

## Desarrollo y validación de modelo 3D para entrenamiento laparoscópico en ginecología: más allá de la caja de entrenamiento convencional

Andreina Belén López Méndez<sup>1</sup> , Luciana de Jesús Fernández Paredes<sup>2</sup> ,  
Juan Alberto Rivero Carrano<sup>3</sup> , Vicente Álvaro Bosque Goyeneche<sup>4</sup> .

### Resumen

**Introducción:** El entrenamiento en cirugía laparoscópica es fundamental para mejorar la formación del ginecólogo, por lo que realizar repetidamente ejercicios que emulen condiciones que se presentan en la cirugía, debería mejorar la curva de aprendizaje. **Objetivo:** Proponer un modelo de simulador físico 3D para el entrenamiento en residentes de cirugía laparoscópica, mínimamente invasiva y de piso pélvico del servicio de ginecología del Centro Médico Docente La Trinidad, periodo enero-noviembre de 2021. **Materiales y métodos:** Se realizó un trabajo descriptivo, con modalidad de proyecto factible, fundamentado en el desarrollo un simulador físico para el entrenamiento del programa de formación de cirugía laparoscópica ginecológica y de piso pélvico, se basó en la evaluación técnica y científica de las necesidades del proceso de entrenamiento por medio de una encuesta. **Resultados:** Todos los encuestados afirmaron que los simuladores o cajas de entrenamiento laparoscópica son necesarias para la formación inicial del cirujano y se debe de disponer de al menos uno en el servicio de ginecología. Todos los encuestados afirmaron que las características ergonómicas cambian en la cirugía ginecológica en comparación con otros tipos de cirugías y el 90,0% afirmó que es pertinente diseñar un modelo simulador para entrenamiento en cirugía laparoscópica ginecológica. Todos los encuestados confirmaron que los simuladores son importantes y deben ser lo más realista posible para el entrenamiento de habilidades y destrezas en laparoscopia ginecológica. **Conclusión:** Se demuestra la necesidad de disponer de modelos de entrenamiento en los programas de formación con la finalidad de minimizar los riesgos inherentes a la cirugía en pacientes en vivo.

**Palabras clave:** laparoscopia, ginecología, simulador, prototipo, entrenamiento.

## Development and validation of a 3D model for laparoscopic training in gynecology: beyond the conventional training box

### Abstract

**Introduction:** Laparoscopic surgery training is essential to improve gynecologist training, therefore repeatedly performing exercises that emulate conditions that occur in surgery should improve the learning curve. **Objective:** To propose a 3D physical simulator model for training in residents of laparoscopic, minimally invasive and pelvic floor surgery of the gynecology service of the La Trinidad Teaching Medical Center, period January-November 2021. **Materials and methods:** A descriptive work was carried out, with a feasible project modality, based on the development of a physical simulator for training the laparoscopic gynecological and pelvic floor surgery training program, it was based on the technical and scientific evaluation of the needs of the training process through a survey. **Results:** All respondents stated that laparoscopic simulators or training boxes are necessary for the initial training of the surgeon and at least one must be available in the gynecology service. All respondents affirmed that ergonomic characteristics change in gynecological surgery compared to other types of surgeries and 90.0% affirmed that it is pertinent to design a simulator model for training in gynecological laparoscopic surgery. All respondents confirmed that simulators are important and should be as realistic as possible for gynecological laparoscopic skills and abilities training. **Conclusion:** The need to have training models in training programs is demonstrated in order to minimize the risks inherent to surgery in live patients.

**Keywords:** laparoscopy, gynecology, simulator, prototype, training.

<sup>1</sup>Ginecólogo – obstetra, Fellowship cirugía ginecológica mínimamente invasiva y piso pélvico, <sup>2</sup>Ginecólogo – obstetra, Fellowship cirugía ginecológica mínimamente invasiva y piso pélvico, <sup>3</sup>Ginecólogo – obstetra, especialista en cirugía mínimamente invasiva y de piso pélvico, <sup>4</sup>Ginecólogo – obstetra, especialista en cirugía endoscópica y de piso pélvico. Centro Médico Docente La Trinidad. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.

Autor Correspondiente: Andreina Belén López Méndez. Email: inalome6@gmail.com

Recibido: 10/10/21 - Aceptado: 09/12/21

## Introducción

La cirugía laparoscópica encuentra uno de sus antecedentes en el siglo XIX cuando Bozzini realiza los primeros procedimientos endoscópicos exploración de la vía urinaria con una sonda y una vela. En la misma época un poco después Desormeaux hace el primer reporte histeroscópico de una poliposis endometrial y en la primera década de 1900 se perfecciona con la llegada del neumoperitoneo, hasta la actualidad que se ha convertido en una práctica frecuente que crece de manera importante.<sup>1</sup>

En Venezuela se hace la primera publicación de la peritoneoscopia en 1948, pero es hasta finales de los 70 y principio de los 80, que empieza a tomar auge y para los 90 se convierte en un procedimiento por demás común. Aunque es cierto que, siendo un procedimiento con muchas virtudes, no es inocuo ya que está relacionado con ciertas complicaciones, que van desde algunas menores como lesión de vasos superficiales, insuflación retroperitoneal, enfisema subcutáneo, sangrado de pared, como otros mayores entre los que se encuentran las anestésicas, embolismo gaseoso, lesión de grandes vasos, intestinales y de vías urinarias<sup>2-4</sup>.

En razón a lo anterior se entiende porque la capacitación del ginecólogo es de gran importancia, con el fin de desarrollar las habilidades cognitivas y técnicas que le permitan lograr con éxito estos procedimientos. Sin embargo, dentro de las dificultades del entrenamiento se encuentra el poco tiempo que se dispone para realizar el entrenamiento con una cirugía real en el quirófano, el aumento de las matrículas de los médicos que se inscriben en los programas de entrenamiento, por lo que se ha implementado el entrenamiento con simuladores laparoscópicos, que permitan la adquisición de ciertas destrezas fuera del quirófano.

En los distintos centros del mundo y en nuestro país el entrenamiento de la laparoscopia ginecológica se lleva a cabo por medio de simuladores o cajas de entrenamiento que son genéricas para el uso de cirujanos generales, urólogos, oncólogos, bariátricos y ginecólogos sin tener en cuenta las diferencias anatómicas e incluso de posición de los trocales que se disponen en el abdomen<sup>5,6</sup>. Es por ello, que se plantea el desarrollo de un modelo de simulación más realista,

ergonómico y congruente con las particularidades de la cirugía ginecológica laparoscópica que forme parte del proceso de entrenamiento del programa de formación de cirugía ginecológica mínimamente invasiva y de piso pélvico del Centro Médico Docente la Trinidad.

El avance en la simulación quirúrgica laparoscópica ha llevado a equipos de entrenamiento tecnológicamente más sofisticados, pero generalmente más costosos, como afirma en un metanálisis Nguyen (2013)<sup>11</sup>. Por lo que, vale la pena el esfuerzo de explorar alternativas más rentables, en dicho trabajo los autores compararon los entrenadores laparoscópicos de video comerciales y los entrenadores laparoscópicos más sencillos y menos costosos para evaluar la diferencia en la adquisición de habilidades en los aprendices, medido según el tiempo de finalización de la tarea laparoscópica. Se realizó una búsqueda sistemática que arrojó 1091 citas, después del proceso de exclusión sólo quedaron 10 artículos de los cuales 5 fueron incluidos en el análisis final. Los datos continuos se analizaron por la media de diferencia estandarizada, el tiempo de ejecución se agrupó mediante un modelo de efectos aleatorios y la heterogeneidad con Chi cuadrado. Finalmente se midieron los tiempos de desempeño post-entrenamiento entre los entrenadores de video y los simples, de siete tareas laparoscópicas evaluadas, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos (media estandarizada -1,82,  $p= 0,07$ ). Por lo que concluyeron que los entrenadores laparoscópicos simples pueden ser una alternativa rentable.

Wong (2013),<sup>12</sup> construyó un modelo casero de menor costo con el fin de compararlo con el entrenador "Fundamentals of Laparoscopic Surgery" (FLS), este último, equipo que la Junta Americana de Cirugía aprobó para aplicar el curso nacional estandarizado en los módulos curriculares para la enseñanza y evaluación de habilidades laparoscópicas básicas, cuyo costo había sido estimado en 1680 USD. El estudio se realizó en el Departamento de Simulación Médica de la Universidad Central de Michigan (CMU) y departamento de instalaciones de CMU. Luego de construir el equipo con materiales caseros y algunos otros artículos de bajo costo, procedieron a validarlo con 30 estudiantes de medicina del tercer y cuarto año, los sujetos fueron asignados al azar de manera prospectiva, para realizar las 5 tareas propuestas por el sistema inanimado McGill para el entrenamiento y la evaluación de habilidades laparoscópicas tanto en el entrenador casero como en

el entrenador FLS, comprendiendo la evaluación de habilidades como transferencia de tablero, corte de patrón, colocación de lazo de ligadura, sutura de nudo extracorpóreo y sutura de nudo intracorpóreo.

A lo largo del estudio, los sujetos fueron cegados en cuanto a quién era el entrenador de casero y quién era el entrenador de FLS. Se realizó una prueba T simple para muestras pareada para comparar los tiempos entre los entrenadores. Se construyó y ensambló una caja de entrenamiento laparoscópica en 2 horas. El entrenador casero costó 309 USD lo que representó un ahorro de costos de 1371 USD. Los resultados del estudio de validación no demostraron diferencia estadística en los tiempos para completar 3 de las 5 tareas, así como tampoco diferencia en el tiempo total para completar las 5 preguntas (valor de  $p < 0,05$ ).

Por otra parte, Pérez (2015)<sup>13</sup> describió la construcción y validación de un entrenador laparoscópico casero la construcción y validación de un entrenador laparoscópico usando un iPhone 5 y un estuche de plástico para documentos, el cual llamaron iPhone Trainer. Este equipo fue comparado con un simulador físico para laparoscopia (sin embargo, no se explicó cuál equipo simulador fue usado), por medio de la aplicación de 4 tareas a veinte residentes de primer año de los programas de residencia de cirugía, urología y ginecología, del Hospital Infantil de México Federico Gómez, que fueron incluidos de manera voluntaria, los cuales no tenían alguna experiencia laparoscópica previa. El tiempo de todas las tareas se analizó con una prueba T simple. En los resultados se obtuvo que la construcción del equipo tomó 1 hora y representó un costo menor a 90 USD, el tiempo de realización de las 4 tareas no tuvo diferencia estadísticamente significativa al ser comparado con ambos entrenadores. Por lo que consideraron que el iPhone Trainer es un dispositivo reutilizable y completamente funcional que permite a los cirujanos practicar sus habilidades en cualquier lugar y a su propio ritmo.<sup>14</sup>

De la misma manera, Franklin *et al*, 2016<sup>15</sup> consideraron que la capacitación para el examen de habilidades de FLS puede ser costosa y que ya se conoce que una plataforma ergonómicamente diferente y de bajo costo no afecta los resultados de las pruebas de habilidades de FLS, por lo que comparó el costo promedio de capacitación con equipo FLS estándar y consumibles de grado médico versus capacitación en una plataforma

de menor costo con consumibles de grado no médico. Los sujetos fueron aleatorizados prospectivamente a la plataforma de entrenamiento estándar FLS ( $n = 19$ ) con consumibles de grado médico (S-FLS), la plataforma de bajo costo ( $n = 20$ ) con productos de grado de entrenamiento (LC-FLS). Ambos grupos se capacitaron hasta alcanzar la competencia utilizando el estándar de dominio de aprendizaje previamente establecido en las 5 tareas de FLS. Se compararon las diferencias de costos fijos y consumibles.

La muestra estuvo constituida por estudiantes de medicina novatos en laparoscopia y médicos residentes profesionales de la salud que no habían completado el plan de estudios nacional de competencia de FLS y que habían realizado menos de 10 casos laparoscópicos. El resultado fue que el costo fijo de la plataforma fue considerablemente más alto en el grupo S-FLS (S-FLS \$ 3360; LC-FLS \$ 879), y el costo promedio de capacitación en consumibles fue significativamente mayor para el grupo S-FLS (S-FLS \$ 1384,52; LC-FLS \$ 153,79;  $p < 0,001$ ). El grupo LC-FLS tuvo una reducción de costos estadísticamente discernible para cada consumible (Gasa \$ 9,24 vs \$ 0,39,  $p = 0,002$ ; EndoLoop \$ 540,00 vs \$ 40,60,  $p < 0,001$ ; sutura extracorpórea \$ 216,45 vs \$ 25,20,  $p < 0,001$ ; sutura intracorpórea \$ 618,83 vs. \$ 87,60,  $p < 0,001$ ). El costo anual fijo y consumible para capacitar a 5 residentes fue de \$ 10.282,60 en el grupo S-FLS versus \$ 1647,95 en el grupo LC-FLS. Este estudio muestra que el costo promedio de capacitar a un solo aprendiz para lograr la competencia utilizando una plataforma de costo fijo más bajo y equipos de grado no médico resulta en ahorros financieros significativos. Un programa de 5 residentes ahorrará aproximadamente \$ 8500 al año. Los programas de residencia deben considerar la adopción de esta estrategia para reducir el costo de la capacitación de FLS.<sup>15</sup>

En su mayoría estas investigaciones muestran la necesidad de lograr el equilibrio entre una buena tecnología y la accesibilidad a los productos diseñados para el entrenamiento laparoscópico en vista de los altos costos de estos últimos, pudiendo demostrar que sacrificando las experiencias que procuran los equipos virtuales o realistas se puede mantener el entrenamiento adecuado de las habilidades y destrezas técnicas sin tener diferencias entre ambos, aún en los más simplistas y menos costosos.<sup>15</sup>

Aunque es indiscutible que no existen diferencias

técnicas representativas en el desarrollo de las habilidades, es demasiado notable la diferencia que existe al simplificar la herramienta bajando el costo y no se tomó en consideración la opinión del estudiante cuando se enfrenta por primera vez a una cirugía laparoscópica real sin tener referencias anatómicas previas, relación con el comportamiento de los tejidos que son muy distintos a los implementos utilizados en estas entrenadores básicos, es por ello, que es importante incluir los aspectos en estos estudios no sólo técnicos sino también exponer si existen diferencias en las experiencias que se viven con equipos más realistas y acercan al estudiante al momento de enfrentar una cirugía real por lo que deben ser evaluadas.

En el servicio de ginecología del Centro Médico Docente La Trinidad, los residentes que forman parte del programa de entrenamiento de Cirugía laparoscópica ginecológica, mínimamente invasiva y de piso pélvico, realizan su entrenamiento con el simulador de cirugía general que, como antes se ha expuesto, es una caja de entrenamiento destinada a la capacitación enfocada principalmente a la cirugía abdominal no pélvica. Se trata del dispositivo Endo-GB fabricado en Mérida, Venezuela. Es por lo antes expuesto que es correcto plantear la creación de un modelo de simulación enfocada en los procedimientos laparoscópicos ginecológicos que reorienten algunas las particularidades de las cajas convencionales y se ubique en la anatomía de la pelvis y del aparato ginecológico particularmente y así mejorar el entrenamiento laparoscópico en el ginecólogo.

El desarrollo de habilidades es un proceso que resulta de la práctica continua con una rigurosa disciplina. Por ello, el aprendizaje de la cirugía laparoscópica es importante en el desarrollo de habilidades que conlleven a un adecuado resultado con la menor tasa de complicaciones. El método implica el conocimiento de todo el escenario, desde el entendimiento de los conceptos y principios físicos del funcionamiento de los equipos, la familiarización con un instrumental distinto al habitualmente usado en la laparotomía, la adecuación a los espacios y profundidades en dos dimensiones, sin embargo, lograr estas experiencias con las limitaciones que implican la instrumentación del paciente en una cirugía cuando todavía se tiene poca experiencia

en estos aspectos, es lo que justamente hacen el proceso dificultoso.

Es aquí donde el entrenamiento fuera del quirófano con las cajas o simuladores es favorable, como ya se ha demostrado en algunos estudios. A pesar de cómo se estipulan en la SACRG y la SECE, todos los centros de formación de laparoscopia deben contar con equipos de simulación o entrenamiento para los estudiantes y que deben cumplir con protocolos de entrenamiento que mejoren sus destrezas antes de enfrentar la cirugía y para perfeccionar las habilidades en el proceso, en Venezuela contamos con algunos modelos que se ofrecen de manera comercial y algunos otros que han sido elaborados artesanalmente en los centros en donde se da formación en la laparoscopia, sin embargo, al tratarse de la cirugía laparoscópica ginecológica, estos equipos o cajas de entrenamiento tienen disposiciones de los trocares y herramientas orientadas a la cirugía general que no cubren las necesidades técnicas para el aprendizaje adecuado de la laparoscopia ginecológica.

Fuera de Venezuela existen equipos orientados hacia la esfera ginecológica, sin embargo, su elevado costo, por tratarse de equipos de alta tecnología, como los de realidad virtual que no tiene ventajas demostradas sobre los simuladores físicos. Es por ello, que es importante diseñar y elaborar un equipo de entrenamiento que tenga características especiales adaptadas a la ginecología y que pueda transformarse, por lo novedoso de su diseño, en el equipo de entrenamiento de los ginecólogos que se incorporen a este proceso de formación en el país.

El Centro Médico Docente La Trinidad, prestigiosa casa de formación en esta área, es pionera y punta de lanza en este innovador equipo, que, a pesar de que se basará en conceptos ya conocidos, lo elevará con una perspectiva no disponible en nuestro entorno. En ese proceso el investigador deberá conocer los distintos modelos disponibles, compararlos y crear un diseño innovador que es factible desde el punto de vista de rentabilidad económica, con recursos y materiales disponibles en nuestro medio y que cumple con todos los elementos deseados sin hacerlo sumamente complejo para poder darle la posibilidad de reproductibilidad.

El objetivo de esta investigación es diagnosticar la necesidad de un nuevo modelo de caja de entrenamiento adaptados a los requerimientos de la laparoscopia ginecológica que permita justificar la creación de un modelo de simulador físico en 3 dimensiones para el entrenamiento de los estudiantes de cirugía laparoscópica, mínimamente invasiva y de piso pélvico del servicio de ginecología del Centro Médico Docente La Trinidad.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio bajo la modalidad de proyecto factible, por cuanto está fundamentado en el desarrollo un simulador físico que servirá para el entrenamiento más apropiado de los estudiantes del programa de formación de cirugía laparoscópica ginecológica y de piso pélvico del Centro Médico Docente la Trinidad, basándose en la evaluación técnica y científica de las necesidades del proceso de entrenamiento. Del mismo modo, se apoya en una investigación de campo, de carácter descriptivo, donde se observan los hechos, tal como se presentan, para posteriormente analizarlos e interpretar los resultados obtenidos.

Se recolectó información mediante un estudio de campo de tipo descriptivo, con la utilización de un instrumento tipo encuesta pre-test, el cual se aplicó a 10 médicos expertos en laparoscopia ginecológica, ginecólogos y cirujanos generales del Servicio de Ginecología del Centro Médico Docente la Trinidad.

Posteriormente se tabularon y cuantificaron los datos obtenidos de la aplicación de la encuesta, se procedió al análisis e interpretación de la información para luego verificar la factibilidad de la propuesta, la cual consistió en la fundamentación teórica, con apoyo de ingeniería que se encargó de la ejecución del diseño del prototipo del modelo para su final impresión 3D.

Una vez aplicado el instrumento a la población objeto del estudio, los datos se ordenaron y se procedió a realizar su tabulación y análisis utilizando los cuadros de frecuencia estadística porcentuales. Obtenidos los resultados se trabajó con la estadística descriptiva a nivel

porcentual con gráficos de barras, según las categorías establecidas en el mismo orden que se presentan los ítems en el instrumento. Luego, se compararon los resultados con la sustentación teórica, lo cual permitió analizar el diagnóstico sobre los modelos de entrenamiento ya conocidos y sus resultados.

Se realizó análisis financiero sobre la base del presupuesto entregado por parte de la empresa Reverse Lab, C.A., considerando factible cubrir los gastos por parte de los propios investigadores, sin necesidad de apoyo de instituciones públicas o privadas.

### *Validez del instrumento*

La validez del instrumento se determinó mediante "juicio de expertos", para ello se seleccionó un especialista en metodología, quien, por su nivel de preparación y experiencia en esta área, emitió su opinión en cuanto al análisis en lo relativo a consistencia, pertinencia y congruencia con los objetivos planteados en la investigación, en cuanto a presentación, claridad, redacción, organización, extensión, cantidad y dificultad de los ítems. La validación permitió la modificación, inserción y eliminación de algunos ítems, lo que llevó posteriormente a la conformación definitiva del instrumento (Figura 1).

Con el fin de determinar la confiabilidad del instrumento, antes de aplicarlos a la muestra de forma definitiva, se realizó una prueba piloto, mediante la aplicación del instrumento a otros médicos del área de ginecología y cirugía general del Hospital Miguel Pérez Carreño. Estas personas no formaron parte del estudio, pero compartían características similares a la muestra, como las mismas especialidades y el estar familiarizados con la cirugía laparoscópica.

### *La propuesta*

Como se ha explicado, la elaboración de un modelo de entrenamiento enfocada en la ginecología laparoscópica, que se diferencie de los modelos de laparoscopia abdominal dirigidas a cirujanos generales y sus ramas más afines, logrará que este nuevo diseño mejore las destrezas del estudiante inclinando de manera favorable la curva de aprendizaje, con el



La siguiente encuesta está destinada a la recolección de información para la determinar la necesidad de elaborar un nuevo equipo de simulador para entrenamiento específicamente para el área de ginecología laparoscópica. Consta de siete (7) preguntas de selección única, en donde deberá marcar con una equis (X) en la opción que considere correcta según el enunciado planteado. Usted contará con la orientación del investigador para aclarar dudas al momento responderlas.

1. ¿Cree usted necesario como parte del entrenamiento inicial del cirujano que incursiona en la cirugía laparoscópica se incluyan los simuladores o cajas de entrenamiento?  
SI , No
2. ¿Considera usted que el servicio de ginecología debe contar con un simulador para el entrenamiento de sus estudiantes en cirugía laparoscópica ginecológica?  
SI , No
3. ¿Cree usted que la caja de entrenamiento Endo-GB cumple con los requerimientos particulares de la cirugía laparoscópica ginecológica?  
SI , No
4. ¿Le parece a usted que las características ergonómicas cambian en la cirugía ginecológica con respecto a la cirugía general, urológica y bariátrica?  
SI , No
5. ¿Considera usted pertinente diseñar un modelo de simulador para el entrenamiento particular de la laparoscopia ginecológica?  
SI , No
6. ¿Piensa usted que es importante que un simulador no solo debe contar con herramientas para el entrenamiento de habilidades, sino que también debe poseer un diseño que permita ambientarse más realísticamente en la cavidad abdominal?  
SI , No
7. ¿Opina usted que sería de utilidad contar con cinco orificios distribuidos en la superficie del simulador que permitan entrenar en las distintas perspectivas quirúrgicas y que permita entrenar al mismo tiempo más de una persona?  
SI , No

Figura 1: Encuesta pre-test.

propósito de lograr mejores perspectivas dadas las referencias anatómicas más reales, localización de los trocales en las posiciones que los ginecólogos los usan, entre otras.

Actualmente, en el mercado internacional existen una pequeña cantidad de modelos, dirigidos a la laparoscopia ginecológica, sin embargo, son equipos costosos dada su elevada tecnología y para el presente su acceso en Venezuela es dificultosa su adquisición, dadas ciertas limitaciones económicas actuales y los difíciles procesos de importación que hacen menos accesibles estos equipos en nuestro entorno. De esta manera, tomarse el tiempo y la dedicación para la elaboración de este novedoso Modelo traerá el beneficio de poder contar en el proceso de formación del ginecólogo con un simulador más apropiado, adecuado a las tecnologías actuales y a un costo menor a lo que representaría la importación. Por ello, se diseñó un prototipo en conjunto con la empresa Reverse Lab, C.A., quienes se encargaron del diseño, modelado de los órganos, soluciones de unión y estructuras de las piezas separadas, la carcasa de contención, la elección de los materiales (polímeros, látex, otros), ejecución del

prototipo, realización de los ajustes sobre las pruebas de campo y los cambios pertinentes hasta el producto final, con un presupuesto de 600 USD (Figura 2).

Este simulador se diferencia de las cajas de entrenamiento convencionales. Primero, cuenta con múltiples disposiciones de los trocales, en vista de que habitualmente las cajas de entrenamiento sólo tienen dos o tres, lo que no se adapta a las distintas perspectivas de abordaje que se tienen en las diversas cirugías ginecológicas. Segundo, la mayoría de estas cajas de entrenamiento son monoplaza, sólo puede entrenar un solo participante, por lo que el tener varios orificios permitirá la participación, no solo del cirujano principal, si no también del ayudante de manera simultánea.

Tercero, cuenta con un entorno más realista, sabiendo que los simuladores de entrenamiento actuales, se encuentran en dos distantes extremos, unas son cajas vacías sólo ocupadas por las herramientas con que se hacen los ejercicios de adiestramiento sin poder tener ninguna referencia anatómica al momento de la práctica, y el otro extremo son los simuladores de realidad virtual que a pesar de que cuentan con el realismo, que como se ha comentado anteriormente son muy costosas y también tienen la limitación de que no cuentan con la experiencia táctil de las pinzas en contacto con objetos físicos, además en su mayoría no son portátiles.

0412 9252073  
@reverselab  
reverselab@gmail.com  
Urb. Piedra Azul  
Zona Industrial.

**REVERSE**

Fecha: 25/10/2021  
Codigo: UAI20-OC  
Cliente: Andreina López  
Proyecto: Modelo Quirúrgico

Reverse Lab,  
Laboratorio dedicado al desarrollo de ideas, especializados en impresión 3D, diseño industrial, modelado 3d, desarrollo de productos y arte.  
Nuestra motivación es materializar tus ideas y proyectos.

Proyecto	Piezas	Modelado	Material	Peso	Impresión	Subtotal
Modelo 1	5		PLA	2.575 Grs.	63 Hrs.	\$300
Modelo 2	5		PLA	2.380 Grs.	61 Hrs.	\$300
<b>Total</b>						<b>\$600</b>

Impresiones 3D

Figura 2: Presupuesto del diseño e impresión del simulador.

Este Modelo viene a reivindicar las virtudes de cada simulador logrando poner en un solo entorno las ventajas de cada modelo, accesibilidad económica, realismo, práctica con herramientas, entrenamiento con varios participantes y a la vez portable, logrando convertirla en el primer simulador que cuente con todos estos elementos al mismo tiempo.

La tecnología de las impresiones 3D permitió diseñar y elaborar un dispositivo que no sólo considera el entrenamiento con herramientas, para practicar las destrezas, si no que permitirá generar un ambiente más realista, sin llegar a los elevados costos de los equipos de realidad virtual, este equilibrio entre costo y tecnología logrará una mejor experiencia en donde no sólo se tengan referencias anatómicas, como óseas, ligamentos, entre otros, si no que permitirá interactuar con ellos para acercar al aprendiz al entorno real de la cirugía y no pasar de una caja que sólo contiene herramientas de entrenamiento manual a una cirugía real sin ningún tipo de experiencia visual o espacial previa (Figura 3).

Es importante aclarar que además de las características que lo distingue de los simuladores convencionales, tipo “cajas de entrenamiento”, también cumple con las ventajas que cuentan las que ya están validadas, ya que en ella también puede cumplirse el programa de entrenamiento McGill *Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills* (MISTEL), el cual ha validado distintos simuladores en el mundo con un programa que consta de 5 ejercicios de entrenamiento. Como paso final el simulador será registrado para obtener la patente del mismo.

### Resultados

Se incluyeron a 10 médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía ginecológica mínimamente invasiva, todos reconocieron la importancia de contar al menos con un simulador o caja de entrenamiento laparoscópica en el servicio de ginecología para la formación inicial del cirujano (Figura 4, Figura 5).

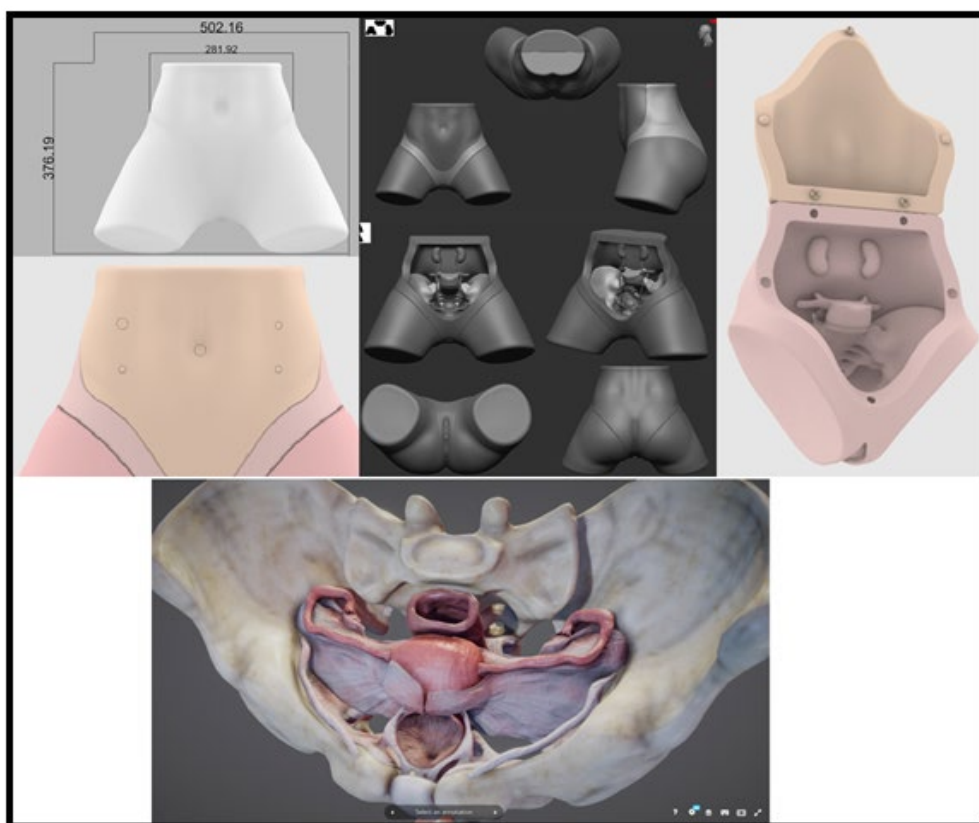
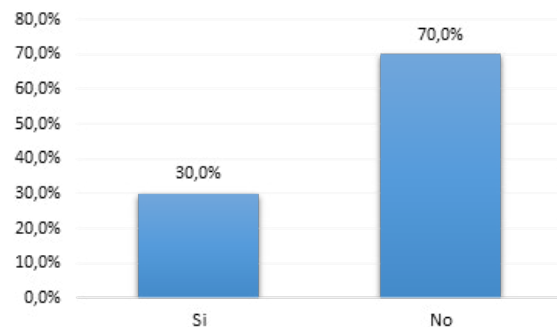


Figura 3: Modelado 3D del simulador.

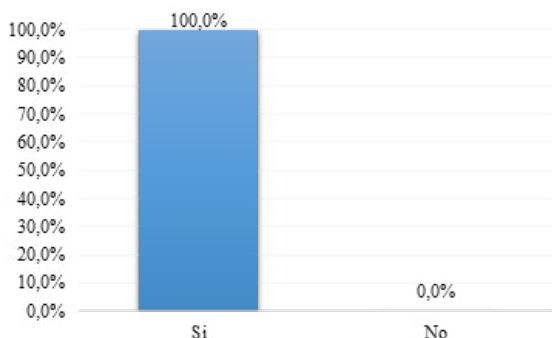
En la Figura 6 se muestra que el 70,0 % de los especialistas tuvo una percepción de “no útil” en cuanto a la caja de entrenamiento Endo-GB para cumplir con los requerimientos particulares de la cirugía laparoscópica ginecológica.

Todos los encuestados afirmaron que las características ergonómicas cambian en la cirugía ginecológica en comparación con cirugía general, urología y cirugía bariátrica (Figura 7). Un 90,0% reconoció la pertinencia del diseño de un modelo simulador para entrenamiento en cirugía laparoscópica ginecológica (Figura 8).

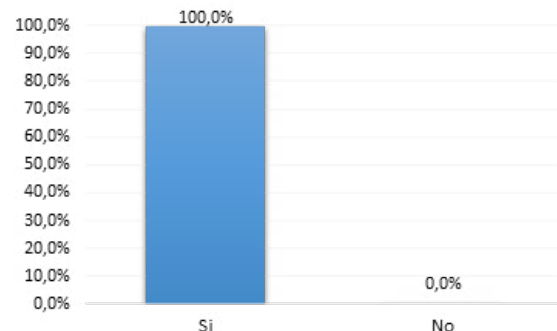
Todos los médicos especialistas encuestados confirmaron que los simuladores son importantes y deben ser lo más realista posible para el entrenamiento de habilidades y destrezas en laparoscopia ginecológica



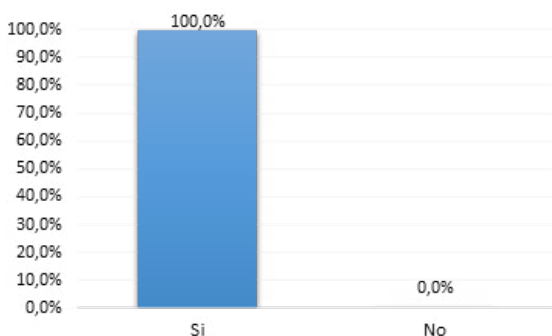
**Figura 6:** Percepción de utilidad de la caja de entrenamiento Endo-GB en cumplir con los requerimientos particulares de la cirugía laparoscópica ginecológica, según médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.



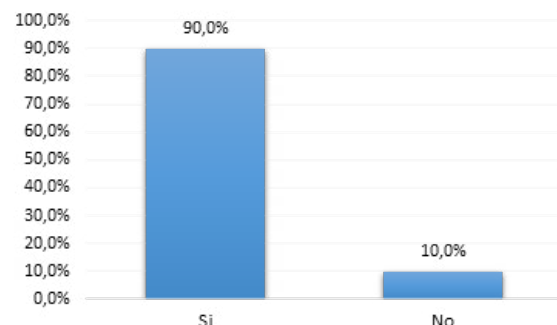
**Figura 4:** Necesidad de incluir simuladores o cajas de entrenamiento en ginecología laparoscópica según médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.



**Figura 7:** Percepción de que las características ergonómicas cambian en la cirugía ginecológica con respecto a la cirugía general, urológica y bariátrica, según médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.

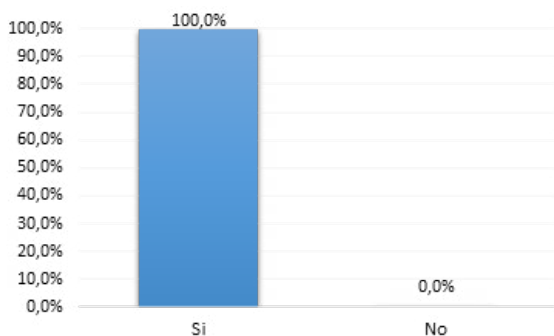


**Figura 5:** Necesidad de que en el servicio de ginecología se disponga de simuladores de entrenamiento en ginecología laparoscópica para los residentes en formación, según médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.

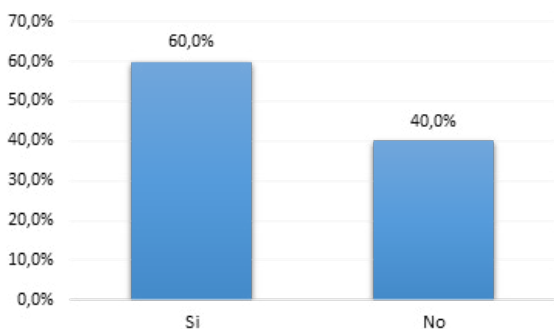


**Figura 8:** Pertinencia de diseñar un modelo de simulador para el entrenamiento particular de la laparoscopia ginecológica, según médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.





**Figura 9:** Importancia de un simulador que sea lo más realista posible para el entrenamiento de habilidades y destrezas en laparoscopia ginecológica, de acuerdo a médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.



**Figura 10:** Utilidad de contar con cinco orificios distribuidos en la superficie del simulador que permitan entrenar en las distintas perspectivas quirúrgicas y que permita entrenar al mismo tiempo más de una persona, según opinión de médicos gineco-obstetras especialistas en cirugía mínimamente invasiva y suelo pélvico.

(Figura 9). Cuando se preguntó si era útil que el modelo tenga 5 orificios distribuidos en la superficie del simulador el 60,0% dijo que si mientras que el 40,0% dijo que no son útiles los orificios (Figura 10).

## Discusión

La ampliación del uso de esta nueva técnica trajo como resultado una elevación no despreciable de la morbilidad. Esto a consecuencia de las dificultades que se presentan en el proceso de

aprendizaje del cirujano para capacitarse en esta área, que particularmente no tiene relación con la técnica quirúrgica adquirida previamente por las cirugías no laparoscópicas. Pese a lo cotidiano de la laparoscopia en la actualidad la curva de aprendizaje de los nuevos cirujanos se ve aplanada al inicio ya que existen limitaciones para entrenar frecuentemente con el paciente en quirófano mientras se logran las habilidades, por lo que inicialmente la observación durante las intervenciones ofrece los pasos iniciales.<sup>7</sup>

Es por ello, que la comunidad quirúrgica debió entender que el cirujano interesado en formarse en laparoscopia debía sufrir un proceso de entrenamiento previo con una serie de nuevas habilidades y aptitudes quirúrgicas que podían ser entrenadas fuera del quirófano, que incline hacia arriba la curva de aprendizaje y mejore los resultados quirúrgicos. Luego de entender esto en la década en los 90, la Sociedad Americana de Cirugía Endoscópica Gastrointestinal (SACRG) y la Sociedad Europea de Cirujanos Endoscópicos (SECE) especifican cuáles deberían ser las exigencias que debe cumplir un cirujano que practique laparoscopia.<sup>8</sup>

Entendiendo que el entrenamiento es fundamental para la formación, llevar a cabo ejercicios que emulen condiciones que se presentan repetidamente en una cirugía, debería mejorar la curva de aprendizaje, es por ello que se han generado simuladores que forman en la actualidad parte del entrenamiento de la gran mayoría de las unidades de laparoscopia. Estos simuladores van desde las altamente utilizadas y validadas cajas de entrenamiento, hasta simuladores virtuales, que nacen a partir de comparar la cirugía laparoscópica con las dificultades técnicas acompañado de un ambiente de estrés y riesgo como lo sufren los aviadores, entrenados desde hace décadas en simuladores de vuelo de realidad virtual, que llevan al aviador a experimentar situaciones frecuentes y repetitivas para que puedan enfrentarlas con rapidez y destrezas cuando lleguen al ámbito real.<sup>7,8</sup>

Las cajas de entrenamiento, son las más usadas y como ya se mencionó altamente validadas en distintos escenarios de la laparoscopia, las mismas han sido dotadas de múltiples herramientas y ofrecen el mejoramiento de las mayorías de las habilidades que debe desarrollar un cirujano que incursione en la laparoscopia, contando desde objetos inertes que cumplen como herramientas para practicar ejercicios

de manipulación del instrumental, familiarización con el entorno en dos dimensiones en relación a la percepción de la profundidad, coordinación, velocidad, entre otros, como la posibilidad de incluir piezas animales para practicar disecciones y suturas.<sup>6,8,9</sup>

A pesar de las distintas innovaciones de estas cajas, pocas están dispuestas para el aprendizaje de la laparoscopia ginecológica particularmente, algunos modelos como el Towner *et al.*<sup>18</sup>, creadores de un diseño muy realista para el entrenamiento por simulación de la miomectomía laparoscópica, con buenos resultados, y que a su vez demostraron la necesidad de hacer modificaciones a las cajas de entrenamiento que habitualmente se disponen en el mercado y que existen en las unidades de laparoscopia, enfocadas y dispuestas particularmente a otro tipo de cirugías abdominales no ginecológicas, buscando lograr un equilibrio entre la capacidad de lograr los objetivos de entrenamiento, con la sencillez que ofrecen las cajas convencionales en cuanto a no necesitar tan alta tecnología.

A lo largo de las últimas décadas, la laparoscopia se convirtió en la primera opción de acceso para diferentes procedimientos y especialidades, ya que brinda, entre otras ventajas, una recuperación más rápida, menos dolorosa y con menos tiempo de hospitalización de los pacientes, de manera que se ha incrementado el uso de las vías de acceso mínimamente invasivas en cirugía. Como la ginecología se considera una especialidad quirúrgica, los residentes deben aprender habilidades de laparoscopia para mantenerse al día con los estándares actuales, por lo que su capacitación es extremadamente importante para su maduración como cirujanos laparoscópicos.<sup>16</sup>

Maranhao *et al.*, 2020<sup>16</sup>, evaluó la efectividad del curso de entrenamiento laparoscópico de Sun *et al.*<sup>17</sup> según el cual se requieren cinco pilares para una curva de aprendizaje favorable al entrenamiento laparoscópico: (a) entrenamiento en habilidades de laboratorio; (b) entrenamiento en modelos pélvicos o cajas negras; (c) modelos animales; (d) formación clínica supervisada y e) selección de los casos que se tratarán en primer lugar.

En el presente estudio los especialistas refirieron que los modelos de entrenamiento son necesarios sobre todo para aquellos en formación antes de entrar en

contacto con el paciente, deben de ser lo más realista posible a fin de perfeccionar las habilidades y destrezas, además debe disponerse de al menos uno en el servicio de ginecología. En cuanto a las características del modelo es que debe ser ergonómico para el cirujano, ya que las características en comparación con otro tipo de cirugías realizadas por laparoscopia son diferentes.

Tomarse el tiempo y la dedicación para la elaboración de este novedoso modelo traerá beneficios, en la formación del ginecólogo con un simulador más apropiado, adecuado a las tecnologías actuales y a un costo menor a lo que representaría la importación. Por ello, se diseñará un prototipo en conjunto con la empresa Reverse Lab, C.A., quienes se encargarán del diseño, modelado de los órganos, soluciones de unión y estructuras de las piezas separadas, la carcasa de contención, la elección de los materiales (polímeros, látex, otros), ejecución del prototipo, realización de los ajustes sobre las pruebas de campo y los cambios pertinentes hasta el producto final.

Como limitante se tiene que no se logró llevar a cabo la evaluación pos-test con el modelo de entrenamiento, en vista de que, al finalizar el periodo del estudio, no se había terminado la fase de impresión 3D y deben realizarse las pruebas por los expertos, lo que sería una continuación del presente estudio. Maranhao *et al.*<sup>16</sup> afirma que la formación de cirujanos jóvenes es fundamental para reducir errores y mejorar las habilidades que luego se utilizarán en nuestros pacientes, por lo que un curso de formación multiacercamiento, podría reducir costes sin perder calidad en la enseñanza y convertirse en un modelo para universidades y servicios médicos que aún no cuentan con este tipo de programa de formación en su horario de residencia. Otra clave importante es tener una herramienta de evaluación como la prueba previa y posterior para medir la mejora del estudiante inmediatamente después del curso.<sup>16</sup>

## Conclusión

En este estudio se demuestra la necesidad de contar con modelos de entrenamiento en los programas de formación con la finalidad de minimizar los riesgos inherentes a la cirugía en pacientes en vivo.

## Declaración de conflicto de interés de los autores:

Sin conflictos de intereses.

## Referencias

1. Pérez Martínez C de J. Historia de la cirugía laparoscópica: particularidades de su introducción y desarrollo en Cuba. Univ. Med. [Internet]. 2 de mayo de 2016;55(2):200-2010. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/view/16300>.
2. Teppa A. Cronología de las publicaciones sobre laparoscopia en Venezuela desde 1980. Rev Obs Ginecol Venez [Internet]. 2005. Citado el 3 Ago 2021;65(3):137-40. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0048-77322005000300007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0048-77322005000300007)
3. Briceño P. Laparoscopia práctica, Aspectos históricos. Caracas: Disinlimed; 1991. 15-18 p.
4. Navarrete S. Apendicectomía por laparoscopia en la apendicitis aguda complicada. Gac Méd Caracas [Internet]. 2002;110(2):217-21. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0367-47622002000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622002000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
5. Elessawy M. Evaluation of Laparoscopy Virtual Reality Training on the Improvement of Trainees' Surgical Skills. Medicina (B Aires) [Internet]. 2021 Feb 2 [Citado el: 2021 Jul 1];57(2):130. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1648-9144/57/2/130>
6. Balafoutas D. The Role of Deconstructive Teaching in the Training of Laparoscopy. JLS J Soc Laparoendosc Surg. Alemania, [Internet]. 2019;23(2). Citado el: , Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6600054/pdf/e2019.00020.pdf>
7. Rosciano J. Sistema de entrenamiento laparoscópico basado en la iluminación al contacto (SELBIC). Descripción y validación. Universidad Central de Venezuela; 2016.
8. Stairs J. Motivation to access laparoscopic skills training: Results of a Canadian survey of obstetrics and gynecology residents. PLoS One [Internet]. 2020;15(4):e0230931. Citado el: Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC7117757>
9. Reddy PP. The impact of the alexander technique on improving posture and surgical ergonomics during minimally invasive surgery: pilot study. J Urol [Internet]. 2011 Oct; 186(4 Suppl):1658-62. Citado el 01 Ago 2021. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21855928>
10. Ricchiuti D. A simple cost-effective design for construction of a laparoscopic trainer. J Endourol. [Internet]. 2005 Oct;19(8):1000-2; discussion 1002-5. Citado el: . Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16253069/>
11. Nguyen CT. Complementary and integrative treatments: atypical facial pain. Otolaryngol Clin North Am [Internet]. 2013 Jun;46(3):367-82. Citado el: . Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23764815>
12. Wong J. Construction and validation of a low-cost laparoscopic simulator for surgical education. J Surg Educ. [Internet]. 2013;70(4):443-50. Citado el: . Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23725931/>
13. Pérez Escamirosa F. Construction and Validation of a Low-Cost Surgical Trainer Based on iPhone Technology for Training Laparoscopic Skills. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech [Internet]. Abril 2015;25(2):e78-82. Citado el: . Disponible en: <https://journals.lww.com/00129689-201504000-00028>
14. van Duren B. Use your phone to build a simple laparoscopic trainer. J Minim Access Surg. [Internet]. Reino Unido. 2014;10(4):219. Citado el: . Disponible en: <https://www.journalofmas.com/article.asp?issn=0972-9941;year=2014;volume=10;issue=4;spage=219;epage=220;aulast=van>
15. Franklin BR,. Cost Comparison of Fundamentals of Laparoscopic Surgery Training Completed With Standard Fundamentals of Laparoscopic Surgery Equipment versus Low-Cost Equipment. J Surg Educ [Internet]. Mayo 2017;74(3):459-65. Citado el: . Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S193172041630201X>
16. Maranhao DDA. Evaluation of a Laparoscopic Multi-approach Training for Obstetrics and Gynecology Residents. Rev Bras Ginecol e Obs / RBGO Gynecol Obstet [Internet]. 19 julio 2020;42(07):404-10. Citado el: Disponible en: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0040-1712997>
17. Sun YH. The training courses of urological laparoscopy. Shancheng Ren, Arthur D. Smith, Bo Yang Editores. 1era edición. London: Springer-Verlag; 2012.
18. Towner M N, Lozada-Capriles Y, Lalonde A, et al. (March 11, 2019) Creation and Piloting of a Model for Simulating a Minimally Invasive Myomectomy. Cureus 11(3): e4223. doi:10.7759/cureus.4223