



FACULTAD DE MEDICINA

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Médico**

**Desarrollo de destrezas quirúrgicas con simulación versus
método mínimo invasivo clásico (Halsted), en residentes de
áreas quirúrgicas y cirujanos. Revisión sistemática, 2021**

Autores:

María Fernanda Ormaza Astudillo

María Rosa Arroyo Larriva

Director:

Dra. Doris Sarmiento Altamirano

Cuenca, Ecuador

2022

DEDICATORIA

A mi hija Doménica Alejandra y mi compañero de vida Carlos Rojas, quienes me han apoyado cada día y han comprendido mi ausencia, les dedico mis logros por todos los sacrificios que han tenido que hacer para ayudarme a cumplir mis sueños.

María Fernanda Ormaza Astudillo

Dedicado a quienes han sido testigos de mis esfuerzos , caídas y logros en los años de estudio de mi carrera. A mis padres Francisco y Rosa que me brindan su apoyo y cariño incondicional siendo mi pilar y fortaleza. Mi hermano Francisco nunca dejó de creer en mi capacidad para continuar adelante. A mi tío Diego Torres que me inculcó desde niña el amor por la medicina.

María Rosa Arroyo Larriva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos en este largo caminar y por brindarme la fortaleza para continuar a pesar de los obstáculos.

A mis padres y hermanos quienes han fomentado en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo, gracias por todo su apoyo y cariño.

A la Dra. Doris Sarmiento Altamirano por guiarnos en la elaboración de este trabajo y por todo lo compartido, más que nuestra tutora ha sido una amiga quien con paciencia nos ha enseñado tanto en todo el proceso y nos ha motivado a seguir adelante.

A mi compañera de tesis María Rosa Arroyo, gracias por elegirme como tu compañera y confiar en mí durante todo este proceso.

María Fernanda Ormaza Astudillo

Agradecida con Dios por nunca dejarme desfallecer durante mi carrera y en el internado. Infinitas gracias a la Universidad del Azuay por abrirme las puertas para conseguir mi sueño de ser médico.

A mi directora de tesis que siempre confió en nosotros, nos enseñó y guio durante este largo proceso hasta que al fin lo culminamos. A mi pareja Christian Cedillo gracias por todo el amor, cariño, sabiduría y positivismo que me aportó en mis momento más duros y complicados siempre estará en mi corazón.

A mis mejores amigos Alfredo, Tony y Emilia son personas increíbles que ocupan un espacio en mi corazón gracias por todo. A mis compañeros de internado Emilia, Cristina, Cinthya, Paz, Andrés, Liz y Daniela gracias por los momentos de risa, ira y convivencia durante nuestro año de internado. No puede faltar mi compañera de tesis Fernanda que llegamos a esta meta juntas a pesar de las adversidades, todo mi cariño y agradecimiento.

María Rosa Arroyo Larriva

INDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
INDICE	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
MARCO TEÓRICO	10
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Estrategia de búsqueda	12
Selección de los estudios	12
Criterios de inclusión y exclusión	12
Extracción de datos	12
Codificación de los estudios	13
Valoración crítica de los estudios	14
Análisis estadístico	14
RESULTADOS	15
Características de los participantes	16
Caracterización de la intervención	19
Evaluación y transferencia de habilidades	20
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	25
IMPLICACIONES ÉTICAS	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	37

RESUMEN

Introducción: En el proceso de adquisición de habilidades quirúrgicas tradicionalmente se ha aplicado un método basado en la sucesión de competencias mentor-aprendiz, sin embargo, tras la llegada de la cirugía laparoscópica y robótica, el entrenamiento quirúrgico se ha tornado más desafiante, por lo que surge la simulación como un instrumento innovador para fomentar el desarrollo de habilidades en la formación de cirujanos.

Objetivo: Determinar la eficacia en el desarrollo de las habilidades quirúrgicas de residentes de cirugía y cirujanos con el uso de simulación.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda de ensayos controlados aleatorizados de los últimos 5 años, con las directrices PRISMA. Las bases de datos utilizadas fueron MEDLINE, PubMed, EMBASE y COCHRANE library. Las variables analizadas incluyen: habilidades capacitadas, tipo y lugar de simulación utilizado, método de evaluación. Se midió la eficacia con el tiempo quirúrgico, tipo de habilidades y número de movimientos, y como seguridad al número de errores quirúrgicos; además se midió la satisfacción. De acuerdo con la variable e información recolectada se calculó: media, p, porcentaje y frecuencia. Se utilizó el estadístico t de Student para calcular medias. Se evaluaron posibles sesgos con la herramienta "Risk of bias".

Resultados: Se incluyó 24 ensayos controlados aleatorizados, con una población de 930 participantes, en el grupo de intervención (n= 507) la edad media fue 26.8 años $p > 0.05$ y de control (n=406) 27.02 $p > 0.05$. La relación del sexo fue de equitativa. Los tipos de intervención más frecuentes fueron: realidad virtual y simulación mecánica. El 82% de estudios mostró diferencias significativas a favor de la intervención en términos de adquisición de destrezas, además el 57% reportó una diferencia del tiempo significativa, sin embargo, no existe diferencia en el número de errores.

Conclusión: El análisis de estudios RCT, sin diferencia en la edad, demuestra que la simulación como un complemento del método tradicional es eficaz en la adquisición de destrezas necesarias para la cirugía mínimamente invasiva y que estas son transferibles a otros tipos de simulación y a escenarios reales.

Palabras clave: Habilidades quirúrgicas, entrenamiento quirúrgico, simulación laparoscópica, cirugía robótica, método Halsted.

ABSTRACT

Introduction:

Traditionally, a mentor-mentee skill succession has been applied for surgical skill acquisition. However, after the arrival of laparoscopic and robotic surgery, surgical training has become more challenging. Therefore, simulation is born, which is an innovative instrument to improve complex skills surgeon training.

Objective: Determine the efficacy in the development of surgical skills with surgical residents and surgeons with simulation.

Materials and methods: A systematic search of randomized controlled trials from the last 5 years was performed, according to the PRISMA guidelines. The databases used were MEDLINE, PubMed, EMBASE and COCHRANE library. The variables analyzed were: trained skills, type and place of simulation used, evaluation method. Efficacy was measured with surgical time, type of skills and number of movements; the number of surgical errors was classified as safety; in addition, satisfaction was measured. According with the type of variable and collected information, calculations made were: mean, p, percentage and frequency. Student's t-statistic was used to calculate means. Possible biases were evaluated with the tool "Risk of bias".

Results: 24 randomized controlled trials were included with a total population of 930 participants. In the intervention group (n= 507), the mean age was 26.8 years $p > 0.05$ and control group (n=406) 27.02 $p > 0.05$. Sex ratio was equal in both groups. The most frequent types of intervention were: virtual reality and mechanical simulation with a multitasking box. Skills acquisition terms, 82% of studies indicated significant differences in favor of acquiring skills. In addition, 57% reported a significant time difference, however, there is no difference in number of errors.

Conclusion: Analysis of RCT studies without age difference demonstrates that simulation, as a complement to the traditional method, is effective in acquiring the necessary skills for minimally invasive surgery, and are also transferable to other types of simulation and real scenarios.

Keywords: Surgical skills, surgical training, laparoscopic simulation, robotic surgery, Halsted method.

Translated by:



María Rosa Arroyo Larriva



INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los cirujanos aprenden técnicas quirúrgicas siguiendo la metodología clásica diseñada en el siglo XIX por William Steward Halsted, esta se basa en el paso del conocimiento maestro-aprendiz iniciando con la realización de procedimientos simples y luego con operaciones más complejas (1-3). Algunas de las limitaciones de esta estrategia son: los alumnos están expuestos a una distribución heterogénea de los procedimientos según el flujo de pacientes, consume mucho tiempo, es costosa y puede constituir un riesgo potencial para los pacientes (1-4).

Con el advenimiento de la cirugía mínimamente invasiva, la adquisición de habilidades quirúrgicas se ha convertido en un reto, puesto que, los cirujanos deben desarrollar determinadas destrezas psicomotoras, así como habilidades no técnicas intraoperatorias (5-9). La cirugía laparoscópica se considera una opción terapéutica segura, eficaz, factible y rentable incluso en países de bajos recursos, pero esta modalidad demanda en residentes en formación y cirujanos en formación continua. (5, 10-14). Por otro lado, la cirugía robótica, requiere un entrenamiento más extenso que la laparoscopia, ya que, durante este procedimiento los cirujanos no cuentan con retroalimentación táctil y están físicamente lejos del campo operatorio, a la vez que los movimientos realizados requieren de mayor precisión (15,16).

A pesar de las exigencias en el proceso de formación de los cirujanos, se ha visto que el entrenamiento es deficiente en algunos países, así lo reportó un estudio que incluyó a residentes en formación quirúrgica en instituciones acreditadas por el Colegio de Médicos y Cirujanos de Pakistán (CPSP), en el que se encontró que sólo el 18.5% de los residentes habían asistido alguna vez a un taller de laparoscopia básica (3).

El Ecuador inicia con la enseñanza de cirugía laparoscópica en 1991, la misma que requiere un entrenamiento a base de simulación y cirugía experimental que

permitirá un adecuado rendimiento, efectividad y transferencia de habilidades. Utópicamente se concibe un Código Integral de Salud (COS) que sea capaz de promover la praxis quirúrgica en óptimas condiciones. Además de mejorar la calidad en la educación médica con equipamiento de última tecnología a nivel de pregrado como posgrado con el fin de mejorar la realidad sanitaria ecuatoriana (17).

Los simuladores se han convertido en un complemento para el entrenamiento y adquisición de destrezas transferibles a la sala de operaciones. Evalúan las habilidades adquiridas objetivamente a través de curvas de aprendizaje en diferentes tipos como cadavéricos o vivos y con diferentes métodos de evaluación (5, 9, 10, 13, 15-21). Su aplicación reduce significativamente la duración de los procedimientos, número de errores quirúrgicos, aumenta la autoconfianza y facilita la toma de decisiones en escenarios reales (3,5,9,10,15,16,19,23-25). Durante las dos últimas décadas, tanto la simulación robótica como laparoscópica se ha popularizado en los estudiantes de cirugía como complemento para el desarrollo de habilidades quirúrgicas, y se ha convertido en una modalidad fundamental para la formación actual (26,27).

Anualmente a nivel mundial se realizan aproximadamente 272 millones de procedimientos quirúrgicos y alrededor de 44.000 a 98.000 de estos llevan a la muerte del paciente debido a errores médicos (3). Utilizando mejores herramientas de aprendizaje se pueden limitar estas cifras, por ello es importante llegar a un consenso sobre los beneficios y limitaciones de cada estrategia educativa, sin embargo, no existe una revisión sistemática que contraste la aplicación de la simulación laparoscópica y robótica con el método mínimo invasivo clásico para el desarrollo de destrezas quirúrgicas en residentes de áreas quirúrgicas y cirujanos.

Esta revisión sistemática tendrá impacto en el ámbito médico y educativo, al aportar un nuevo enfoque para la formación de los residentes del área quirúrgica y cirujanos en términos de desarrollo de destrezas. Asimismo, se proporcionará

un nivel alto de evidencia para la toma de decisiones en el proceso de aprendizaje quirúrgico, además se pretende publicar en una revista indexada para difundir los resultados.

MARCO TEÓRICO

Recabando los acontecimientos de la historia de la medicina, desde las culturas egipcias y griegas se cuentan con reportes de exploración de diversas cavidades en seres vivos, tanto animales como seres humanos (28). En el siglo XIX Philipp Bozzini inventó el primer endoscopio, al que lo denominó “conductor lumínico”, este contaba con una fuente reflectora óptica, una vela como fuente luminosa y una parte mecánica fácilmente adaptable a la abertura corporal (28). Tiempo después, Antonin Jean Désormeaux, urólogo de profesión, mejoró el trabajo realizado por Bozzini y con este nuevo instrumento pudo no sólo realizar cistoscopias con finalidad diagnóstica, sino hizo algunas operaciones endoscópicas a través de la uretra, por eso se le conoce como el padre de la cirugía endoscópica (29). En 1910 en Estocolmo, Jacobeus utilizó el cistoscopio para navegar por la cavidad abdominal luego de distenderla con agua o aire, procedimiento que recibió el nombre de “laparoscopia” (29).

Con el paso de los años y la aplicación de la tecnología en el ámbito quirúrgico, se ponen en escena nuevas técnicas de cirugía cada vez menos invasivas, de tal manera que para finales del siglo XX la cirugía robótica se convierte en un instrumento innovador para la medicina internacional, esta se realizó por primera vez en el año de 1985 en neurocirugía para recolectar una biopsia de tejido cerebral, sin embargo, su aprobación se logró 15 años más tarde (15,16,30). Un robot quirúrgico es un dispositivo controlado por computadora que se puede programar para ayudar al posicionamiento y manipulación de instrumentos quirúrgicos (30). Sus funciones pueden ser de dos tipos: pasivas y activas; las pasivas incluyen los movimientos robóticos que se establecen de forma preoperatoria o actúan para guiar al cirujano hacia un objetivo quirúrgico, este tipo abarca los robots autónomos como el “Probot” y de supervisión como el “Minerva”; por otro lado las funciones activas son aquellas en las que el cirujano dirige el robot de forma intraoperatoria para mover los instrumentos quirúrgicos, aquí se incluyen los robots de tipo inmersivo, hápticos, teleoperado o telerobótico y telementoring (30).

Los nuevos retos en la formación de los cirujanos requieren métodos de enseñanza proactivos, de esta manera la simulación se ha convertido en un medio ideal para complementar la obtención de habilidades en el campo quirúrgico de una forma segura y controlada mediante la incorporación de nueva tecnología médica (4,5,15-21,13). Un simulador quirúrgico es un dispositivo que recrea situaciones quirúrgicas para que los alumnos practiquen y perfeccionen habilidades que serán aplicadas en situaciones reales (4). Los modelos de simulación quirúrgica pueden ser simples y complejos, los simples permiten la práctica de habilidades o técnicas individuales, mientras que los complejos pueden replicar una cirugía completa con un alto grado de realismo (4). De acuerdo con el tipo, los simuladores quirúrgicos pueden ser inanimados y vivos (13). Los inanimados a su vez se subdividen en cajas de simulación, modelos cadavéricos y de realidad virtual, mientras los vivos utilizan animales que permiten emular intervenciones más complejas (13).

Actualmente existe un predominio del método tradicional en el entrenamiento quirúrgico, este cuenta con 150 años de trayectoria y fue creado por William Halsted; el modelo se basa en la sucesión de competencias mentor-aprendiz otorgando paulatinamente mayores responsabilidades y finalizando en un periodo comprendido entre 3 y 5 años de formación académica (31).

Objetivo general

- Determinar la eficacia de la simulación en el desarrollo de las habilidades quirúrgicas en cirugía mínima invasiva.

Objetivos específicos

- Caracterizar a la población según su experiencia en el área quirúrgica.
- Determinar la frecuencia de la aplicación de la simulación y el método mínimo invasivo tradicional en la formación de los cirujanos.
- Contrastar la eficacia en términos de adquisición de destrezas y tiempo quirúrgico de cada técnica de aprendizaje.

- Comparar la seguridad (errores) y satisfacción de cada método.
- Clasificar los tipos de simulación aplicada para el desarrollo de las técnicas quirúrgicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategia de búsqueda

La presente revisión sistemática en búsqueda de artículos relevantes para responder la pregunta de investigación se realizó bajo las directrices Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanálisis (PRISMA). Se ejecutó en el periodo diciembre 2021 - abril 2022. Las bases de datos electrónicas que se utilizaron fueron Medline, PubMed, EMBASE, The Cochrane library y Google Scholar, la combinación de estas incrementa la precisión en recuperar estudios elegibles. Los términos utilizados que constan en el anexo 1 y se limitó a ensayos controlados aleatorizados de los últimos 5 años en inglés. Los resultados obtenidos de la búsqueda se filtraron por título, duplicado y resumen.

Selección de los estudios

Criterios de inclusión y exclusión

Para ser incluidos en el análisis los estudios debían cumplir con los siguientes criterios: ensayos controlados aleatorizados como estudios con resúmenes o textos completos, utilizar palabras claves incluidos en el anexo 1, valorar eficacia en el desarrollo de destrezas quirúrgicas en la simulación, informar sobre al menos una de las variables objetivo: eficacia, frecuencia y seguridad. Se excluyeron todos los estudios con información incompleta, ambigua y que no cumplieron con los criterios de elegibilidad.

Extracción de datos

Se realizó una revisión independiente por cada investigador (DS, FO y RA) de cada artículo incluido. Mediante tablas provisionales se extrajeron

exhaustivamente los datos sobre las características de los estudios incluidos y las variables de interés:

1. Caracterización:

- a. Estudio: Año, tipo de estudio, país, centros participantes
- b. Población: número, edad, sexo, experiencia previa.

2. Seguridad (errores): Daño de tejido, pérdida de clips, sangrados y vasos no cauterizados, agujas desprendidas, desgarró de suturas y complicaciones directas.

3. Entrenamiento:

- a. Tareas: Agarre, exposición, disección, sutura, corte simple y en patrones, transferencia de clavijas, anudado, navegación de cámara y manejo de instrumentos.
- b. Procedimientos: Apendicectomía laparoscópica, colecistectomía laparoscópica, histerectomía laparoscópica, Roux laparoscópica y yeyunostomía.

4. Habilidades capacitadas: Numero, rango y trayectoria de movimientos; precisión espacial; curvas de aprendizaje, escalas de evaluación.

5. Tiempo quirúrgico: Completar tarea y realizar el procedimiento completo o parcial.

6. Evaluación:

- a. Tipo: simulación mecánica, modelos cadavéricos, modelos animales, modelos anatómicos, realidad virtual, robot, escenarios reales.
- b. Método: escalas, métricas incluidas en el simulador, puntaje de tareas y pasos quirúrgicos.
- c. Parámetros: tareas, procedimientos.

Codificación de los estudios

Se codificaron los estudios en orden alfabético, es decir, se asignó una letra de la A hasta la W en mayúsculas a cada estudio en orden de aparición en las tablas de caracterización.

Valoración crítica de los estudios

Se evaluó el riesgo de sesgo para los estudios incluidos como alto, bajo o poco claro, utilizando la herramienta RevMan “Riesgo de sesgo”. En los anexos 2 y 3 se incluye un resumen del riesgo de sesgo para los estudios incluidos.

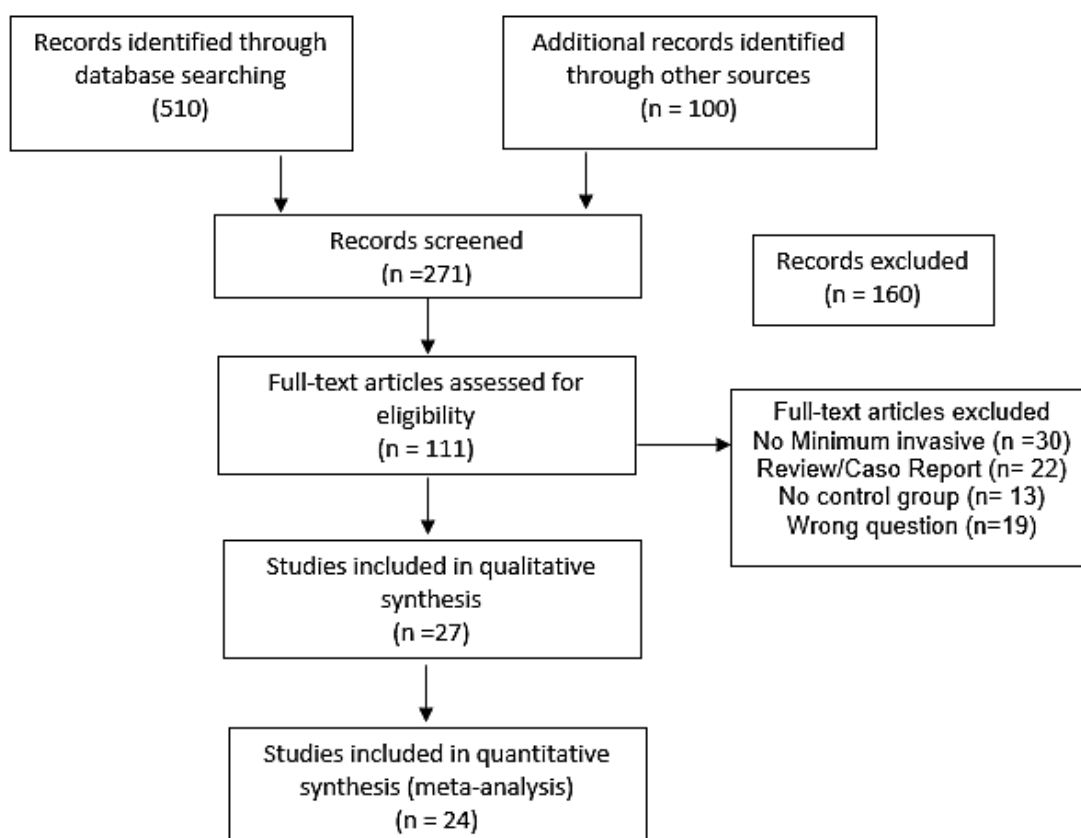
Análisis estadístico

Para el análisis se utilizó el software Review Manager (RevMan) versión 5.4, Excel 2019 (v19.0), y SPSS V27.0. Para cotejar los datos se calculó medias estadísticas, desviaciones estándar y p (significancia) con intervalos de confianza del 95% de las variables de interés. De acuerdo con la variable y datos obtenidos se reportó frecuencia y porcentaje. El protocolo se registró en PROSPERO (CRD42022298303).

RESULTADOS

La búsqueda recuperó 610 estudios, de los cuales 510 se obtuvieron mediante PUBMED mientras que 100 de otras fuentes. Con los filtros aplicados se seleccionaron 271 y tras depuración por criterios de elegibilidad se obtuvieron 111 para revisión de resúmenes, de ellos se seleccionó finalmente 24 estudios.

Figura 1. Diagrama de flujo



Características de los estudios

Los estudios analizados son ensayos controlados aleatorizados, realizados en un periodo comprendido entre el 2017-2021, en varios países de Norteamérica, Europa y Asia; el 89% son estudios unicéntricos. Los datos y el código de cada estudio incluido se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

<i>Autor/año</i>	<i>Código</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>País</i>	<i>Centros participantes</i>
Yang C, 2018	A	RCT	Alemania	Unicéntrico
Nemani A, 2018	B	RCT	EEUU	Unicéntrico
Cychoz C, 2018	C	RCT	EEUU	Unicéntrico
Schönburg S, 2021	D	RCT	Alemania	Unicéntrico
Jokinen E, 2020	E	RCT	Finlandia	Unicéntrico
Dávila D, 2018	F	RCT	EEUU	Unicéntrico
Sandberg RP 2017	G	RCT	EEUU	Unicéntrico
Våpenstad C, 2017	H	RCT	Noruega	Unicéntrico
Lichtman A, 2018	I	RCT	EEUU Canadá	Multicéntrico
Kaulfuss JC, 2020	J	RCT	Alemania	Unicéntrico
Zevin B, 2017	K	RCT	Canadá	Unicéntrico
Luko L, 2019	L	RCT	Israel	Unicéntrico
Chidambaram, 2019	M	RCT	Reino Unido	Unicéntrico
Ko JKY, 2018:	N	RCT	China	Unicéntrico
Satava RM, 2019	N	RCT	EEUU	Multicéntrico
Awal W, 2021	O	RCT	Australia	Unicéntrico
Sommer, G, 2021	P	RCT	Alemania	Unicéntrico
Thinggaard E, 2019	Q	RCT	Dinamarca	Unicéntrico
Nilsson C, 2017	R	RCT	Dinamarca	Unicéntrico
Onishi S, 2019	S	RCT	Japón	Unicéntrico
Kun Y, 2018	T	RCT	China	Unicéntrico
Linsk A, 2019	U	RCT	Israel	Unicéntrico
Kowalewski.2018	V	RCT	Alemania	Unicéntrico
Netter,2020	W	RCT	Francia	Multicéntrico

Realizado por: Autores

Características de los participantes

La población total de estudio es de 930 participantes, en el grupo de intervención (n= 507) la edad media fue 26.8 años $p > 0.05$ y de control (n=406) 27.02 años $p > 0.05$. La relación del sexo fue de 50/50, que corresponde el 52% del grupo de intervención al sexo masculino y el 51% del grupo control al sexo femenino. En la tabla 3 se incluye además la experiencia previa y se obtuvo que el 66% de los estudios incluidos la población no cuenta con experiencia previa en cirugía mínimamente invasiva.

Tabla 2. Caracterización de la población

<i>Cod.</i>	<i>Población No.</i>			<i>Exp. Pre.</i>	<i>Sexo M/F</i>		<i>Edad (media)</i>	
	<i>Total</i>	<i>Int</i>	<i>Cont</i>		<i>Int</i>	<i>Cont</i>	<i>Int</i>	<i>Cont</i>
A	44	12	32	NO	6/16	6/16	24.1	25.0
B	18	13	5	NO	n/d	n/d	n/d	n/d
C	43	22	21	NO	15/7	14/7	25.13	25.81

D	25	15	10	NO	n/d	n/d	n/d	n/d
E	19	10	9	SI	n/d	n/d	35.5	31.4
F	27	19	8	NO	11/8	3/5	25.56	26.26
G	24	16	8	NO	9/7	4/4	28.3	33.2
H	30	16	14	NO	n/d	n/d	n/d	n/d
I	101	50	51	SI	n/d	n/d	n/d	n/d
J	24	16	8	NO	n/d	n/d	22.5	24.9
K	20	10	10	SI	5/5	5/5	29.0	29.0
L	41	21	20	SI	14/6	13/7	34.0	32.0
M	40	22	18	NO	12/10	7/11	21.9	21.4
N	36	24	12	NO	11/13	5/7	n/d	n/d
Ñ	99	70	29	SI	40/25	18/6	31.6	36.0
O	28	14	14	NO	7/7	6/8	22.7	22.2
P	60	30	30	NO	13/17	14/16	25.3	23.8
Q	36	18	18	SI	5/13	5/13	30.0	30.0
R	36	24	12	NO	12/12	3/9	22.2	23.0
S	17	n/d	n/d	NO	n/d	n/d	n/d	n/d
T	50	25	25	NO	13/12	10/15	23.7	23.5
U	24	15	9	NO	n/d	n/d	n/d	n/d
V	64	33	31	SI	20/13	21/10	28.1	28.5
W	24	12	12	SI	4/8	3/9	27.7	26.9
TOTAL	930	507	406		197/179	137/148	-	-

Cod: código, Exp. pre: experiencia previa, Int: intervención, Cont: control, n/d: no disponible
Realizado por: Autores

Medidas de eficacia y seguridad

La eficacia fue medida en términos de competencia y tiempo para completar la tarea o procedimiento específico. La diferencia del tiempo quirúrgico entre el grupo de intervención y control fue significativa en 8 de 14 estudios que reportaron este resultado, lo que representa el 57%. La competencia adquirida y evaluada se reportó en 23 estudios, el 82% mostró diferencias significativas a favor de la intervención, las destrezas y habilidades capacitadas se muestran con detalle en la tabla 2. La seguridad medida en frecuencia y porcentaje de

errores no muestra diferencias estadísticamente significativas en 77% de los estudios que reportan la misma.

Tabla 3. Eficacia y seguridad

Co d.	Tareas	Habilidades/competencias				Tiempo quirúrgico			Errores		
		Tipo	Int	Co nt	p	Int	Co nt	p	Int	Cont	p
A	Agarre, corte, cauterización, transferencia de clavijas Procedimiento: AL, CL	No. movimientos	388.6	446.4	<.05	6.38	7.02	<.05	15.6	15.07	>.05
B	Corte de patrones Procedimiento: RTP	Score	223.5	81.109.6	<.05	9.7	12.3	<.05	n/d	n/d	-
C	Navegación con cámara	Trayectoria angular(grados)	7.51	109.07	<.05	2.5	3.75	<.05	4.61	4.82	>.05
D	Selección, agarre, movimiento, anudado	Mejoramiento de habilidad (%)	15.87	n/e	<.05	4.77	4.74	>.05	n/d	n/d	-
E	Transferencia de clavijas, corte, sutura y anudado	Score	17	11.2	<.05	144	165	>.05	131	121	>.05
F	Selección, transferencia de clavijas, orientación de la cámara, sutura, anudado	Score	188.49 S	168.92	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
G	Manejo de instrumentos, percepción de profundidad, destreza bimanual	Capacidad adquirida (%)	75%	25%	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
H	Corte, sostén y agarre, aplicación de clips, disección fina	Score	3.2	2	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
I	Navegación, identificación de estructuras, incisión, disección Procedimiento: HL	Score	343	297	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-

J	Transferencia de clavijas, corte de patrón	Score	212	177	<.05	4.35	7.11	<.05	n/d	n/d	-
K	Procedimiento: Y de roux laparoscópica	Score	56	44	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
L	Navegación, recoger y colocar, conducción y paso de la aguja, sutura y anudado	Precisión espacial (%)	0.83	0.67	∇.05	n/d	n/d	-	3.25	6.75	<.05
M	Transferencia de clavijas, corte, disección Procedimiento: CL	Score	41.9	24.7	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
N	Sutura	Tarea completada	7/12 10/12	7/12	∇.05	10.46 10.18	10.15	∇.05	n/d	n/d	-
Ñ	Anudado, sutura, corte, disección y coagulación de vasos	-	n/d	n/d	-	16.4	14.5	∇.05	5.53	5	∇.05
O	Selección, agarre, apilamiento, arrastre, pase de cuerdas	Score	182	161	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
P	Navegación, enfoque, agarre, disección Procedimiento: CL	Rango de movimiento (grados)	657z 920d	1430 1350	<.05 <.05	8.53	11.41	<.05	0	2	<.05
Q	Transferencia de clavijas, corte, disección	Score	493	460	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-
R	Navegación con cámara, disección de CL	Trayectoria angular (grados)	3686	5300	<.05	2.73.15	5.11	<.05	n/d	n/d	-
S	Suturas y ataduras	Balance mm Intervalo mm	3.82 2.15	5.31 5.31	∇.05 ∇.05	24	27.86	∇.05	16	22.8	∇.05
T	Selección, colocación, emparejamiento, ensarte	Curvas de aprendizaje	n/e	n/e	<.05	n/d	n/d	-	n/d	n/d	-

U	Transferencia de clavijas, corte, ligadura, sutura, anudado	Score	48	27	<.05	13	3.8	<.05	12.9	11.6	>.05
V	Habilidades laparoscópicas básicas y visoespaciales Procedimiento: CL	Score	16.7	15	>.05	40	55	<.05	n/d	n/d	-
W	Selección, agarre, corte Procedimiento: HL	Score	17	15	<.05	22.5	20.53	>.05	9.1%	33.3%	>.05

AL: apendicetomía laparoscópica, CL: colecistectomía laparoscópica, RTP: resección de tejido peritoneal, n/d: no disponible, HL: histerectomía laparoscópica, n/e: no especificado, z: zurdos, d: diestros
Realizado por: Autores

Caracterización de la intervención

Como se muestra en la tabla 4, se registró 4 tipos de simulación y se aplicó con mayor frecuencia la simulación con realidad virtual (15 estudios) seguido de la simulación mecánica basada en la caja de multitareas (10 estudios).

Evaluación y transferencia de habilidades

El tipo de evaluación más frecuente es la simulación versus escenarios reales con un porcentaje de 87%. Dentro de la evaluación con simulación el basado en modelos inanimados que incluye: modelos anatómicos con objetos inertes o tejido ex vivo, modelos cadavéricos, simuladores de realidad virtual y robots es el que se emplea con mayor frecuencia como se muestra en la tabla 4.

Por otro parte, el análisis de los parámetros evaluados que se incluyen en la tabla 4, reveló que el 50% valoran un procedimiento completo mientras el otro 50% evalúa tareas aisladas.

En relación con el método de evaluación, se encontró que predomina el uso de escalas de evaluación y dentro de ellos se incluyen los parámetros de tiempo, errores, rango de movimiento, número de movimiento que determinan si la tarea o procedimiento ha sido realizado con éxito. (tabla 4)

Por otra parte, se determinó que la evaluación de destrezas adquiridas en un tipo de simulación diferente al de entrenamiento se realizó en 9 estudios y 5 de ellos (B H J M Q R) mostraron diferencias significativas en la adquisición de habilidades a favor del grupo de intervención, reflejando que las habilidades

adquiridas en un tipo de simulación pueden ser transferidos a un tipo distinto. De igual manera, los 3 estudios que evaluaron el desempeño en escenarios reales (E, K, R) muestran diferencias significativas a favor de la simulación; en estos estudios la transferencia de habilidades va desde asistente de cámara (estudio R), ayudante principal que realiza una parte de procedimiento (estudio K) y finalmente como cirujano principal realizando un procedimiento completo (estudio E).

Tabla 4. Tipo de simulación y evaluación

<i>Cod.</i>	<i>Tipo de simulación</i>	<i>Tipo de evaluación</i>	<i>Parámetro evaluado</i>	<i>Método de evaluación</i>
A	RV	RV	CL	Métricas del software
B.	CM RV	Modelos de tejido ex vivo	T	Métricas de puntuación patentadas
C	RV	RV	AD	Métricas del software
D	R	R	T	Métricas del software
E	RV	Quirófano *	HL	Score OSATS
F	CM R	R y CM	T	Métricas del software
G	CM	Muestra cadavérica	AD	Score BAKSSS
H.	RV	Modelo porcinos cadavéricos	CL	Score GOALS
I	RV	RV	HL	Score validado por expertos
J.	V	CM	T	Score TOPS
K	CM	Modelo porcino vivo + Quirófano**	RLyY	Score BOSATS
L	R	R	T	Métricas del software
M.	CM V	Modelo porcinos cadavéricos	CL	Calificación de pasos intraoperatorios
N.	CM RV	CM	T	Score GOALS
Ñ.	CM RV R	Modelo de tejido aviar	T	Duración del procedimiento, errores
O	RV	CM	T	Puntaje de mejoramiento
P	RV	RV	CL	Tiempo, rango de movimiento, errores
Q.	CM	RV y CM	T	Score TABLT
R.	RV	CM y Quirófano ***	T	Trayectoria de cámara y tiempo
S.	RV	Modelo corporal infantil de 1 año	FL	Calificación de pasos intraoperatorios
T.	R	RV	T	Curvas de aprendizaje
U	CM RV	CM y RV	T	Puntaje de competencia y métricas del software
V	CM RV	Modelo porcino y RV	CL	Score GOALS y métricas del software
W	RV	RV	HL	Score OSATS y métricas del software

RV: realidad virtual, CM: caja multitareas, R: robot, V: simulación con video, OSATS: Evaluación Estructurada Objetiva de Habilidades Técnicas, BAKSSS: Sistema básico de puntuación de habilidades artroscópicas de rodilla, BOSATS: Evaluación de Habilidades Técnicas, GOALS: Evaluación Operativa Global de Laparoscopia, E-BLUS: Entrenamiento europeo en habilidades urológicas laparoscópicas básicas, TOPS: tiempos de procedimiento y estrategias de prueba de desempeño, TABLT: Evaluación de técnicas laparoscópicas básicas, LASTT: Entrenamiento y Pruebas de Habilidades Laparoscópicas, T: tareas, CL: colecistectomía laparoscópica, HL: histerectomía laparoscópica, FL: funduplicatura laparoscópica, AD: artroscopia diagnóstica, RLYY: Roux laparoscópica y yeyunostomía
 *Realizaron la cirugía completa como cirujano principal supervisado por experto
 **Realiza Roux laparoscópica y yeyunostomía como parte del bypass gástrico laparoscópico en Y de Roux
 ***Asistente de cámara
 Realizado por: Autores

DISCUSIÓN

A lo largo de la historia los cirujanos han adquirido nuevas destrezas siguiendo una metodología tradicional, practicando directamente en el paciente, tras la visualización de videos en diferentes plataformas, asistiendo a cursos y congresos o participando en programas de fellow con responsabilidad quirúrgica progresiva, donde incluyen en su malla de estudio el desarrollo de destrezas con simulación. En las últimas décadas el entrenamiento basado en la simulación ha tomado protagonismo en varios escenarios científicos incluida la rama de medicina, ya que se aplica en la formación de estudiantes desde materias básicas como anatomía y fisiología hasta las especialidades quirúrgicas.

Con la cirugía mínimamente invasiva que requiere curvas altas de aprendizaje, la simulación brinda una herramienta útil debido a que con esta modalidad permite evaluar el desempeño fuera de la sala de operaciones en un entorno seguro y de bajo riesgo con la oportunidad de realizar prácticas deliberadas. Se ha planteado que la curva de aprendizaje de las habilidades adquiridas mediante la simulación es más corta que la obtenida utilizando únicamente la metodología clásica.

En esta revisión se ha demostrado que la simulación es un complemento eficaz a los métodos docentes tradicionales para promover la integración de conocimientos y habilidades que pueden ser transferidas a diferentes tipos de simulación y ámbitos reales supervisados. Esto concuerda con autores como Varas et al. 2012 quienes han demostrado que estas habilidades adquiridas mediante la simulación son transferidas al entorno de trabajo (quirófano) con mejores resultados que las adquiridas por los métodos tradicionales solos, lo que conlleva una mejora de la calidad asistencial (56).

Por otra parte, al contar con varios tipos de simulación se pueden elegir el más adecuado dependiendo de las tareas que se pretende capacitar y del presupuesto disponible, en nuestro estudio se encontró que el método más

utilizado es la simulación mecánica mediante realidad virtual seguido de cajas de simulación de multitareas, sin embargo, en ambos escenarios el resultado obtenido es el mismo, estos métodos en conjunto con la enseñanza tradicional promueven la adquisición de habilidades capacitadas, hallazgo que estaría acorde con Munz Y et al 2004, donde se comparó las habilidades laparoscópicas iniciales de 24 principiantes al aleatorizados en tres grupos: simulador de realidad virtual (VRS) LapSim, entrenador de caja mecánica y sin entrenamiento (control); donde se realizó el análisis de movimiento y puntajes de error obteniendo que los grupos entrenados por simulación mostraron puntajes significativamente mejorados en todos los dominios valorados con relación al grupo control (57).

La simulación debe incluir un feedback entre instructores y aprendices, ya que aumenta el rendimiento del aprendizaje, así como también la implicación del aprendiz en el proceso de aprendizaje, lo que supone una motivación para mejorar el aprovechamiento de la práctica. Si bien en nuestro estudio no se reporta un parámetro de auto evaluación, un estudio descriptivo realizado en Francia en el año 2017 se llevó a cabo para evaluar la satisfacción de los residentes participantes y el beneficio de los talleres de simulación empleados en las jornadas de formación anual gratuita para residentes de ginecología y obstetricia, este reportó que la totalidad de participantes (n=48) quedaron abrumadoramente satisfechos con la calidad de la formación ofrecida y se determinó que los beneficios prácticos superaron los beneficios teóricos, mejoraron sus habilidades prácticas del 63 % al 84 % dependiendo de los talleres ofrecidos, el 100 % de los alumnos recomendaría esta formación a otros residentes y la consideraría útil para su práctica futura (58).

Capacitar a cirujanos competentes requiere innovación y modernización de los métodos educativos además de la comprensión de los estilos actuales de aprendizaje, en este sentido se demuestra que la simulación ofrece una oportunidad única para este fin. Incluso en la formación temprana con participantes sin experiencia previa como lo reportamos en el presente estudio,

donde el 66% de estudios incluidos fueron realizados con participantes inexpertos en técnicas mínimamente invasivas a diferencia de un estudio de Zevin B et al 2017 en el que se asignó a 20 residentes de cirugía de nivel intermedio con experiencia previa en técnicas laparoscópicas para recibir capacitación convencional (control) o capacitación mejorada con simulación (intervención). Sin embargo, el resultado fue el mismo, a favor de la simulación con la que se obtuvo resultados de capacitación superiores (43).

Esta revisión sistemática tendrá impacto en el ámbito médico y educativo, al aportar un nuevo enfoque para la formación de los residentes del área quirúrgica y cirujanos en términos de desarrollo de destrezas. Asimismo, se proporcionará un nivel alto de evidencia para la toma de decisiones en el proceso de aprendizaje quirúrgico.

Las limitaciones del estudio radican en la falta de evaluación con curvas de aprendizaje, la especificación de número o frecuencia de errores quirúrgicos que se incluyen en las métricas utilizadas y servirían para un mejor análisis de la seguridad de aplicación de un método con respecto a otro. Además, no valoran con autoevaluación y percepción de confianza en las técnicas aprendidas con cada método. Por otro lado, se incluyeron pocos estudios que evaluaron la simulación mediante video y robot, técnicas novedosas en la última década que podría deberse al costo de estas.

En nuestro estudio la mayoría de la población carece de experiencia previa en técnicas mínimamente invasivas, por lo que sería interesante realizar nuevos estudios que incluyan a cirujanos y residentes con más experiencia para valorar el mejoramiento de sus habilidades y la introducción de nuevas destrezas en este tipo de población.

CONCLUSIONES

El análisis de estudios RCT de diferentes países con participantes que en su mayoría no tienen experiencia previa en técnicas mínimamente invasivas, sin diferencia de edad y distribución de sexo equitativa. Se demuestra que la simulación como complemento del método tradicional es eficaz para la adquisición de destrezas las mismas que son transferibles a otros tipos de simulación y escenarios reales.

La mayoría de los estudios utilizaron la simulación basada en tareas combinadas y procedimientos realizados en realidad virtual seguido de simulación mecánica en cajas de multitareas.

La presente investigación está basada en un nivel alto de evidencia que muestra que la simulación es un valioso instrumento de enseñanza que al ser aplicada con normas y procedimientos estandarizados promueve un proceso de aprendizaje quirúrgico versátil. A su vez, ser una fuente de información y base para el desarrollo de investigaciones que aporten a la comunidad científica.

IMPLICACIONES ÉTICAS

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún tipo de financiamiento externo ni conflicto de intereses.

Aprobación del comité de ética: Debido a las características del estudio, no se requiere la aprobación de la junta de revisión institucional, por otra parte, el protocolo fue aprobado por PROSPERO y cuenta con código asignado (CRD42022298303)

Consentimiento informado: Este tipo de estudio no supone implicaciones de índole ético ni aplica consentimiento informado debido que al tratarse de una revisión sistemática no involucra directamente humanos ni animales, sino que realiza una recopilación de ensayos clínicos publicados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ruiz J, Parra J, González M, Redondo C, Manuel J. Simulation as a Surgical Teaching Model. *Cir Esp Engl Ed [Internet]*. 2018 [citado 13 de abril de 2021];96(1):12-7. doi: 10.1016/j.ciresp.2017.09.005. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29054573/>
2. Oussi N, Enochsson L, Henningsohn L, Castegren M, Georgiou E, Kjellin A. Trainee Performance After Laparoscopic Simulator Training Using a Blackbox versus LapMentor. *J Surg Res [Internet]*. 2020 [citado 13 de abril de 2021]; 250:1-11. doi: 10.1016/j.jss.2019.12.039. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32014696/>
3. Zubair U, Zubair Z. Surgical resident training in Pakistan and benefits of simulation-based training. *J Pak Med Assoc [Internet]*. 2020 [citado 13 de abril de 2021];70(5):904–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32400750/>
4. Badash I, Burt K, Solorzano C, Carey JN. Innovations in surgery simulation: A review of past, current and future techniques. *Ann Transl Med [Internet]*. 2016 [citado 13 de abril 2021];4(23):423. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5220028/>
5. Mason E, Deal M, Richey B, Baker A, Zeini I, Service B, et al. Innate Arthroscopic & Laparoscopic Surgical Skills: A Systematic Review of Predictive Performance Indicators Within Novice Surgical Trainees. *J Surg Educ [Internet]*. 2020 [citado 13 de abril 2021];78(1):178–200. doi: 10.1016/j.jsurg.2020.06.006. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32591323/>
6. Sørensen S, Savran M, Konge L, Bjerrum F. Three-dimensional versus two-dimensional vision in laparoscopy: a systematic review. *Surg Endosc [Internet]*. 2016 [citado 13 de abril 2021];30(1):11-23. doi: 10.1007/s00464-015-4189-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25840896/>
7. Sørensen SMD, Mahmood O, Konge L, Thinggaard E, Bjerrum F. Laser visual guidance versus two-dimensional vision in laparoscopy: a randomized trial. *Surg Endosc [Internet]*. 2017 [citado 13 de abril

- 2021];31(1):112-8. doi: 10.1007/s00464-015-4189-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25840896/>
8. Kunert W, Storz P, Dietz N, Axt S, Falch C, Kirschniak A, et al. Learning curves, potential and speed in training of laparoscopic skills: a randomised comparative study in a box trainer. *Surg Endosc* [Internet]. 2020 [citado 13 de abril de 2021]; 35(1):3303–12. doi: 10.1007/s00464-020-07768-1. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-020-07768-1>
 9. Halim J, Jelley J, Zhang N, Ornstein M, Patel B. The effect of verbal feedback, video feedback, and self-assessment on laparoscopic intracorporeal suturing skills in novices: a randomized trial. *Surg Endosc* [Internet]. 2020 [citado 14 de abril de 2021]; 35(1): 3787–95. doi: 10.1007/s00464-020-07871-3. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00464-020-07871-3>
 10. Sant'Ana G, Cavalini W, Negrello B, Bonin E, Dimbarre D, Claus C, et al. Retention of laparoscopic skills in naive medical Students who underwent short training. *Surg Endosc* [Internet]. 2017 [citado 14 de abril de 2021];31(2):937-44. doi: 10.1007/s00464-016-5063-y. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27357929/>
 11. Yule S, Parker S, Wilkinson J, McKinley A, MacDonald J, Neill A, et al. Coaching Non-technical Skills Improves Surgical Residents' Performance in a Simulated Operating Room. *J Surg Educ* [Internet]. 2015 [citado 14 de abril de 2021];72(6): 1124-30. doi: 10.1007/s00464-016-5063-y. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27357929/>
 12. Frank R, Wang K, Davey A, Cotter E, Cole B, Romeo A, et al. Utility of Modern Arthroscopic Simulator Training Models: A Meta-analysis and Updated Systematic Review. *J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2018 [citado 14 de abril de 2021];34(5):1-28. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.048. Disponible en: <http://www.arthroscopyjournal.org/article/S0749806317314317/fulltext>
 13. León F, et al. Simulación en cirugía laparoscópica. *Cir esp* [Internet]. 2015 [citado 14 de abril de 2021]; 93(1):4-11. doi:

- 10.1016/j.ciresp.2014.02.011. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-simulacion-cirugia-laparoscopica-S0009739X14001122>
14. Kang M, Apea-Kubi K, Apea-Kubi K, Adoula N, Odonkor J, Ogoe A. Establishing a Sustainable Training Program for Laparoscopy in Resource-Limited Settings: Experience in Ghana. *Ann Glob Health* [Internet]. 2020 [citado 14 de abril de 2021];86(1): 89. doi: 10.5334/aogh.2957. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7394194/>
15. Scott S, Dalsgaard T, Jepsen J, Buchwald C, Andersen S. Design and validation of a cross-specialty simulation-based training course in basic robotic surgical skills. *Int J Med Robot* [Internet]. 2020 [citado 14 de abril de 2021]; 16 (5): 1-16. doi.org/10.1002/rcs.2138 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32721072/>
16. Phé V, Cattarino S, Parra J, Bitker M, Ambrogi V, Vaessen C, et al. Outcomes of a virtual-reality simulator-training programme on basic surgical skills in robot-assisted laparoscopic surgery: Virtual-reality simulator in robotic surgery. *Int J Med Robot* [Internet]. 2017 [citado 14 de abril de 2021];13(2):1740. doi: 10.1002/rcs.1740. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26928974/>
17. Benitez A. Enseñanza de la cirugía en Ecuador: un recorrido histórico de la especialidad y sus disciplinas afines: *Rev. Fac Cien Med* [Internet]. 2017 [citado 05 de Octubre de 2022]; 43(1): 134-144. doi: 10.29166/ciencias_medicas.v43i1.1463. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/1005176/12-ensenanza-de-la-cirugia-en-ecuador-un-recorrido-historico-d_j93it0a.pdf.
18. Yokoyama S, Mizunuma K, Kurashima Y, Watanabe Y, Mizota T, Poudel S, et al. Evaluation methods and impact of simulation-based training in pediatric surgery: a systematic review. *Pediatr Surg Int* [Internet]. 2019 [citado 15 de abril de 2021];35(10):1085-94. doi: 10.1007/s00383-019-04539-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31396735/>

19. Fernández M, Toledo E, Cañón M, Palazuelos J, Maestre J. Development and Validation of a Tool for the Evaluation of Laparoscopic Intestinal Anastomosis in Simulation. *Cir Esp Engl Ed* [Internet]. 2020 [citado 15 de abril de 2021]; ;98(5):274-80. doi: 10.1016/j.ciresp.2019.10.005. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31901290/>
20. Nishihara Y, Isobe Y. Preoperative skill evaluation in transabdominal preperitoneal (TAPP) inguinal hernia repair using a three-dimensional printed TAPP repair simulator. *Surg Endosc* [Internet]. 2021 [citado 15 de abril de 2021];35(1): 270-74. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00464-020-07389-8>
21. Dedeilia A, Sotiropoulos MG, Hanrahan JG, Janga D, Dedeilias P, Sideris M. Medical and surgical education challenges and innovations in the COVID-19 era: A systematic review. *In Vivo* [Internet]. 2020 [citado 15 de abril de 2021];24(3):1603-11. doi: 10.1007/s00464-020-07389-8. Disponible en: https://iv.iiarjournals.org/content/34/3_suppl/1603
22. Yu P, Pan J, Qin H, Hao A, Wang H. Real-time suturing simulation for virtual reality medical training. *Comp Anim Virtual Worlds* [Internet]. 2020 [citado 15 de abril de 2021];31(3-4):p.10 e1910. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cav.1940>
23. Lobo AM, Doucette S, Powers AGL. Stakeholder perspectives and status of surgical simulation and skills training in urology residency programs in Canada. *Can Urol Assoc J* [Internet]. 2019 [citado 15 de abril de 2021];14(10):322-27. doi: 10.5489/cuaj.6286. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7716839/>
24. Albuquerque D, Silva G, Alvarenga V, Ferreira L, Schindler A, Moretti-Marques R, et al. Evaluation of a Laparoscopic Multi-approach Training for Obstetrics and Gynecology Residents. *Rev Bras Ginecol e Obstet* [Internet]. 2020 [citado 16 de abril de 2021];42(7):404–10. doi: 10.1055/s-0040-1712997. Disponible en: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0040-1712997>

25. Zhang J, Lyu Y, Wang Y, Nie Y, Yang X, et al. Development of laparoscopic cholecystectomy simulator based on unity game engine. CVMP [Internet]. 2018 [citado 16 de abril de 2021]; 1-9. Disponible en: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3278471.3278474>
26. Zevin B, Dedy N, Bonrath E, Grantcharov T. Comprehensive simulation-enhanced training curriculum for an advanced minimally invasive procedure: a randomized controlled trial. Surg Obes Relat Dis [Internet]. 2017 [citado 17 de abril de 2021];13(5):815-24. doi: 10.1016/j.soard.2016.11.019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28392018/>
27. Zahiri M, Booton R, Nelson C, Oleynikov D, Siu K. Virtual Reality Training System for Anytime/Anywhere Acquisition of Surgical Skills: A Pilot Study. Mil Med [Internet]. 2018 [citado 17 de abril de 2021];183(1):86-91. doi.org/10.1093/milmed/usx138. Disponible en: https://academic.oup.com/milmed/article/183/suppl_1/86/4959925.
28. Ruiz A, Gutiérrez L, Cueto J. Evolución histórica de la cirugía laparoscópica. Rev Mex Cir Endoscop [Internet].2016 [citado 17 de abril de 2021]; 17(2):93-106. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/endosco/ce-2016/ce162i.pdf>
29. Pérez M. Historia de la cirugía laparoscópica y de la terapia mínimamente invasiva. Clin Uro Com [Internet]. 2005 [citado 17 de abril de 2021]; 11(1): 15-44. Disponible en: http://historia.aeu.es/Docs/HISTORIA_DE_LA_CIRUGIA_LAPAROSCOPICA.pdf
30. Paraíso M, Falcone T. UpToDate. Robot-assisted laparoscopy [Internet]. 2020 [citado 18 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/robot-assisted-laparoscopy?search=simulacion%20laparoscopica&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1#H2
31. Porras J. Enseñanza y aprendizaje de la cirugía. Inv Ed Med [Internet]. 2016 [citado 19 de abril de 2021]; 20(5):261-67. Disponible en:

<https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-articulo-ensenanza-aprendizaje-cirugia-S200750571630031X>

32. Yang C, Kalinitschenko U, Helmert J, Weitz J, Reissfelder Ch, Mees S. Transferability of laparoscopic skills using the virtual reality simulator. *Surg Endosc* [Internet]. 2018 [citado 15 de septiembre de 2022];32(10):4132-4137. doi:10.1007/s00464-018-6156-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29602986/>
33. Nemani A, Ahn W, Cooper C, Schwaitzberg S, & De S. Convergent validation and transfer of learning studies of a virtual reality-based pattern cutting simulator. *Surg Endosc* [Internet]. 2018 [citado 15 de septiembre de 2022]; 32(3):1265–1272. doi:10.1007/s00464-017-5802-8 Disponible en: <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC5809233&blobtype=pdf>
34. Cychosz C, Tofte J, Johnson A, Gao Y, Phisitkul P. Fundamentals of Arthroscopic Surgery Training Program Improves Knee Arthroscopy Simulator Performance in Arthroscopic Trainees. *Arthroscopy* [Internet]. 2018 [citado 15 de septiembre de 2022]; 34(5): 1543–1549. doi:10.1016/j.arthro.2017.11.028. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29395554/>
35. Schönburg S, Anheuser P, Kranz J. et al. Cognitive training for robotic surgery: a chance to optimize surgical training? A pilot study. *J Robotic Surg* [Internet]. 2021 [citado 15 de septiembre de 2022]; 15(5): 761-767. doi: 10.1007/s11701-020-01167-3 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11701-020-01167>
36. Jokinen E, Mikkola T, Härkki P. Simulator training and residents' first laparoscopic hysterectomy: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* [Internet]. 2021 [citado 15 de septiembre de 2022];34(11):4874-4882. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07270-3>. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31768724/>
37. Davila D, Helm M, Frelich M, Gould J, Goldblatt M. Robotic skills can be aided by laparoscopic training. *Surg Endosc* [Internet]. 2018 [citado 15 de

- septiembre de 2022]; 32(6):2683-2688. doi:10.1007/s00464-017-5963-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29214515/>
38. Sandberg R, Sherman N, Latt D, Hardy J. Cigar Box Arthroscopy: A Randomized Controlled Trial Validates Nonanatomic Simulation Training of Novice Arthroscopy Skills. *Arthroscopy [Internet]*. 2018 [citado 15 de septiembre de 2022];33(11):2015-2023.e3. doi:10.1016/j.arthro.2017.04.022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28676200/>
39. Våpenstad C; Hofstad E, Bø L, Kuhry E, Johnsen G, Mårvik R, Langø T, Hernes T. Lack of transfer of skills after virtual reality simulator training with haptic feedback. *MITAT [Internet]*. 2017 [citado 15 de septiembre de 2022]; 26(6):346-354.. doi:10.1080/13645706.2017.1319866. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28486087/>
40. Lichtman A, Parker W, Goff B, Mehra N, Shore E, Lefebvre G, Chiang A, Lenihan J, Schreuder H. A Randomized Multicenter Study Assessing the Educational Impact of a Computerized Interactive Hysterectomy Trainer on Gynecology Residents. *J Minim Invasive Gynecol [Internet]*. 2018 [citado 15 de septiembre de 2022]; 25(6):1035-1043. doi:10.1016/j.jmig.2018.01.025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29410142/>
41. Kaulfuss J, Kluth L, Marks P, Grange P, Fisch M, Chun F, Meyer C. Long-Term Effects of Mental Training on Manual and Cognitive Skills in Surgical Education - A Prospective Study. *J Surg Educ [Internet]*. 2020 [citado 15 de septiembre de 2022];78(4): 1216-1226. doi:10.1016/j.jsurg.2020.11.005. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33257297/>
42. Zevin B, Dedy N, Bonrath E, Grantcharov T. Comprehensive simulation-enhanced training curriculum for an advanced minimally invasive procedure: a randomized controlled trial. *Surg Obes Relat Dis [Internet]*. 2017 [citado 15 de septiembre de 2022];13(5):815-824. doi: 10.1016/j.soard.2016.11.019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28392018/>

43. Luko L, Parush A, Matanes E, Lauterbach R, Taitler A, Lowenstein L. An Efficient Single-Session Spatial Skill Trainer for Robot-assisted Surgery: A Randomized Trial. *J Minim Invasive Gynecol* [Internet]. 2019 [citado 15 de septiembre de 2022]; 27(3):728-737.e2. doi:10.1016/j.jmig.2019.05.014. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31146028/>
44. Chidambaram S, Erridge S, Leff D, Purkayastha S. A Randomized Controlled Trial of Skills Transfer: From Touch Surgery to Laparoscopic Cholecystectomy. *J Surg Res* [Internet] 2019 [citado 16 de septiembre de 2022]; 234(1):217-233. doi:10.1016/j.jss.2018.09.042 Disponible en: [https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804\(18\)30663-2/fulltext](https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804(18)30663-2/fulltext)
45. Ko J, Cheung V, Pun T, Tung W. A Randomized Controlled Trial Comparing Trainee-Directed Virtual Reality Simulation Training and Box Trainer on the Acquisition of Laparoscopic Suturing Skills. *J Obstet Gynaecol Can* [Internet] 2017 [citado 16 de septiembre de 2022]; 40(3):310-316. doi:10.1016/j.jogc.2017.07.010. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28964657/>
46. Satava R, Stefanidis D, Levy J, Smith R, Martin J, Monfared S, et.al. Proving the Effectiveness of the Fundamentals of Robotic Surgery (FRS) Skills Curriculum. *Ann of Surg* [Internet] 2020 [citado 16 de septiembre de 2022]; 272(2):384-392.doi:10.1097/sla.0000000000003220. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32675553/>
47. Awal W, Dissabandara L, Khan Z, Jeyakumar A, Habib M, Byfield. Effect of Smartphone Laparoscopy Simulator on Laparoscopic Performance in Medical Students. *J Surg Res* [Internet] 2021 [citado 16 de septiembre de 2022]. 262(1):159–164. doi:10.1016/j.jss.2021.01.003. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33588293/>.
48. Sommer G, Broschewitz J, Huppert S, Sommer C, Jahn N, Jansen-Winkel B, Gockel I, Hau H. The role of virtual reality simulation in surgical training in the light of COVID-19 pandemic. *Medicine* [Internet]. 2021 [citado 16 de septiembre de 2022]; 100(50) e27844.doi:

- 10.1097/MD.00000000000027844. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8677906/>
49. Thinggaard E, Bjerrum F, Strandbygaard J, Konge L, Gögenur I. A randomised clinical trial of take-home laparoscopic training. *Dan Med Journal [Internet]*. 2019 [citado 16 de septiembre de 2022]; 66(1)A5525. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30573006/>
50. Nilsson C, Led J, Kong L, Westen M, Stadeager M, Ottesen B, Bjerrum F. Simulation-based camera navigation training in laparoscopy—a randomized trial. *Surg Endosc [Internet]*. 2017 [citado 16 de septiembre de 2022]; 31:2131–2139. doi: 10.1007/s00464-016-5210-5. Disponible en:
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5411407/pdf/464_2016_Article_5210.pdf
51. Onishi S, Takamasa I, Masakazu M, Yano K, Harumatsu T, Baba T, Yamada Y, et al. A Comparison of the Effectiveness Between Three Different Endoscopic Surgical Skill Training Programs for Medical Students Using the Infant Laparoscopic Fundoplication Simulator: A Randomized Controlled Trial. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A [Internet]*. 2019 [citado 16 de septiembre de 2022]; 29(10):1252-1258. doi:10.1089/lap.2019.0212. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31509069/>
52. Kun Y, Hubert J, Bin L, Huan W. Self-debriefing Model Based on an Integrated Video-Capture System: An Efficient Solution to Skill Degradation. *J Surg Educ [Internet]*. 2019 [citado 16 de septiembre de 2022]; 76(2):362-369. doi:10.1016/j.jsurg.2018.08.017. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30292454/>
53. Linsk A, Monden K, Sankaranarayanan G, Ahn W, Jones D, De S. Validation of the VBLaST pattern cutting task: a learning curve study. *Surg Endosc [Internet]*. 2019 [citado 16 de septiembre de 2022]; 32(4):1990-2002. doi: 10.1007/s00464-017-5895-0. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29052071/>

54. Kowalewski K, Garrow C, Proctor T, Preukschas A, Friedrich M, Müller P, Kenngott H, Fischer, L, Müller-Stich B, Nickel F. LapTrain: multi-modality training curriculum for laparoscopic cholecystectomy—results of a randomized controlled trial. *Surg Endosc* [Internet]. 2018 [citado 16 de septiembre de 2022]; 32(4): 1990-2002.doi:10.1007/s00464-018-6110-7
55. Netter A, Schmitt A, Agostini A, Crochet P. Video-based self-assessment enhances laparoscopic skills on a virtual reality simulator: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* [Internet]. 2020 [citado 16 de septiembre de 2022];35(12):6679-6686.doi:10.1007/s00464-020-08170-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33241429/>
56. 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* [Internet]. 2012 [citado 19 de septiembre de 2022]; 26(12):3486-94. doi: 10.1007/s00464-012-2391-4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22733192/>
57. Munz Y, Kumar B, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: Is one superior to the other? *Surg Endosc* [Internet]. 2004 [citado 19 de septiembre de 2022];18(3):485-94. doi:10.1007/s00464-003-9043-7.Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14752633/>
58. Kerbage, Y, Rouillès J, Estrade JP, Collinet P, Huchon C, Villefranque V, & Rubod, C. Surgical training through simulation dedicated to French Ob-gyn residents. Evaluation and satisfaction. *J Gynecol Obstet Hum Reprod* [Internet]. 2021 [citado 19 de septiembre de 2022];50(7):102076. doi:10.1016/j.jogoh.2021.102076. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S24687847210001>

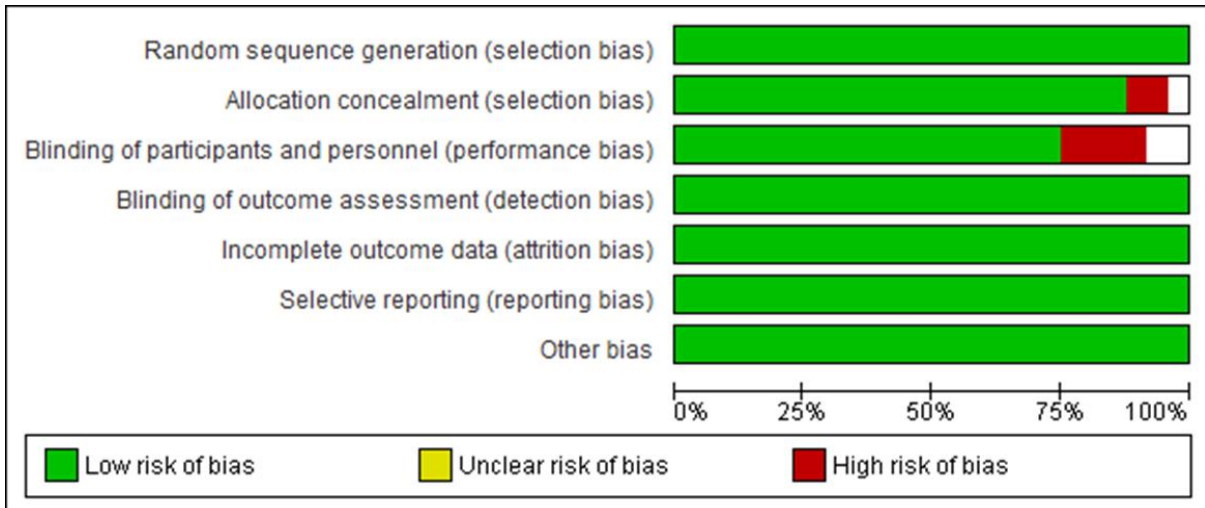
ANEXOS

Anexo 1. Términos de búsqueda

S1 Appendix. Search strategy for Medline

#1 Robotic Surgical Procedures										
(	Robotic Surgical Procedures	OR	Robot Surgery	OR	Robot-Assisted Surgery	OR	Robot-Enhanced Procedures	OR	Robot-Enhanced Surgery Procedures, Laparoscopic Surgical)
	Robotic-Assisted Surgery Surgical Procedures, Laparoscopic	OR	Surgical Procedures	OR	Laparoscopy	OR	0	OR	0)
Simulation Training										
#1 AND	(	Simulation Training	OR	Interactive Learning	OR	0	OR	0	OR)
		0	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
		0	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
Education										
#1 AND	(	Education	OR	Activities, Educational Workshops	OR	Educational Activities	OR	0	OR)
		Training Programs	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
		0	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
Motor Skills										
#1 AND	(	Motor Skills	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
		0	OR	0	OR	0	OR	0	OR)
		0	OR	0	OR	0	OR	0	OR)

Anexo 2. Riesgo de sesgo.



Anexo 3. Tipos de sesgos.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Awal W, 2021	+	+	+	+	+	+	+
Chidambaram, 2019	+	+	+	+	+	+	+
Cychosz C, 2018	+	+	-	+	+	+	+
Dávila D, 2018	+	-	+	+	+	+	+
Jokinen E, 2020	+	+	-	+	+	+	+
Kaulfuss JC, 2020	+	+	+	+	+	+	+
Ko JKY, 2018	+	+	+	+	+	+	+
Kowalewski, K, 2018	+	+	+	+	+	+	+
Kun Y, 2018	+	+		+	+	+	+
Lichtman A, 2018	+	+	+	+	+	+	+
Linsk A, 2019	+	-	+	+	+	+	+
Luko L, 2020	+	+	+	+	+	+	+
Nemani A, 2018	+			+	+	+	+
Netter A, 2020	+	+	+	+	+	+	+
Nilsson C, 2017	+	+	+	+	+	+	+
Onishi S, 2019	+	+	+	+	+	+	+
Sandberg RP, 2017	+	+	+	+	+	+	+
Satava RM, 2019	+	+	+	+	+	+	+
Schönburg S, 2021	+	+	-	+	+	+	+
Sommer, G, 2021	+	+	+	+	+	+	+
Thinggaard E, 2019	+	+	+	+	+	+	+
Våpenstad C, 2017	+	+	+	+	+	+	+
Yang C, 2018	+	+	-	+	+	+	+
Zevin B, 2017	+	+	+	+	+	+	+