultados a modo de evaluación y medición de reacción, y consideraremos validado nuestro módulo de entrenamiento en cuanto se logre determinar validez de constructo y otros de los componentes propuestos por Messick²⁷.

El modelo presentado está orientado a coloproctólogos y cirujanos en formación en cualquier centro de entrenamiento con simuladores tradicionales. Como proyección futura, surge la posibilidad de obtener validez de constructo para diseñar un programa de entrenamiento formal. Este, podría complementar la formación de cirujanos en el área de coloproctología, permitiéndoles optimizar su curva de aprendizaje en AI en escenario simula-

do y, finalmente, transferir estas habilidades al pabellón. Esperamos de esta forma, al mediano plazo, obtener la validez de constructo y montar un módulo de entrenamiento para ampliar la oferta de coloproctólogos capacitados para realizar HDL con AI y expandir los potenciales beneficios de esta técnica.

Conclusión

El modelo simulado de entrenamiento presentado sería útil para el entrenamiento de habilidades críticas para la confección de una anastomosis intracorpórea en hemicolectomía derecha laparoscópica.

Su incorporación a un programa de entrenamiento estructurado, podría contribuir a acortar la curva de aprendizaje para realizar este procedimiento.

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 en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflictos de interés: no hay.

Bibliografía

- Jamali FR, Soweid AM, Dimassi H, Bailey C, Leroy J, Marescaux J. Evaluating the degree of difficulty of laparoscopic colorectal surgery. *Arch Surg.* 2008;143:762-7. doi:10.1001/archsurg.143.8.762.
- Ricci C, Casadei R, Alagna V, Zani E, Taffurelli G, Pacilio CA, et al. A critical and comprehensive systematic review and meta-analysis of studies comparing intracorporeal and extracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy. *Langenbeck's Arch Surg.* 2017;402:417-27. doi:10.1007/s00423-016-1509-x.
- Wu Q, Jin C, Hu T, Wei M, Wang Z. Intracorporeal Versus Extracorporeal Anastomosis in Laparoscopic Right Colectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2017;27:348-57. doi:10.1089/lap.2016.0485.
- Feroci F, Lenzi E, Garzi A, Vannucchi A, Cantafio S, Scatizzi M. Intracorporeal versus extracorporeal anastomosis after laparoscopic right hemicolectomy for cancer: A systematic review and meta-analysis. *Int J Colorectal Dis.* 2013;28:1177-86. doi:10.1007/s00384-013-1651-7.
- Milone M, Elmoro U, Vignali A, Gennarelli N, Manigrasso M, Burati M, et al. Recovery after intracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy: a systematic review and meta-analysis. *Langenbeck's Arch Surg.* 2018;403:1-10. doi:10.1007/s00423-017-1645-y.
- Vignali A, Bissolati M, De Nardi P, Di Palo S, Staudacher C. Extracorporeal vs Intracorporeal Ileocolic Stapled Anastomoses in Laparoscopic Right Colectomy: An Interim Analysis of a Randomized Clinical Trial. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2016;26:343-8. doi:10.1089/lap.2015.0547.
- van Oostendorp S, Elfrink A, Borstlap W, Schoonmade L, Sietses C, Meijeirinj J, et al. Intracorporeal versus extracorporeal anastomosis in right hemicolectomy: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2017;31:64-77. doi:10.1007/s00464-016-4982-y.
- Qayumi K, Pachev G, Zheng B, Ziv A, Koval V, Badiel, et al. Status of simulation in health care education: an international survey. *Adv Med Educ Pract.* 2014;5:457-67. doi:10.2147/AMEP.S65451
- Richard K, Reznick HM. Changes in the wind. *N Engl J Med.* 2006;355:2664-9. doi:10.1021/jf052913o.
- Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care* 2008;23:157-66. doi:10.1016/j.jcrc.2007.12.004
- Choy I, Okrainec A. Simulation in surgery: Perfecting the practice. *Surg Clin North Am.* 2010;90:457-73. doi:10.1016/j.suc.2010.02.011.
- Varas J, Mejía R, Riquelme A, Maluenda F, Buckel E, Salinas J, et al. Significant transfer of surgical skills obtained with an advanced laparoscopic training program to a laparoscopic jejunojunostomy in a live porcine model: Feasibility of learning advanced laparoscopy in a general surgery residency. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2012;26:3486-94. doi:10.1007/s00464-012-2391-4.
- Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, et al. Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training. *Br J Surg.* 2014;101:1063-76. doi:10.1002/bjs.9482.
- Beyer-Berjot L, Palter V, Grantcharov T. Simulation-Based Surgical Education Advanced training in laparoscopic abdominal surgery : A systematic review. *Surgery* 156:676-88. doi:10.1016/j.surg.2014.04.044.
- Aggarwal R, Darzi A. Simulation to enhance patient safety: Why aren't we there yet? *Chest* 2011;140:854-8. doi:10.1378/chest.11-0728.
- Aggarwal R, Grantcharov T, Moorthy K, Milland T, Papasavas P, Dosis A, et al. An evaluation of the feasibility, validity, and reliability of laparoscopic skills assessment in the operating room. *Ann Surg.* 2007;245:992-9. doi:10.1097/01.sla.0000262780.17950.e5.
- Cohen ER, Feinglass J, Barsuk JH, Barnard C, O'Donnell A, McGaghie WC, et al. Cost savings from reduced catheter-

ARTÍCULO ORIGINAL

- related bloodstream infection after simulation-based education for residents in a medical intensive care unit. *Simul Healthc.* 2010;5:98-102. doi:10.1097/SHH.0b013e3181bc8304.
18. Bae DS, Lynch H, Jamieson K, Yu-Moe CW, Roussin C. Improved Safety and Cost Savings from Reductions in Cast-Saw Burns after Simulation-Based Education for Orthopaedic Surgery Residents. *J Bone Jt Surg - Am.* 2017;99:1-6. doi:10.2106/JBJS.17.00199.
 19. Kolozsvari NO, Feldman LS, Vassiliou MC, Demyttenaere S, Hoover ML. Sim one, do one, teach one: Considerations in designing training curricula for surgical simulation. *J Surg Educ.* 2011;68:421-7. doi:10.1016/j.jsurg.2011.03.010.
 20. Silva SEP, Calado RD, Silva MB, Nascimento MA. Lean Startup Applied in Healthcare: A Viable Methodology for Continuous Improvement in the Development of New Products and Services. Vol 6. IFAC; 2013. doi:10.3182/20130911-3-BR-3021.00054.
 21. Achurra P, Lagos A, Avila R, Tejos R, Buckel E, Alvarado J, et al. Allowing new opportunities in advanced laparoscopy training using a full high-definition training box. *Surg Innov.* 2017;24:66-71. doi:10.1177/1553350616672963.
 22. Ansell J, Goddard S, Gupta V, Warren N, Williams G, Haray P, et al. A new *ex vivo* animal simulation model for skills training in laparoscopic colorectal surgery. *Bull R Coll Surg Engl.* 2014;96:122-4. doi:10.1308/003588414X13814021678637.
 23. Stevens D, Mason J, Torkington J. Establishing construct validity in an animal tissue model for laparoscopic right hemicolectomy: A feasibility study. *Int J Surg.* 2011;9:506-7. doi:10.1016/j.ijsu.2011.07.059.
 24. Sliker JC, Theeuwes HP. Training in laparoscopic colorectal surgery : a new educational model using specially embalmed human anatomical specimen. 2012:2189-94. doi:10.1007/s00464-012-2158-y.
 25. Celentano V. Need for simulation in laparoscopic colorectal surgery training. *World J Gastrointest Surg.* 2015;7:185. doi:10.4240/wjgs.v7.i9.185.
 26. Kirkpatrick JD, Kirkpatrick WK. Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation. Alexandria, VA, USA: ATD Press; 2016.
 27. Borgersen NJ, Naur TMH, Sørensen SMD, Bjerrum F, Konge L, Subhi Y, et al. Gathering Validity Evidence for Surgical Simulation: A Systematic Review. *Ann Surg.* 2018;267:1063-8. doi:10.1097/SLA.0000000000002652.